

Институт оптики атмосферы им. академика В.Е. Зуева СО РАН  
Институт динамики геосфер им. академика М.А. Садовского РАН  
Институт солнечно-земной физики СО РАН



**MOSCOW 2020**

**ATMOSPHERIC and OCEAN OPTICS. ATMOSPHERIC PHYSICS**

XXVI Международный симпозиум  
**ОПТИКА АТМОСФЕРЫ И ОКЕАНА.  
ФИЗИКА АТМОСФЕРЫ**

6–10 июля 2020 года

Москва

*Тезисы докладов*

УДК 532+534+535+537.86+539.12+539.2

ББК Б34

О62

**Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы:** Тезисы докладов XXVI Международного симпозиума. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2020. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Систем. требования: PC Pentium 1 или выше; Acrobat Reader 4.0 или выше.

Подписано к использованию 5.06.2020 г.

Издательство ИОА СО РАН, 634055, г. Томск, пл. Академика Зуева, 1. Тел. 8-3822-492384

Сборник включает в себя программу и аннотации докладов, представленных на XXVI Международном Симпозиуме «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы» (г. Москва, 6–10 июля 2020 г.).

Тематика Симпозиума охватывает следующие направления фундаментальных исследований.

– Молекулярная спектроскопия атмосферных газов. Поглощение радиации в атмосфере и океане. Радиационные процессы и проблемы климата. Модели и базы данных для задач оптики и физики атмосферы.

– Распространение волн в случайно-неоднородных средах. Адаптивная оптика. Нелинейные эффекты при распространении волн в атмосфере и водных средах. Многократное рассеяние. Оптическая связь. Перенос и обработка изображений. Прикладные вопросы применения оптических систем и лазеров.

– Оптические и микрофизические свойства атмосферного аэрозоля и взвесей в водных средах. Элементный и ионный состав примесей в приземном слое атмосферы. Перенос и трансформация аэрозольных и газовых компонент в атмосфере. Лазерное и акустическое зондирование атмосферы и океана. Диагностика состояния и функционирования растительных биосистем и биологических объектов. Активные съемочные системы для изучения атмосферы и океана.

– Структура и динамика приземной атмосферы. Динамика атмосферы и климат Азиатского региона. Радиофизические и оптические методы диагностики атмосферы Земли и подстилающей поверхности. Моделирование атмосферных явлений с использованием интерактивных картографических сервисов. Прогноз изменений климата.

– Структура и динамика средней и верхней атмосферы. Физические процессы и явления в термосфере и ионосфере Земли. Климатологические исследования верхней атмосферы. Взаимосвязь процессов в литосфере, атмосфере, ионосфере, магнитосфере и на Солнце. Развитие методов мониторинга верхней атмосферы с использованием Глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). Использование ГНСС для развития эмпирических и физических моделей.

Сборник представляет интерес для специалистов в области физики, оптики атмосферы и океана, радиофизики, акустики, метеорологии и экологии.

ОС Microsoft Windows; Adobe Acrobat.

Аннотации докладов печатаются на основе электронных форм, представленных авторами, которые и несут ответственность за содержание и оформление текста.

Ответственный за выпуск – О.В. Харченко

Симпозиум проводится при финансовой поддержке:



Российского Фонда Фундаментальных Исследований  
(проект № 20-05-22001)



The Proceedings of this conference will be published in the SPIE Digital Library with over 450,000 papers from other outstanding conferences and SPIE Journals and books from SPIE Press



Журнала «Атмосфера», г. Базель, Швейцария



Журнала «Фотоника», г. Москва, Россия



Сибирского Отделения РАН

## Сопредседатели Симпозиума

Академик **Г.А. Жеребцов**  
д.ф.-м.н. **Г.Г. Матвиенко**  
д.ф.-м.н. **И.В. Пташник**  
д.ф.-м.н. **С.Б. Турунтаев**

## Программный комитет

### Конференция А. Молекулярная спектроскопия и атмосферные радиационные процессы

**Barbe Alain**  
**Inoue Gen** профессор, Университет Шампань-Арденн, г. Реймс, Франция  
Национальный институт исследований окружающей среды,  
г. Цукуба, Япония

**Ивлев Л.С.** д.ф.-м.н., НИИ физики им. В.А. Фока Санкт-Петербургского  
государственного университета, г. Санкт-Петербург, Россия

**Панченко М.В.** д.ф.-м.н., Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН,  
г. Томск, Россия

**Пономарев Ю.Н.** д.ф.-м.н., Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН,  
г. Томск, Россия

**Пташник И.В.** д.ф.-м.н., Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН,  
г. Томск, Россия

**Синица Л.Н.** д.ф.-м.н., Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН,  
г. Томск, Россия

### Конференция В. Распространение излучения в атмосфере и океане

**Michau Vincent** Национальное управление аэрокосмических исследований,  
г. Париж, Франция

**Банах В.А.** д.ф.-м.н., Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН,  
г. Томск, Россия

**Белов В.В.** д.ф.-м.н., Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН,  
г. Томск, Россия

**Будак В.П.** д.т.н., Национальный исследовательский университет  
«Московский энергетический институт», г. Москва, Россия

**Землянов А.А.** д.ф.-м.н., Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН,  
г. Томск, Россия

**Кандидов В.П.** д.ф.-м.н., Московский государственный университет  
им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

### Конференция С. Исследование атмосферы и океана оптическими методами

**Steinvall Ove** Научно-исследовательский институт национальной обороны,  
г. Линчепинг, Швеция

**Горчаков Г.И.** д.ф.-м.н., Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН,  
г. Москва, Россия

**Матвиенко Г.Г.** д.ф.-м.н., Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН,  
г. Томск, Россия

**Романовский О.А.** д.ф.-м.н., Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН,  
г. Томск, Россия

**Суторихин И.А.** д.ф.-м.н., Институт водных и экологических проблем СО РАН,  
г. Барнаул, Россия

**Тулинов Г.Ф.** д.ф.-м.н., Институт прикладной геофизики  
им. акад. Е.К. Федорова РАН, г. Москва, Россия

## Конференция D. Физика тропосферы

<b>Dabas Alain</b>	Метео-франс, г. Тулуза, Франция
<b>Белан Б.Д.</b>	д.ф.-м.н., Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия
<b>Григорьев В.М.</b>	д.ф.-м.н., Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск, Россия
<b>Куркин В.И.</b>	д.ф.-м.н., Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск, Россия
<b>Пененко В.В.</b>	д.ф.-м.н., Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, г. Новосибирск, Россия
<b>Mitev Valentin</b>	Швейцарский центр электроники и микротехники, г. Невшатель, Швейцария

## Конференция E. Физика средней и верхней атмосферы

<b>Васильев Р.В.</b>	к.ф.-м.н., Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск, Россия
<b>Жеребцов Г.А.</b>	академик, Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск, Россия
<b>Медведев А.В.</b>	д.ф.-м.н., Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск, Россия
<b>Мохов И.И.</b>	академик, Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия
<b>Тинин М.В.</b>	д.ф.-м.н., Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

## Организационный комитет

<b>Ляхов А.Н.</b>	к.т.н., Институт динамики геосфер РАН, г. Москва, <i>сопредседатель</i>
<b>Романовский О.А.</b>	д.ф.-м.н., Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, <i>сопредседатель</i>
<b>Белан Б.Д.</b>	д.ф.-м.н., Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, <i>зам.председателя</i>
<b>Яковлев С.В.</b>	к.ф.-м.н., Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, <i>зам.председателя</i>
<b>Харченко О.В.</b>	к.ф.-м.н., Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, <i>учёный секретарь</i>
<b>Невзоров А.А.</b>	к.т.н., Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, <i>модератор симпозиума</i>
<b>Садовников С.А.</b>	к.ф.-м.н., Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, <i>секретарь-редактор</i>
<b>Бабиков Ю.Л.</b>	Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, <i>администратор</i>
<b>Романовский Я.О.</b>	Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Институт динамики геосфер РАН, г. Москва, <i>модератор стендовой сессии</i>
<b>Бастрикова Н.И.</b>	Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, <i>член оргкомитета</i>
<b>Масленникова И.А.</b>	Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, <i>член оргкомитета</i>
<b>Праслова О.В.</b>	Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, <i>член оргкомитета</i>

# КОНФЕРЕНЦИЯ А МОЛЕКУЛЯРНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ И АТМОСФЕРНЫЕ РАДИАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ

## МОДЕЛЬ КОНТИНУУМА ВОДЯНОГО ПАРА ВО ВРАЩАТЕЛЬНОЙ ПОЛОСЕ ПОГЛОЩЕНИЯ

А.А. Симонова<sup>1</sup>, Т.А. Одинцова<sup>2</sup>, И.В. Пташник<sup>1</sup>, М.Ю. Третьяков<sup>2</sup>, О. Pirali<sup>3,4</sup>, А. Campargue<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

<sup>2</sup>Институт прикладной физики РАН, г. Нижний Новгород, Россия

<sup>3</sup>Синхротрон SOLEIL, Гиф-сюр-Иветт, Франция

<sup>4</sup>Университет Париж-Сакле, Орсе, Франция

<sup>5</sup>Университет Гренобль-Альпы, Гренобль, Франция

e-mail: saa@iao.ru, odintsova@ipfan.ru, piv@iao.ru, trt@ipfan.ru, olivier.pirali@u-psud.fr,  
alain.campargue@univ-grenoble-alpes.fr

Исследуются спектры непрерывного поглощения водяного пара, ранее полученные в спектральном диапазоне 70–700 см<sup>-1</sup> при температурах 296 и 326 К и давлениях до 16 мбар. Экспериментальные спектры проанализированы с использованием двух современных моделей континуума H<sub>2</sub>O. Параметризация первой из них, модели димеров воды, свидетельствует о том, что наблюдаемый континуум превышает прогнозируемый вклад поглощения излучения связанными и метастабильными димерами воды. Кроме того, рассмотрена относительно новая модель поглощения средними крыльями линий мономеров воды. Совокупный модельный спектр («димеры» и «средние крылья») обеспечивает количественное (интегральное) согласие с экспериментальными данными. Однако, некоторые спектральные особенности наблюдаемого континуума требуют уточнения рассматриваемых моделей.

## IR AND UV ABSORPTION OF C<sub>5</sub>–C<sub>7</sub> UNSATURATED ALDEHYDES: CONTRIBUTION TO THE ATMOSPHERIC TRANSMISSION AND TROPOSPHERIC LIFETIMES

А. Grira<sup>1,2</sup>, М. Antiñolo<sup>3</sup>, J. Albaladejo<sup>3,4</sup>, Е. Jiménez<sup>3,4</sup>, А. Canosa<sup>1</sup>,  
А. Tomas<sup>2</sup>, G. El Dib<sup>1</sup>, Т. Yu. Chesnokova<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Univ Rennes, CNRS, IPR (Institut de Physique de Rennes) – UMR 6251, F-35000 Rennes, France

<sup>2</sup>Institut Mines Télécom (IMT) Lille Douai, Université Lille, Département Sciences  
de l'Atmosphère et Génie de l'Environnement (SAGE), F-59000 Lille, France

<sup>3</sup>Instituto de Investigación en Combustión y Contaminación Atmosférica (ICCA).

Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM), Avda. Moledores, s/n. 13071 Ciudad Real, Spain

<sup>4</sup>Departamento de Química Física. UCLM. Avda. Camilo José Cela, 1B. 13071 Ciudad Real, Spain

<sup>5</sup>V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics, SB RAS, Tomsk, Russia

e-mail: gisele.eldib@univ-rennes1.fr, ches@iao.ru

The laboratory measurements of the absorption cross-section of C<sub>5</sub>–C<sub>7</sub> unsaturated aldehydes are presented. The possible contribution of the aldehydes to the atmospheric transmission and their tropospheric lifetimes under solar radiation are estimated.

## ВЛИЯНИЕ АЭРОЗОЛЯ И ОБЛАКОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ, ИЗМЕРЯЕМЫЕ SENTINEL-2А В РЕГИОНЕ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

К.М. Фирсов<sup>1</sup>, Т.Ю. Чеснокова<sup>2</sup>, А.А. Размоллов<sup>1</sup>, А.В. Ченцов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Волгоградский государственный университет, Россия

<sup>2</sup>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

e-mail: fkm@volsu.ru, ches@iao.ru, alek.razmolov2010@yandex.ru

Разработана радиационная модель для региона Нижнего Поволжья, позволяющая проводить расчеты переноса излучения в безоблачной и облачной среде и рассчитывать интенсивность излучения, регистрируемую сенсорами, установленными на спутниках. Сделаны оценки искажающего влияния аэрозоля и тонких перистых облаков на вегетационные индексы над территорией Волгоградской области.

## РАДИАЦИОННЫЙ И ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ЭФФЕКТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОБЛАЧНО-РАДИАЦИОННОЙ СХЕМЫ МОДЕЛИ COSMO

Ю.О. Хлестова<sup>1,2</sup>, Н.Е. Чубарова<sup>1,2</sup>, М.В. Шатунова<sup>2</sup>, Д.В. Блинов<sup>2</sup>, Г.С. Ривин<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Россия

<sup>2</sup>«Гидрометцентр России», г. Москва, Россия

e-mail: khlestova2013@ya.ru, natalia.chubarova@gmail.com, gbert@ya.ru,

denisblinov@ya.ru, gdaly.rivin@mail.ru

Представлены результаты исследования радиационного и температурного эффектов экспериментальной облачно-радиационной схемы мезомасштабной модели COSMO-Ru2 (шаг сетки 2,2 км) для Московского региона. Исследованы причины расхождений прогнозируемой и измеренной приземной температуры воздуха для центральной части г. Москвы и «фоновой» территории, которые составили  $-0,2...+0,9$  °С для новой облачно-радиационной схемы и  $-0,1...+1,1$  °С для оперативной.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РАССЕЯННОЙ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ В СХЕМЕ ЛИМБОВОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В ПРИСУТСТВИИ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ОБЛАЧНОСТИ

И.М. Насртдинов, Т.Б. Журавлева, Д.Н. Тимофеев, В.А. Шишко, А.В. Коношонкин

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

e-mail: wizard@iao.ru, ztb@iao.ru, tdn@iao.ru, sva@iao.ru, sasha\_tvo@iao.ru

Представлен алгоритм расчета интенсивности отраженной солнечной радиации в сферической вертикально неоднородной модели атмосферы с учетом рефракции для схемы лимбового зондирования. Приведены предварительные результаты численного моделирования интенсивности излучения с использованием двух различных моделей микроструктуры кристаллических облаков в зависимости от высоты перигея и условий освещенности.

## АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ОТРАЖЕННОЙ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ В ПРИСУТСТВИИ РАЗОРВАННОЙ ОБЛАЧНОСТИ ДЛЯ СХЕМЫ ЛИМБОВОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

И.М. Насртдинов, Т.Б. Журавлева, А.В. Артюшина

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

e-mail: wizard@iao.ru, ztb@iao.ru, vav@iao.ru

Представлен новый статистический алгоритм расчета средней интенсивности рассеянной солнечной радиации в схеме лимбового зондирования с учетом эффектов стохастической геометрии жидкокапельных облаков.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПО КОЛЕБАТЕЛЬНО-ВРАЩАТЕЛЬНОМУ СПЕКТРУ КР АЗОТА

Д.В. Петров

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия

e-mail: dpetrov@imces.ru

Представлена методика бесконтактного определения температуры газа посредством использования спектроскопии спонтанного комбинационного рассеяния света (КР). Обсуждаются особенности моделирования колебательно-вращательной полосы азота. Отклонения измеренных температур от данных термометры составили менее 4° в диапазоне 300–770 К.

## ПАРАМЕТРЫ ЛИНИЙ ПОГЛОЩЕНИЯ МОЛЕКУЛЫ ВОДЫ В СПЕКТРАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ 5900–6100 $\text{cm}^{-1}$

В.М. Дейчули, Т.М. Петрова, А.М. Солодов, А.А. Солодов,  
Т.Ю. Чеснокова, А.М. Трифонова-Яковлева

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*  
*e-mail: dvm91@yandex.ru, tanja@iao.ru, solodov@iao.ru, asolodov@iao.ru, ches@iao.ru*

В области 5900–6100  $\text{cm}^{-1}$  на Фурье-спектрометре IFS 125 HR зарегистрированы линии поглощения молекулы воды, уширенные давлением атмосферного воздуха. Определены значения интенсивностей, коэффициентов уширения и сдвига линий поглощения  $\text{H}_2\text{O}$  для профиля, учитывающего зависимость уширения от скоростей сталкивающихся молекул. Проведено моделирование атмосферного пропускания  $\text{H}_2\text{O}$  на основе параметров линий поглощения из спектроскопической базы данных HITRAN и данных, полученных авторами доклада, и сделано сравнение с атмосферными солнечными спектрами, измеренными на наземном Фурье-спектрометре.

## КОНТИНУАЛЬНОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ ВОДЯНЫМ ПАРОМ ПРИ УШИРЕНИИ АЗОТОМ В ИК-ПОЛОСАХ $\text{H}_2\text{O}$

Т.Е. Климешина, О.Б. Родимова

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*  
*e-mail: kte@iao.ru, rod@iao.ru*

Поглощение водяным паром при уширении азотом рассматривается на основе асимптотической теории крыльев линий. В расчетах используется контур линий в далеком крыле, параметры в котором найдены подгонкой к данным CRDS измерений в окне 4000–5100  $\text{cm}^{-1}$ . Далее этот контур используется для описания поглощения в других окнах спектра  $\text{H}_2\text{O}$  в ИК-диапазоне. Полученные результаты позволяют предполагать возможность описания ИК-спектра смеси  $\text{H}_2\text{O}$ – $\text{N}_2$  одним контуром. Для подтверждения этого предположения необходимы дополнительные лабораторные измерения.

## КОЭФФИЦИЕНТ ПОГЛОЩЕНИЯ В КРЫЛЕ 1–0 ПОЛОСЫ СО ПРИ УШИРЕНИИ ГЕЛИЕМ

Т.Е. Климешина, О.Б. Родимова

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*  
*e-mail: kte@iao.ru, rod@iao.ru*

Поглощение в крыле 1–0 полосы СО при уширении гелием рассматривается в рамках асимптотической теории крыльев линий, представляющей поглощение как сумму коэффициентов поглощения отдельными линиями со специальным контуром на далеких расстояниях от центров линий. Параметры контура находятся подгонкой к экспериментальным данным по поглощению в крыле полосы 1–0 СО и по температурной зависимости второго вирального коэффициента.

## О РАСПРЕДЕЛЕНИИ КОНЦЕНТРАЦИЙ МАЛЫХ КОМПЛЕКСОВ ВОДЯНОГО ПАРА В РЕАКЦИЯХ ХИМИЧЕСКОЙ КИНЕТИКИ

В.Д. Гольдин<sup>1</sup>, Т.Е. Климешина<sup>2</sup>, О.Б. Родимова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия*

<sup>2</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*  
*e-mail: vdg@math.tsu.ru, kte@iao.ru, rod@iao.ru*

Решаются малоразмерные уравнения химической кинетики для реакций с мономерами и димерами водяного пара. Распределение стационарных концентраций комплексов различного размера показывает немонотонный характер для некоторых значений полного числа мономерных единиц и скоростей реакций с участием димеров и тетрамеров.

## ЧИСЛЕННЫЙ РАСЧЕТ КОЛЕБАТЕЛЬНО-ВРАЩАТЕЛЬНЫХ ВОЛНОВЫХ ФУНКЦИЙ МОЛЕКУЛЫ $^{12}\text{C}^{16}\text{O}$

Т.И. Величко<sup>1</sup>, С.Н. Михайленко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Тюменский индустриальный университет, Россия

<sup>2</sup>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

e-mail: tivel@list.ru, semen@iao.ru

Выполнен численный расчет колебательно-вращательных волновых функций основного изотополога молекулы оксида углерода в  $X^1\Sigma$  состоянии. Для расчета был использован известный метод Нумерова [1]. Энергии колебательно-вращательных состояний  $^{12}\text{C}^{16}\text{O}$  были рассчитаны через коэффициенты Данхэма, определенные ранее из анализа и обработки инфракрасных и микроволновых спектров изотопических модификаций молекулы CO [2]. Значения потенциальной функции при различных значениях межъядерного расстояния определены на основе RKR-потенциала, участки которого были аппроксимированы полиномами типа  $V(r) = a_0 z_s^2 (1 + \sum a_i z_s^i)$ ,  $z_s = (r - r_e)/r$  [3].

Проведено сравнение рассчитанных значений с результатами других авторов.

1. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. М.: «Бином», 2008. 636 с.

2. Velichko T.I., Mikhailenko S.N., Tashkun S.A. Global Multi-isotopologue fit of measured rotation and vibration-rotation line positions of CO in  $X^1\Sigma$  state and new set of mass-independent Dunham coefficients // J. Quant. Spectrosc. & Radiat. Transfer. 2012. V. 113, N 13. P. 1643–1655.

3. Величко Т.И., Михайленко С.Н. RKR-потенциалы изотопических модификаций молекулы CO // Оптика и спектроскопия. 2015. Т. 118, № 1. С. 8–12.

## СВЕТОДИОДНАЯ ФУРЬЕ-СПЕКТРОСКОПИЯ $\text{H}_2^{17}\text{O}$ В ОБЛАСТИ 17000–20000 $\text{cm}^{-1}$

Л.Н. Синица, В.И. Сердюков, Е.Р. Половцева, А.Д. Быков, А.П. Щербаков

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

e-mail: sln@iao.ru, serd49@mail.ru, polovceva.e@mail.ru, adbykov@rambler.ru, molnija2@inbox.ru

Проведены измерения и анализ колебательно-вращательного спектра поглощения молекулы  $\text{H}_2^{17}\text{O}$  в видимом диапазоне от 17000 до 20000  $\text{cm}^{-1}$ . Спектр был зарегистрирован на Фурье-спектрометре IFS-125M с разрешением 0,1  $\text{cm}^{-1}$  при давлении 24 мбар, температуре 25 °С и длине оптического пути 24 м. Для измерений использовалась многоходовая кювета системы Уайта с базовой длиной 60 см. В качестве источника излучения применялся светодиод. В ходе обработки были определены центры, интенсивности и полуширины линий подгонкой по методу наименьших квадратов. В качестве модельного контура был выбран контур Фойгта. Для идентификации спектра использовались расчетные данные Полянского. В результате анализа спектра впервые был получен лайн-лист, содержащий более 150 экспериментальных линий молекулы  $\text{H}_2^{17}\text{O}$  в исследуемом диапазоне. Полученные результаты сравниваются с расчетными данными других авторов.

## ЭМПИРИЧЕСКИЙ СПИСОК ЛИНИЙ МОЛЕКУЛЫ ВОДЫ МЕЖДУ 5690 И 8340 $\text{cm}^{-1}$

С.Н. Михайленко<sup>1,2</sup>, S. Kassi<sup>3</sup>, D. Mondelain<sup>3</sup>, A. Campargue<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

<sup>2</sup>Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия

<sup>3</sup>Universite Grenoble Alpes, CNRS, LIPhy, 38000 Grenoble, France

e-mail: semen@iao.ru, samir.kassi@univ-grenoble-alpes.fr, didier.mondelain@univ-grenoble-alpes.fr, Alain.Campargue@univ-grenoble-alpes.fr

Построен новый эмпирический список около 58000 колебательно-вращательных переходов молекулы воды в области 5690–8340  $\text{cm}^{-1}$ . Построение списка линий основано на вариационных списках линий Швенке и Партриджа (<http://spectra.iao.ru>) для шести наиболее распространенных изотопологов воды ( $\text{H}_2^{16}\text{O}$ ,  $\text{H}_2^{18}\text{O}$ ,  $\text{H}_2^{17}\text{O}$ ,  $\text{HD}^{16}\text{O}$ ,  $\text{HD}^{18}\text{O}$  и  $\text{HD}^{17}\text{O}$ ) для естественного изотопического состава. Вариационные положения линий заменяются значениями, рассчитанными по эмпирическим уровням колебательно-вращательных энергий. Основная часть использованных эмпирических энергий была получена из недавних измерений CRDS. Около половины частот переходов имеют точность порядка  $10^{-4}$   $\text{cm}^{-1}$ . Представлены детальные сравнения нового списка с базой данных HITRAN 2016, а также доступными вариационными списками для  $\text{H}_2^{16}\text{O}$  и  $\text{H}_2^{18}\text{O}$ . Преимущество предлагаемого списка с точки зрения точности положений линий продемонстрировано на примере сравнения с имеющимися экспериментальными CRDS спектрами.

Работа поддержана Национальным центром научных исследований Франции (CNRS) в рамках Международного исследовательского проекта SAMIA. Активность С.Н. Михайленко финансировалась из гранта РФФ № 18-11-00024.

## ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ КРЕМНЕЗЕМОВ МЕТОДОМ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Н.М. Емельянов<sup>1</sup>, Л.Н. Сеница<sup>1,2</sup>, В.И. Сердюков<sup>1</sup>, А.А. Луговской<sup>1</sup>, С.А. Скорникова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия

<sup>3</sup>Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия

e-mail: nikita.emelyanov.92@mail.ru, sln@iao.ru, serd49@mail.ru, laa@iao.ru, sskornikova@mail.ru

Основной задачей данного исследования является определение возможности получения геометрических размеров пор исследуемых мелкодисперсных материалов по особенностям взаимодействия воды с нанобъемом. В работе проведена регистрация спектров воды в нанопористых материалах SAPO-11, цеолит KL, цеолит ZSM-23, NaY, ZSM-5, морденит NaM, BEA, ssp2t8, As8m, S.A.C30M, Panreac Silica gel 60. Были проанализированы особенности спектров нанопористых материалов при вариации количества воды в порах. Проведены сравнения определения размеров пор методом спектрального анализа с методом рентгенофазового анализа.

## ВКЛАД НОВЫХ ЛИНИЙ ПОГЛОЩЕНИЯ ВОДЯНОГО ПАРА В АТМОСФЕРНОЕ ПРОПУСКАНИЕ В ОКНЕ ПРОЗРАЧНОСТИ 8–12 мкм

Ю.В. Воронина, Т.Ю. Чеснокова, Б.А. Воронин

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

e-mail: yulia@iao.ru, ches@iao.ru, vba@iao.ru

Исследуется вклад многочисленных новых линий поглощения водяного пара в атмосферное пропускание в окне прозрачности 8–12 мкм, и сделано сравнение атмосферного пропускания, вычисленного с различными спектроскопическими базами данных по линиям поглощения водяного пара.

## СДВИГ И ИЗМЕНЕНИЕ ФОРМЫ КОНТУРА ПОЛОСЫ $\nu_1$ СПЕКТРА КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ МЕТАНА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДАВЛЕНИЯ

Д.В. Петров, И.И. Матросов, А.Р. Зарипов, А.С. Таничев

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия

e-mail: dpetrov@imces.ru, mii@imces.ru, alexey-zaripov@rambler.ru, tanichev\_aleksandr@mail.ru

Работа посвящена исследованию полосы  $\nu_1$  спектра комбинационного рассеяния метана в диапазоне давлений 1–80 атм. Установлено, что сдвиг составляет  $0,02 \text{ см}^{-1}/\text{атм}$ . Согласно полученным экспериментальным данным, в области  $2914\text{--}2916 \text{ см}^{-1}$  с ростом давления заметный вклад в интенсивность полосы  $\nu_1$  начинают вносить либо ван-дер-ваальсовы комплексы метана, либо в данном диапазоне увеличивается рассеяние индуцированное столкновениями.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОТ ДАВЛЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТЕЙ ПОЛОС $2\nu_4$ И $2\nu_2$ СПЕКТРА КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ МЕТАНА

Д.В. Петров, И.И. Матросов, А.С. Таничев

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия

e-mail: dpetrov@imces.ru, mii@imces.ru, tanichev\_aleksandr@mail.ru

В диапазоне частот  $2500\text{--}3500 \text{ см}^{-1}$  спектра КР метана располагаются две полосы ( $2\nu_4$  и  $2\nu_2$ ), находящиеся в Ферми-резонансе с интенсивной полосой  $\nu_1$ . В ходе работы установлено, что при изменении давления от 1 до 55 атм пиковая интенсивность полосы  $2\nu_4$  возрастает на  $\sim 9\%$ , полосы  $2\nu_2$  на  $\sim 6,5\%$  относительно интенсивности  $\nu_1$ . Сопоставление интегральных интенсивностей показало, что в данном диапазоне отношение  $2\nu_4/\nu_1$  возрастает на  $\sim 7\%$ , отношение  $2\nu_2/\nu_1$  (с учетом дополнительного вклада линий полосы  $\nu_3$ ) возрастает на  $\sim 0,7\%$ . Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-42-700006.

## УДАРНЫЕ ПАРАМЕТРЫ КОНТУРА ЛИНИЙ $\text{H}_2\text{O}$ ДАВЛЕНИЕМ $\text{N}_2$ В ОБЛАСТИ $22000 \text{ см}^{-1}$

В.И. Сердюков<sup>1</sup>, Л.Н. Сеница<sup>1</sup>, Т.А. Невзорова<sup>2</sup>, Б.А. Воронин<sup>1</sup>, А.С. Дударенок<sup>1</sup>,  
Н.А. Лаврентьев<sup>1</sup>, Н.Н. Лаврентьева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия

e-mail: sln@asd.iao.ru, vba@iao.ru, dudaryon@iao.ru, lnn@iao.ru

Измеренные и рассчитанные коэффициенты уширения и сдвига линий водяного пара давлением азота в районе  $22180\text{--}22700 \text{ см}^{-1}$ . Экспериментальные спектры получены на Фурье-спектрометре с использованием светодиода высокой яркости CREE XPE ARY в качестве источника излучения, обеспечивающего высокую чувствительность регистрации спектра в области  $0,45 \text{ мкм}$ . Данный подход позволяет на два порядка увеличить чувствительность Фурье-спектрометров в видимой области спектра. Полуэмпирический метод был применен для расчета столкновительных полуширин колебательно-вращательных линий молекул водяного пара при взаимодействии с азотом. Исследуется колебательная зависимость уширения линий.

Авторы благодарят за финансовую поддержку РФФИ (грант № 19-03-00389, 18-02-00462).

## ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ КОЭФФИЦИЕНТОВ САМОУШИРЕНИЯ ЛИНИЙ МЕТИЛЙОДИДА В ПОЛОСЕ $V_6$

Н.Н. Лаврентьева<sup>1</sup>, А.С. Дударенок<sup>1</sup>, Б.А. Воронин<sup>1</sup>, Л. Троицына<sup>2</sup>, Ж.В. Булдырева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

<sup>2</sup>Институт UTINAM, UMR CNRS 6213, Университет Бургундии Франки-Конте

16, Route de Gray, 25030, Безансон, Франция

e-mail: dudaryon@iao.ru, lnn@iao.ru, larisa.troitsyna@univ-fcomte.fr, jeanna.buldyreva@univ-fcomte.fr

Молекула йодметана ( $\text{CH}_3\text{I}$ ) является источником атомов йода, которые являются потенциальным разрушителем озона в земной атмосфере. В работе сделаны теоретические оценки коэффициентов самоуширения линий  $\text{CH}_3\text{I}$  полос перпендикулярного типа (ветви  ${}^R P$ ,  ${}^P P$ ,  ${}^R Q$ ,  ${}^P Q$ ,  ${}^R R$  и  ${}^P R$ ); диапазон вращательных квантовых чисел:  $0 \leq J \leq 70$ ,  $0 \leq K \leq 20$ . Вычисления выполнены полуэмпирическим методом, основанным на ударной полуклассической теории уширения и использующим эмпирический скорректированный поправочный коэффициент для функции эффективности и полуклассическим методом с точными траекториями, адаптированными для случая двух молекул типа симметричного волчка. Исследуется температурная зависимость коэффициентов самоуширения линий  $\text{CH}_3\text{I}$ .

## КОНТРОЛЛЕР ОДНОМЕРНОГО ПЗС ДЛЯ ОПТИЧЕСКИХ СПЕКТРАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Ю.А. Матульян, А.П. Ростов

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

e-mail: rostov@iao.ru

Рассматривается малогабаритный, бюджетный макет контроллера линейного прибора с зарядовой связью разработанного на современном микроконтроллере для оптических спектроскопов.

## КОЭФФИЦИЕНТЫ УШИРЕНИЯ КОЛЕБАТЕЛЬНО-ВРАЩАТЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ $\text{CH}_3\text{I}$ ДАВЛЕНИЕМ $\text{N}_2$

Н.Н. Лаврентьева<sup>1</sup>, А.С. Дударенок<sup>1</sup>, Б.А. Воронин<sup>1</sup>, Л. Троицына<sup>2</sup>, Ж.В. Булдырева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

<sup>2</sup>Институт UTINAM, UMR CNRS 6213, Университет Бургундии Франки-Конте,

Безансон, Франция

e-mail: dudaryon@iao.ru, lnn@iao.ru, larisa.troitsyna@univ-fcomte.fr, jeanna.buldyreva@univ-fcomte.fr

Интерес к спектроскопическим параметрам линий метилйодида резко возрос за последние несколько лет из-за его значимости для окружающей среды (источник атомов йода, разрушающих озоновый слой). В работе рассчитаны коэффициенты уширения линий  $\text{CH}_3\text{I}$  давлением  $\text{N}_2$ ; диапазон вращательных квантовых чисел:  $0 \leq J \leq 70$ ,  $0 \leq K \leq 20$ . Вычисления выполнены полуэмпирическим методом, основанным на ударной полуклассической теории уширения и использующим эмпирический скорректированный поправочный коэффициент для функции эффективности и полуклассическим методом с точными траекториями.

**РЕКОМБИНАЦИЯ АТОМОВ КИСЛОРОДА И РАЗРУШЕНИЕ МОЛЕКУЛ ОЗОНА****А.П. Торбин, А.А. Першин, К.А. Романюк, В.Н. Азязов***Самарский филиал физического института академии наук (СФ ФИАН), Россия**Самарский университет, Россия**e-mail: torbinalex@gmail.com, anchizh93@gmail.com, kirromanyuk@yandex.ru, azyazov@rambler.ru*

В работе методом время-разрешенной абсорбционной спектроскопии получены временные профили концентраций озона после лазерного фотолиза в смеси  $O_3/CO_2/N_2(Ar)$  на длине волны 266 нм. Показано, что степень постфотолизного разрушения озона сильно зависит от состава смеси. Наблюдаемые в районе 567 нм эмиссионные сигналы соответствуют временным зависимостям изменения концентрации атомарного кислорода, формируемого в результате фотолиза озона. Полученные сигналы указывают на протекание рекомбинационного процесса  $O + O + M \rightarrow O_2^* + M$ , остающегося на сегодняшний день окончательно не изученным. В частности, в литературе отсутствуют значения констант скорости данного процесса для многих атмосферных газов, а также однозначно не определено энергетическое состояние продукта  $O_2^*$ . Обнаружена взаимосвязь увеличения степени разрушения  $O_3$  с ускорением темпа убыли  $O$  в смеси.

**СТАБИЛИЗАЦИЯ ПЛАМЕНИ ПРИ УМЕРЕННОЙ ЗАКРУТКЕ ПОТОКА****О.В. Матвиенко<sup>1,2</sup>, А.Е. Литвинова<sup>1,3</sup>**<sup>1</sup>*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия*<sup>2</sup>*Томский государственный архитектурно-строительный университет, Россия*<sup>3</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия**e-mail: matvolegv@mail.ru, alena.aseeva.93@mail.ru*

Проводится анализ условий стабилизации пламени в канале при умеренной закрутке потока. Определены условия срыва пламени в потоках с умеренной закруткой потока.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МЕТАНА В АТМОСФЕРЕ ИЗ АТМОСФЕРНЫХ СПЕКТРОВ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИХ БАЗ ДАННЫХ****Т.Ю. Чеснокова<sup>1</sup>, М.В. Макарова<sup>2</sup>, А.В. Ченцов<sup>1</sup>, В.С. Косцов<sup>2</sup>, А.В. Поберовский<sup>2</sup>, В.И. Захаров<sup>3,4</sup>, Н.В. Рокотян<sup>3</sup>**<sup>1</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*<sup>2</sup>*Санкт-Петербургский государственный университет, Россия*<sup>3</sup>*Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия*<sup>4</sup>*Институт математики и механики УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия**e-mail: ches@iao.ru, zaits@troll.phys.spbu.ru, cav@iao.ru, vlad@troll.phys.spbu.ru,**pober@troll.phys.spbu.ru, v.zakharov@remotesensing.ru, nikita@rokotyan.com*

Для мониторинга содержания метана в атмосфере дистанционными методами требуется точная информация по линиям поглощения  $CH_4$ . В работе сделаны оценки влияния различия спектроскопической информации по линиям поглощения  $CH_4$  на определение общего содержания метана в столбе атмосферы из спектров прямого солнечного излучения, измеренных наземными ИК–Фурье-спектрометрами, расположенными на станциях в Санкт-Петербурге и Коуровке.

**ВЛИЯНИЕ ИНДИКАТРИСЫ РАССЕЯНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ НА ПОГЛОЩАТЕЛЬНУЮ И ОТРАЖАТЕЛЬНУЮ СПОСОБНОСТЬ ОБЛАЧНОЙ АТМОСФЕРЫ****Б.В. Горячев***Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия**e-mail: bvg@tpu.ru*

Исследуется влияние индикатрисы рассеяния излучения на поглощательную и отражательную способность облаков различной формы и объема. Проведены расчеты при разных значениях вероятности выживания кванта и анизотропии индикатрисы рассеяния излучения. Установлено, что от степени вытянутости индикатрисы рассеяния излучения величина поглощательной способности облака имеет слабо выраженную зависимость при симметричном оптическом сечении. При неправильной форме объема дисперсной среды при слабо

вытянутой индикатрисе рассеяния уменьшается. Увеличивается с ростом оптического объема и уменьшается при изменении симметричности формы облака. Зависимость отражательной способности имеет вид кривой с максимумом.

## ВЛИЯНИЕ ПОГЛОЩЕНИЯ НА ВЕЛИЧИНУ РАДИАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОБЛАЧНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

**Б.В. Горячев, А.А. Аверкиев**

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия*

*e-mail: bvg@tpu.ru, averkiev\_95@mail.ru*

Показано, что применение метода многократных отражений достаточно эффективно для расчета радиационного взаимодействия облаков, которое зависит от геометрии расположения и оптических параметров облаков. Величина радиационного взаимодействия облаков сильно зависит от величины вероятности выживания кванта облачной среды. Оптический объем взаимодействующих облаков оказывает существенное влияние на радиационное взаимодействие при изменении величины поглощения. Установлено, что при малых оптических размерах облаков зависимость радиационного взаимодействия от величины поглощения в облачной среде имеет практически линейный характер, при больших оптических размерах зависимость нелинейная.

## РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТОВ УШИРЕНИЯ И СДВИГА КОЛЕБАТЕЛЬНО- ВРАЩАТЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ $\text{H}_2\text{O}$ ДАВЛЕНИЕМ $\text{N}_2$ В ДИАПАЗОНЕ $10000\text{--}20000\text{ см}^{-1}$

**А.С. Дударенок<sup>1</sup>, Н.Н. Лаврентьева<sup>1</sup>, Т.А. Невзорова<sup>2</sup>, Б.А. Воронин<sup>1</sup>, Р.И. Овсянников<sup>3</sup>,  
А.А. Кюберис<sup>3</sup>, О.Л. Полянский<sup>3,4</sup>, Н.Ф. Зобов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

<sup>2</sup>*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия*

<sup>3</sup>*Институт прикладной физики РАН, г. Нижний Новгород, Россия*

<sup>4</sup>*University college London, London, UK*

*e-mail: sln@asd.iao.ru, vba@iao.ru, dudaryon@iao.ru, lnn@iao.ru,  
ovsyannikov@ipfran.ru; oleg.pol@hotmail.com*

Уширение и сдвиг спектральных линий играют важную роль в задачах атмосферной оптики, дистанционного зондирования парниковых газов, диагностики состояния окружающей среды. Исследования параметров контура линии в высокочастотной области имеют особое значение. Вычисления ударных параметров контура линий водяного пара при взаимодействии с азотом выполнены полуэмпирическим методом, основанным на ударной полуклассической теории уширения и использующим эмпирический скорректированный поправочный коэффициент для функции эффективности. В работе использовались уровни энергии и волновые функции молекулы воды вплоть до  $30000\text{ см}^{-1}$ , маркировка уровней энергии основана на анализе волновых функций. Представлено сравнение со всеми имеющимися литературными данными.

Авторы благодарят за финансовую поддержку РФФИ (грант № 19-03-00389, 18-02-00462).

## ПАРАМЕТРЫ ДАНХЭМА ДЛЯ МОЛЕКУЛЫ $^{16}\text{OH}$ В $\text{X}^2\Pi$ , $\text{A}^2\Sigma$ , $\text{V}^2\Sigma$ И $\text{C}^2\Sigma$ ЭЛЕКТРОННЫХ СОСТОЯНИЯХ

**О.Н. Сулакшина, Ю.Г. Борков**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

*e-mail: son@iao.ru, geo@iao.ru*

Выполнена глобальная обработка набора экспериментальных частот электронно-колебательно-вращательных переходов, собранных из доступных литературных источников. В результате глобальной обработки, предполагающей колебательную зависимость параметров были найдены параметры Данхэма, позволяющие моделировать колебательно-вращательные уровни энергии для радикала  $\text{OH}$  в  $\text{X}^2\Pi$ ,  $\text{A}^2\Sigma$ ,  $\text{V}^2\Sigma$  и  $\text{C}^2\Sigma$  электронных состояниях.

## ОБЩЕЕ СОДЕРЖАНИЕ МЕТАНА ПО ДАННЫМ САМОЛЕТНЫХ, СПУТНИКОВЫХ И НАЗЕМНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В ТОМСКЕ (МАЙ 2019 г.)

М.В. Макарова<sup>1</sup>, В.И. Сердюков<sup>2</sup>, М.Ю. Аршинов<sup>2</sup>, Б.Д. Белан<sup>2</sup>, А.В. Никитин<sup>2</sup>,  
Б.А. Воронин<sup>2</sup>, А.П. Щербаков<sup>2</sup>, Ю.В. Гриднев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, г. Петергоф, Россия

<sup>2</sup>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

e-mail: zaits@troll.phys.spbu.ru, vis@iao.ru, michael@iao.ru, bbd@iao.ru, avn@iao.ru,  
vba@iao.ru, molnija2@inbox.ru, yuri@iao.ru

В мае–июне 2019 г. в ИОА СО РАН была проведена регистрация солнечных спектров прошедших через всю толщу атмосферы на Фурье-спектрометр FTIR-спектрометром Bruker IFS 125M, кроме того, 16 мая недалеко от Томска проходили самолетные измерения содержания метана до высот 7000 см<sup>-1</sup>. Также в работе анализируются результаты спутниковых измерений IASI. Делается расчет общей концентрации и оцениваются профили.

## СИСТЕМАТИЗАЦИЯ НАУЧНЫХ ГРАФИКОВ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ СВОЙСТВА МОЛЕКУЛЫ МЕТАНА И СЛАБОСВЯЗАННЫХ КОМПЛЕКСОВ, СОДЕРЖАЩИХ МОЛЕКУЛЫ МЕТАНА

Н.А. Лаврентьев, А.З. Фазлиев

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

e-mail: lnick@iao.ru, faz@iao.ru

В докладе представлена заключительная часть работ по систематизации опубликованных научных графиков, представляющих свойства основных слабо связанных комплексов характерных для атмосферы Земли. Эта часть работ связана с графическими ресурсами молекулы метана и комплексов содержащих молекулу метана. Две трети графиков описывают зависимости коэффициента поглощения от волновых чисел или температуры и пятая часть зависимость потенциальной энергии от межмолекулярного расстояния. Проведенный анализ корректности цитирования графиков не показал значительных ошибок в цитировании. Работа выполнена по базовому проекту № АААА-А17-117021310148-7.

## СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ОПУБЛИКОВАННЫХ НАУЧНЫХ ГРАФИКОВ, ОПИСЫВАЮЩИХ КОНТИНУАЛЬНОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ ВОДЫ. ПУБЛИКАЦИИ 2000–2019 гг.

Н.А. Лаврентьев, О.Б. Родимова, А.З. Фазлиев

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

e-mail: lnick@iao.ru, faz@iao.ru

Выполненная работа завершает систематизацию научных графиков в коллекции GrafOnto, описывающих континуальное поглощение воды в информационной системе W@DIS. В докладе рассмотрен качественный состав более тысячи графиков. Дана оценка качества цитируемых графиков.

Работа выполнена по базовому проекту № АААА-А17-117021310148-7.

## СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ ПО МОЛЕКУЛЕ ОЗОНА

А.Ю. Ахлестин, Н.А. Лаврентьев, А.И. Привезенцев, А.З. Фазлиев

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

e-mail: lexa@iao.ru, lnick@iao.ru, remake@iao.ru, faz@iao.ru

Представлены результаты систематизации опубликованных спектральных данных по молекуле озона и ее изотопологам. Загруженные в информационную систему W@DIS (<http://wadis.saga.iao.ru>) данные и автоматически сгенерированная информация об их свойствах характеризуют спектральные свойства изолированной молекулы и ряда смесей, содержащих молекулы озона. Дана краткая характеристика качества загруженных данных.

Работа выполнена в рамках базового проекта № АААА-А17-117021310147-0.

## КОЛЛЕКЦИЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПО МОЛЕКУЛАМ $\text{CH}_3(\text{Br}, \text{Cl})$ В ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ W@DIS

А.Ю. Ахлестин, А.И. Привезенцев, Н.А. Лаврентьев, А.З. Фазлиев

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

*e-mail: lexa@iao.ru, lnick@iao.ru, remake@iao.ru, faz@iao.ru*

Представлен обзор содержащихся в информационной системе W@DIS параметров спектральных линий молекул  $\text{CH}_3(\text{Br}, \text{Cl})$  и их изотопологов, относящихся к группе симметрии  $C_{3v}$ . Дан краткий анализ качества этих параметров в источниках данных.

Работа выполнена в рамках базового проекта № АААА-А17-117021310147-0.

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ СПЕКТРА ПОГЛОЩЕНИЯ ПОЛОСЫ (0120)–(0000) $^{13}\text{CH}_4$ ПРИ ВАРИАЦИИ ТЕМПЕРАТУРЫ

Л.Н. Синица<sup>1</sup>, В.И. Сердюков<sup>1</sup>, А.П. Щербаков<sup>1</sup>, Ю.Л. Барановская<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

<sup>2</sup>*Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия*

Спектры поглощения  $^{13}\text{CH}_4$  в диапазоне между 7400 и 7600  $\text{cm}^{-1}$  были зарегистрированы при 4 температурах от 296 до 200 К с помощью Фурье-спектрометра IFS-125M при спектральном разрешении 0,03  $\text{cm}^{-1}$  с использованием однопроходной низкотемпературной кюветы длиной 220 см. Кювета охлаждается путем прокачки этанола от криостата закрытого типа KRIO-VT-05-02 (TERMEX). Скорость перекачки охлаждающего агента составляет 12 л/мин, а температура на выходе из криостата составляет 193–305 К. Идентификация зарегистрированных переходов была выполнена в несколько этапов. На первом этапе спектры, записанные при разных температурах, использовались для определения уровней энергии  $E$  нижнего состояния перехода и соответствующих значений вращательного квантового числа  $J$ . Из отношений интенсивностей линий, измеренных при различных температурах были определены эмпирические значения уровней энергии нижних состояний. Отнесение линий к подветвям полосы  $\nu_2 + 2\nu_3$   $^{13}\text{CH}_4$  с различной симметрией осуществлялось с помощью метода эффективных гамильтонианов.

Работа выполнена в рамках Государственного задания ИОА СО РАН (проект № АААА-А17-117021310150-0), в части идентификации экспериментальных данных – при поддержке РФФИ (грант № 19-03-00389), эксперимент выполнен при поддержке РНФ (грант № 17-17-01170).

## EMISSIONS IN THE IR $\text{CO}_2$ BANDS OUTGOING FROM THE PLANETARY ATMOSPHERE WITH MACROSCOPIC WIND VELOCITY GRADIENT

V. Ogibalov<sup>1,2</sup>, Yu. Bordovskaya<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*St. Petersburg State University, Department of Atmospheric Physics, Petersburg-Petrodvorets, Russia*

<sup>2</sup>*Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, Petersburg, Russia*

*e-mail: vpo563@mail.ru*

So far, a number of issues concerning the energy and dynamics of the atmosphere of Venus remain not fully understood. Among them is the phenomenon of superrotation which consists in a presence of wind currents with significant velocities in the narrow altitude region above the top of cloud layer at low latitudes in the Venusian atmosphere. For the slant pathways of photons, there exists a non-zero wind speed projection. Due to the Doppler effect, this produces frequency shifts in value of the volume absorption coefficient which depend on altitude and both zenith angle and azimuth angle of photon pathways. Therefore an existence of wind fields with macroscopic altitude gradients can affect on the transfer of radiation, in particular, at frequencies close to narrow cores of spectral lines within the infrared vibrational bands of  $\text{CO}_2$ . To estimate for the first time a possible influence of strong winds to the radiation outgoing from a planetary atmosphere, a simple model of the vertical wind profile with Gaussian distribution was formulated and the applied for a simplified problem of the transfer of radiative in a spectral line belonging to the different near-infrared (NIR) vibrational bands of  $\text{CO}_2$  molecule. In this study, the first results of modeling the NIR emissions outgoing at different directions and different frequencies from a planetary atmosphere consisting of pure  $\text{CO}_2$  gas are presented and discussed. It is inferred that an existence of macroscopic wind fields with velocity values about the sound speed can produce significant changes in the spectra of outgoing radiation at frequencies which are located from the central frequency of a spectral line in distances about some units of the Doppler halfwidth.

# **КОНФЕРЕНЦИЯ В РАСПРОСТРАНЕНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ В АТМОСФЕРЕ И ОКЕАНЕ**

## **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПТИЧЕСКИХ БИСТАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ СВЯЗИ В РОССИИ**

**В.В. Белов<sup>1</sup>, М.В. Тарасенков<sup>1</sup>, В.Н. Абрамочкин<sup>2</sup>, А.В. Федосов<sup>1</sup>,  
А.Н. Кудрявцев<sup>1</sup>, Е.С. Познахарев<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

<sup>2</sup>*Секция прикладных проблем при Президиуме РАН, г. Новосибирск, Россия*

*e-mail: belov@iao.ru, tmv@iao.ru, ya.wna@yandex.ru, fean.2010@yandex.ru,  
724\_pes1992@iao.ru, zoxy1@yandex.ru*

Обсуждаются результаты исследований оптических коммуникационных систем с открытыми бистатистическими внешними каналами связи, выполняемых в России в последнее десятилетие. Рассмотрены результаты статистического моделирования импульсных реакций атмосферных и подводных NLOS-каналов связи. Численные эксперименты для атмосферных трасс выполнены при лазерном излучении в видимом, УФ- и ближнем ИК-диапазонах длин волн и при широком наборе оптико-геометрических условий формирования каналов связи. Моделирование методом Монте-Карло передаточных характеристик подводных NLOS-каналов выполнены для лазерного излучения в видимом диапазоне длин волн и оптической модели морской воды.

## **СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕНОСА СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В НЕОДНОРОДНОЙ СЛОИСТОЙ ОБЛАЧНОСТИ С ОПТИЧЕСКОЙ ТОЛЩИНОЙ, ВОССТАНОВЛЕННОЙ ПО ДАННЫМ CARRIBA И VERDI**

**Е.Г. Каблукова<sup>1</sup>, С.М. Пригарин<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>*Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,  
г. Новосибирск, Россия*

<sup>2</sup>*Новосибирский государственный университет, Россия  
e-mail: jane\_k@ngs.ru, sergeim.prigarin@gmail.com*

Работа посвящена анализу влияния пространственной неоднородности слоистой и перистой облачности на потоки проходящей и отраженной солнечной радиации. Радиационные характеристики рассчитывались для облачных слоев с неоднородными полями оптической толщины, полученными по данным наблюдений в ходе экспериментов CARRIBA и VERDI.

## **СТЕПЕНЬ КОГЕРЕНТНОСТИ ЧАСТИЧНО КОГЕРЕНТНОГО БЕССЕЛЕВА ПУЧКА В ТУРБУЛЕНТНОЙ АТМОСФЕРЕ**

**И.П. Лукин**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: lukin\_ip@iao.ru*

Приведены результаты теоретических исследований когерентных свойств частично когерентных бесселевых пучков, распространяющихся в турбулентной атмосфере. Детально проанализирована степень когерентности таких пучков в зависимости от параметров пучка и характеристик турбулентной атмосферы. Показано, что степень когерентности частично когерентного бесселева пучка существенно зависит от величины топологического заряда пучка. В центральной части двумерного поля степени когерентности вихревого пучка формируется кольцевая дислокация, число колец которой равно величине топологического заряда пучка. При высоких уровнях флуктуаций в турбулентной атмосфере степень когерентности частично когерентного вихревого бесселева пучка убывает быстрее, чем это имеет место для фундаментального бесселева пучка. Причем, скорость убывания возрастает по мере увеличения топологического заряда пучка.

## ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАССЕЙЯНИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ МИКРОТОРОИДАМИ

Ю.Э. Гейнц, Е.К. Панина, А.А. Землянов

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*  
*e-mail: ygeints@iao.ru, pek@iao.ru, zza@iao.ru*

Представлены результаты теоретического моделирования «фотонных наноструй» (ФНС), формирующихся при рассеянии лазерного излучения на однослойной упорядоченной сборке диэлектрических микротороидов, размещенных на поверхности прозрачной матрицы (силиконовой пленке). С использованием методики вычислительной электродинамики (FDTD) проведен подробный анализ основных параметров ФНС (длина, ширина, пиковая интенсивность) в условиях взаимовлияния световых полей соседних микрочастиц. Показано, что основным фактором, влияющим на исследуемые характеристики «фотонных наноструй», является пространственная конфигурация рассеивающей излучение частицы, а именно, диаметр ее внутреннего сечения. Установлено, что при определенных конфигурациях размещения тороидов в кластере реализуется ансамбль ФНС с параметрами, существенно лучшими, чем для уединенного тороида.

## СРЕДНЯЯ ИНТЕНСИВНОСТЬ ЧАСТИЧНО КОГЕРЕНТНОГО БЕССЕЛЕВА ПУЧКА В ТУРБУЛЕНТНОЙ АТМОСФЕРЕ

И.П. Лукин

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*  
*e-mail: lukin\_ip@iao.ru*

Проводится теоретический анализ особенностей трансформации пространственной структуры средней интенсивности частично когерентных бесселевых пучков, распространяющихся в турбулентной атмосфере. С использованием когнитивных графиков средней интенсивности оптического излучения наглядно показано, что устойчивость формы частично когерентного вихревого бесселева пучка при распространении в турбулентной атмосфере увеличивается с ростом значения топологического заряда этого пучка.

## РАЗРАБОТКА ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО ПРИБОРА ДЛЯ SWIR-ДИАПАЗОНА СПЕКТРА

Т.Н. Хацевич<sup>1</sup>, Н.Н. Мордвин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Россия*

<sup>2</sup>*ООО «Конструкторское бюро «Луггар», г. Новосибирск, Россия*

*e-mail: khatsevich@rambler.ru, mordvinnn@luggar.biz*

Приводится оценка возможностей оптико-электронных приборов по дальности распознавания объектов при переходе от видимого диапазона к коротковолновому (SWIR) диапазону электромагнитных волн, обусловленная повышением контраста между объектами и фоном.

Разработан и изготовлен экспериментальный образец оптико-электронного прибора, осуществляющий формирование изображения в коротковолновом (0,9–1,7 мкм) диапазоне электромагнитных волн. В качестве приемника излучения использовано матричное фотоприемное устройство на основе соединения InGaAs, и разработан специальный объектив с угловым полем 9° по диагонали. Результаты испытания прибора в лабораторных и полевых условиях подтвердили дифракционное качество изображения, формируемого объективом в указанном спектральном диапазоне, а также продемонстрировали возрастание дальности распознавания в дневных условиях на 25% по сравнению с расчетной дальностью распознавания для видимой области спектра.

## ОСОБЕННОСТИ ПОГЛОЩЕНИЯ СВЕТА МИКРОКАПСУЛОЙ С ЗОЛОТЫМИ НАНОЧАСТИЦАМИ

Ю.Э. Гейнц, А.А. Землянов, Е.К. Панина

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*  
*e-mail: ygeints@iao.ru, zza@iao.ru, pek@iao.ru*

Представлены исследования поглощающей способности полой сферической микрокапсулы – микрокапсулы, в оболочку которой добавлены сильно поглощающие золотые наночастицы сферической и цилиндрической пространственных форм. С помощью численного моделирования получены спектры поглощения легированной наночастицами микрокапсулы в видимой и ближней ИК-областях спектра. Установлено, что эффективность поглощения капсулы зависит от морфологии нановключений. В частности, происходит заметное

усиление поглощения капсулы в областях резонансного возбуждения поверхностных плазмонных мод наночастиц. Дисперсия поглощения уменьшается с увеличением объемного содержания наночастиц в микрокапсуле, а также при смешивании нановключений различных форм (сферы + стержни). В этом случае становится возможным получить близкий к равномерному спектр поглощения капсулы в рассматриваемом диапазоне длин волн.

## СЛАБАЯ ЛОКАЛИЗАЦИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ В СРЕДАХ С СИЛЬНО ВЫТЯНУТЫМИ ИНДИКАТРИСАМИ

Я.А. Илюшин

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Россия  
Институт радиотехники и электроники В.А. Котельникова РАН, г. Москва, Россия  
e-mail: ilyushin@phys.msu.ru*

Исследована слабая локализация в средах с сильно вытянутыми индикатрисами рассеяния. Ранее известная теория обобщена для случая неравномерного сечения обратного рассеяния в задней полусфере. Получены асимптотические выражения для интенсивности обратного рассеяния в малоугловом диффузионном приближении.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РОЛИ ВЛИЯНИЯ ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ ОЗОНА, ОБЛАЧНОСТИ, АЭРОЗОЛЬНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ТОЛЩИ И АЛЬБЕДО ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ НА УРОВЕНЬ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ РАДИАЦИИ ПО ДАННЫМ МНОГОЛЕТНИХ ИЗМЕРЕНИЙ В ТОМСКЕ

Б.Д. Белан, Г.А. Ивлев, Т.К. Складнева

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: bbd@iao.ru, ivlev@iao.ru, tatyana@iao.ru*

Анализируются вариации значений приземной ультрафиолетовой радиации, определяемые влиянием общего содержания озона (ОСО), облачностью, аэрозольной оптической толщиной (АОТ), альбедо подстилающей поверхности. Для этого используются многолетние ряды наблюдений приземной ультрафиолетовой (В) радиации в городе Томске, ОСО, АОТ и др. Выявлена хорошая обратная корреляционная зависимость между изменениями УФ–В-радиации и общим содержанием озона, как для отдельных лет, так и всего периода наблюдений. Максимальная корреляционная зависимость наблюдалась в 2011 г. ( $r = -0,42$ ), минимальная – в 2006 г. ( $r = -0,22$ ). Установлена количественная связь между УФ–В-радиацией и зенитным углом Солнца для разных диапазонов изменения ОСО при разных типах подстилающей поверхности (снег, нет снега).

## РЕГИОНАЛЬНЫЙ СПУТНИКОВЫЙ АЛГОРИТМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ БИО-ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АЗОВСКОГО МОРЯ

В.В. Суслин<sup>1,3</sup>, Т.Я. Чурилова<sup>2</sup>, Т.В. Ефимова<sup>2</sup>, Н.В. Моисеева<sup>2</sup>,  
Е.Ю. Скороход<sup>2</sup>, И.Е. Степочкин<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ФИЦ Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, Россия

<sup>2</sup>ФИЦ Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН,  
г. Севастополь, Россия

<sup>3</sup>Севастопольский государственный университет, Россия

<sup>4</sup>ТОИ им. В.И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток, Россия  
e-mail: slava.suslin@mhi-ras.ru

На основе результатов измерений спектров показателей поглощения света пигментами фитопланктона, неживым взвешенным веществом и окрашенной компонентой растворенного органического вещества и спутникового продукта, remote sensing reflectance, восстанавливаемого по измерениям приборами MODIS со спутников Aqua и Terra, получены регрессионные уравнения для восстановления основных био-оптических характеристик в Азовском море: суммарная концентрация хлорофилла  $a$  и феопигментов, показателей поглощения света пигментами фитопланктона, неживым органическим веществом и показателя обратного рассеяния света частицами взвеси на длине волны 438 нм. Построены ежедневные карты распределения этих параметров в поверхностном слое в период с 2000 по 2018 г.

## **АДАПТИВНАЯ ОПТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ КОРРЕКЦИИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, ПРОШЕДШЕГО СКВОЗЬ ТУРБУЛЕНТНУЮ АТМОСФЕРУ**

**В.Н. Белоусов<sup>1</sup>, И.В. Галактионов<sup>2</sup>, А.В. Кудряшов<sup>2</sup>, А.Н. Никитин<sup>2</sup>, О.В. Отрубянникова<sup>2</sup>,  
А.Л. Рукосуев<sup>2</sup>, В.В. Самаркин<sup>2</sup>, И.В. Сиверцева<sup>2</sup>, Ю.В. Шелдакова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ООО «Лира Тех», г. Москва, Россия

<sup>2</sup>Институт динамики геосфер РАН им. академика М.А. Садовского, г. Москва, Россия

*e-mail: tov.belousov@mail.ru, galaktionov@activeoptics.ru, kud@activeoptics.ru,  
nikitin@activeoptics.ru, otrubyannikova@activeoptics.ru, alru@nightn.ru,  
samarkin@nightn.ru, siverceva@activeoptics.ru, sheldakova@nightn.ru*

В задачах, связанных с прохождением лазерного излучения сквозь атмосферу Земли, одной из основных проблем является снижение эффективности работы систем вследствие влияния турбулентности атмосферы, приводящей к искажению волнового фронта лазерного излучения. Для решения данной проблемы предлагается использование быстрой адаптивной оптической системы, позволяющей в реальном времени компенсировать искажения волнового фронта, имеющие верхнюю границу спектра до 150 Гц. В силу того, что адаптивная оптическая система является дискретной (определяется входящей в ее состав цифровой камерой), частота дискретизации должна составлять не менее 1500 Гц (кадров в секунду).

## **СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ЛУЧА ЛАЗЕРА ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ**

**Е.Г. Каблукова<sup>1</sup>, С.М. Пригарин<sup>1,2</sup>, В.Г. Ошлаков<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,  
г. Новосибирск, Россия

<sup>2</sup>Новосибирский государственный университет, Россия

<sup>3</sup>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
*e-mail: kablukovaE@sscc.ru, sergeim.prigarin@gmail.com, oshlakov@iao.ru*

Работа посвящена моделированию методом Монте-Карло рассеяния лазерного излучения в облачной среде и построению изображения луча лазера на фотоприемнике навигационной системы. Изучается вклад излучения разной кратности рассеяния в интенсивность сигнала на фотоприемной матрице.

## **МАСШТАБЫ КОГЕРЕНТНОСТИ ЧАСТИЧНО КОГЕРЕНТНОГО БЕССЕЛЕВА ПУЧКА, РАСПРОСТРАНЯЮЩЕГОСЯ В ТУРБУЛЕНТНОЙ АТМОСФЕРЕ**

**И.П. Лукин**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: lukin\_ip@iao.ru*

Проведено теоретическое исследование масштабов когерентности частично когерентных бесселевых пучков, распространяющихся в турбулентной атмосфере. Рассматривались следующие масштабы когерентности: радиус когерентности, интегральный масштаб степени когерентности и интегральный масштаб квадрата степени когерентности частично когерентных бесселевых пучков. Отмечается наличие высокой чувствительности к влиянию случайных неоднородностей источника оптического излучения и атмосферной турбулентности интегрального масштаба степени когерентности частично когерентных бесселевых пучков.

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЛНОВОГО ПРОЦЕССА В ОПТИЧЕСКИХ СРЕДАХ ДЛЯ УСТРОЙСТВ НАНОФОТОНИКИ**

**И.О. Михайлов<sup>1</sup>, Е.И. Штанько<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Россия

<sup>2</sup>Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,  
г. Новосибирск, Россия

*e-mail: prooptiku@gmail.com, mik\_kat@ngs.ru*

Приведены результаты компьютерного моделирования процесса прохождения электромагнитной волны в некоторой сложной среде, имитирующей оптический материал в форме микролинз для устройств нанофотоники. Численное моделирование выполняется в терагерцовом частотном диапазоне, соответствующем видимому излучению, с применением современного математического аппарата векторного метода конечных элементов, реализованного в авторском программном продукте.

**РАСПРОСТРАНЕНИЕ КОНИЧЕСКИХ ВОЛН В ТУРБУЛЕНТНОЙ АТМОСФЕРЕ****И.П. Лукин***Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия**e-mail: lukin\_ip@iao.ru*

Проведено теоретическое исследование когерентных свойств конических волн, распространяющихся в турбулентной атмосфере. При анализе использовалось аналитическое решение уравнения для поперечной функции взаимной когерентности второго порядка поля оптического излучения. Рассматривались следующие характеристики когерентности конических волн: степень когерентности, радиус когерентности, а также интегральные масштабы степени когерентности и квадрата степени когерентности. Проанализирована зависимость этих характеристик от параметров оптического излучения и турбулентной атмосферы. Отмечается наличие высокой чувствительности к влиянию атмосферной турбулентности интегральных масштабов степени когерентности и квадрата степени когерентности конических волн в отличие от радиуса когерентности этих волн.

**О МЕТОДАХ И СРЕДСТВАХ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЛИДАРОВ****А.А. Ким, А.Е. Орлов, В.С. Лугиня, Н.А. Баранов***БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург, Россия**АО «Лазерные системы», г. Санкт-Петербург, Россия**Вычислительный центр им. А.А. Дородницына ФИЦ «Информатика и управление» РАН,  
г. Москва, Россия**e-mail: alexeykim90@gmail.com, luginya@lssystem.ru, orlov@lssystem.ru*

Метрологическое обеспечение и контроль достоверности метеорологических лидаров является актуальной задачей. В статье рассматриваются оригинальные методы и реализующие их средства верификации основных эксплуатационных параметров метеорологических лидаров: аэрозольных профилометров и ветровых когерентных доплеровских лидаров.

**МАТРИЦА РАССЕЯНИЯ СВЕТА ДЛЯ КВАЗИГОРИЗОНТАЛЬНО  
ОРИЕНТИРОВАННЫХ АТМОСФЕРНЫХ ЛЕДЯНЫХ КРИСТАЛЛОВ  
ДЛЯ ЗАДАЧ ПЕРЕНОСА ИЗЛУЧЕНИЯ****А.В. Коношонкин, Т.Б. Журавлева, А.Г. Боровой, Н.В. Кустова,  
И.М. Насртдинов, В.А. Шишко, Д.Н. Тимофеев***Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия**e-mail: sasha\_tvo@iao.ru, ztb@iao.ru, borovoi@iao.ru, kustova@iao.ru,**wizard@iao.ru, sva@iao.ru, tdn@iao.ru*

В докладе представляется банк данных матриц рассеяния света для ледяных гексагональных частиц с преимущественной горизонтальной ориентацией. Расчеты выполнены в приближении геометрической оптики для углов флаттера от 0 до 180° с шагом 1°. Установлено что индикатриса рассеяния света для хаотически ориентированных ледяных кристаллов перистых облаков кардинально отличается от индикатрисы рассеяния света для частиц с преимущественной горизонтальной ориентацией. Этот факт может играть существенную роль при решении задач переноса излучения через перистые облака и его необходимо учитывать в задачах моделирования климата.

**РАСЧЕТ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО РАССЕЯНИЯ ОПТИЧЕСКОГО  
ИЗЛУЧЕНИЯ КРИСТАЛЛАМИ ПЕРИСТЫХ ОБЛАКОВ В ПРИБЛИЖЕНИИ  
ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИКИ****Ц. Му<sup>1</sup>, Б.А. Каргин<sup>1,2</sup>, Е.Г. Каблукова<sup>2</sup>**<sup>1</sup>*Новосибирский государственный университет, Россия*<sup>2</sup>*Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,  
г. Новосибирск, Россия**e-mail: mutsyuev@gmail.com, bkargin@osmf.ssc.ru, jane\_k@ngs.ru*

В приближении геометрической оптики численно изучаются процессы переноса солнечной радиации в видимом и ближнем ИК-участках солнечного спектра в кристаллических облаках. С этой целью разработан вариант так называемого «весового» статистического моделирования. Первой особенностью алгоритма является

возможность в одном расчете вычислять характеристики рассеяния солнечного излучения кристаллическими частицами различных форм и пространственных ориентаций в различных сочетаниях концентраций частиц различных фракций. Вторая особенность состоит в том, что наряду с частицами, имеющими гладкие поверхности, моделируются процессы рассеяния излучения на частицах с шероховатыми поверхностями с учетом эффектов затенения и переломления. В основу алгоритма заложены так называемая «фацетная» и спектральная модели случайно неоднородных поверхностей. Выполнена серия численных экспериментов.

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ СИНУСОИДАЛЬНЫХ ПЕРИОДИЧЕСКИХ СТРУКТУР ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ РАСПРОСТРАНЯЮЩИХСЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПЛАЗМОН-ПОЛЯРИТОНОВ**

**Д.В. Петров<sup>1</sup>, М.А. Костенко<sup>1</sup>, А.А. Щербаков<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия*

<sup>2</sup>*Национальный исследовательский университет ИТМО, г. Санкт-Петербург, Россия  
e-mail: dpetrov@imces.ru, matvey\_mtv97@mail.ru, alex.shcherbakov@phystech.edu*

Многообещающим методом анализа состава газовых сред является поверхностно-усиленная спектроскопия КР. В работе представлены результаты теоретических расчетов параметров синусоидальных периодических металл-диэлектрических структур необходимых для усиления электромагнитного поля в рассеивающем объеме за счет возбуждения распространяющихся поверхностных плазмон-поляритонов.

## **МЕТОДИКА МИКРОВОЛНОВЫХ РАДИОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ МЕЗОСФЕРНЫХ ОБЛАКОВ**

**Г.С. Бордонский, А.А. Гурулев, А.О. Орлов, С.В. Цыренжапов**

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия  
e-mail: lgc255@mail.ru, sansang@mail.ru, orlov\_a\_o@mail.ru, arahley@mail.ru*

Предложена методика измерений отраженного радиотеплового излучения Солнца и Земли от мезосферных облаков. Для обоснования методики выполнен эксперимент по измерению пропускания излучения лазера на длине волны 0,52 мкм через диэлектрические подложки, с осажденным из газовой фракции льдом. В этом эксперименте обнаружено интенсивное поглощение зондирующего излучения при температурах от –80 до –23 °С. В натурном эксперименте наблюдали одновременное увеличение радиояркостной температуры на ~ 5 К на четырех длинах волн микроволнового диапазона.

## **ИЗМЕРЕНИЯ ИК-ИЗЛУЧЕНИЯ ХОЛОДНОГО АЭРОЗОЛЯ НАД г. ЧИТА**

**Г.С. Бордонский, А.А. Гурулев, А.О. Орлов**

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия  
e-mail: lgc255@mail.ru, sansang@mail.ru, orlov\_a\_o@mail.ru*

Выполнено измерение загрязненной зимней атмосферы при инверсии температура над г. Чита в тепловом ИК-диапазоне. Обнаружено возрастание радиационной температуры при температуре слоя воздуха –23 °С вблизи поверхности, на которой была установлена измерительная аппаратура. Эффект связывается с образованием сегнетоэлектрического льда 0 в пористых увлажненных диэлектрических частицах при данной температуре.

## **О НАСЫЩЕНИИ ФЛУКТУАЦИЙ ИЗЛУЧЕНИЯ УЗКОГО РАСХОДЯЩЕГОСЯ ЛАЗЕРНОГО ПУЧКА В ПРИЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЕ В СНЕГОПАДАХ**

**Н.А. Вострецов, А.Ф. Жуков**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: vna@iao.ru*

Проведены измерения флуктуаций излучения узкого расходящегося лазерного пучка на 10 трассах: 37, 130, 260 (2 × 130), 390 (3 × 130), 520 (4 × 130), 650 (5 × 130), 780 (6 × 130), 964, 1928 и 2048 м в приземной атмосфере в снегопадах. Длина волны  $\lambda = 0,63$  мкм. Приемник был установлен на оптической оси пучка. Диаметр приемника был равен 0,1 или 0,3; 0,8; 3,1 и 25 мм. Установлено, что флуктуации излучения лазерного пучка с ростом коэффициента рассеяния вначале растут, а затем не увеличиваются (насыщаются). В измерениях при диаметре приемника 0,1 или 0,3 мм не установлена зависимость величины насыщения от длины трассы. При диаметрах приемника 0,8 и 3,1 мм величина насыщения увеличиваются с ростом длины трассы.

## **МЕТОДИКА ДИСТАНЦИОННОГО ОБНАРУЖЕНИЯ НЕОДНОРОДНЫХ ТУРБУЛИЗИРОВАННЫХ ОБЛАСТЕЙ В АТМОСФЕРЕ С ПОМОЩЬЮ ЭФФЕКТА УСИЛЕНИЯ ОБРАТНОГО РАССЕЯНИЯ**

**В.А. Банах, А.В. Фалиц**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: banakh@iao.ru, falits@iao.ru*

С помощью численного моделирования демонстрируется методика обнаружения зон сильной турбулентности в атмосфере, основанная на проявлении эффекта усиления обратного рассеяния на локационных трассах в турбулентной атмосфере.

## **ВОССТАНОВЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ОТРАЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ С УЧЕТОМ ПОЛЯРИЗАЦИИ ИЗЛУЧЕНИЯ ПО СНИМКАМ MODIS**

**М.В. Тарасенков, А.В. Зимовая, В.В. Белов, М.В. Энгель**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: TMV@iao.ru, AVK@iao.ru, Belov@iao.ru, Angel@iao.ru*

Рассматривается алгоритм восстановления коэффициентов отражения земной поверхности по снимкам спутникового прибора MODIS. Выполняется атмосферная коррекция данных с учетом бокового подсвета, дополнительной освещенности земной поверхности отраженным излучением, влияния неоднородной земной поверхности и поляризации излучения. Для ускорения получения результатов предлагается использовать ряд аппроксимационных формул и критериев. Сопоставление с результатами работы алгоритма MOD09 для трех участков на земной поверхности (в Томской, Московской и Иркутской обл.) показывает, что средние значения результатов предлагаемого алгоритма ближе к эталонным, чем алгоритм MOD09 NASA в первом, третьем и четвертом каналах MODIS, отличие одного порядка наблюдается для второго канала MODIS. В восьмом канале MODIS для одних ситуаций предпочтительнее один алгоритм, а для других другой.

## **ХАРАКТЕРИСТИКИ АТМОСФЕРНЫХ И ПОДВОДНЫХ КАНАЛОВ ОПТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ НА РАССЕЯННОМ ИЗЛУЧЕНИИ**

**М.В. Тарасенков, В.В. Белов, Е.С. Познахарев**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: TMV@iao.ru, Belov@iao.ru, 724\_PES1992@iao.ru*

Методом Монте-Карло получены и обсуждаются характеристики оптических атмосферных и подводных каналов связи, определяющих их качество.

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УДАРНО-ВОЛНОВОЙ СТРУКТУРЫ ОТРЫВНОГО ТЕЧЕНИЯ ВБЛИЗИ МОДЕЛИ ТУРЕЛИ, РАЗМЕЩЕННОЙ В АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ ТРУБЕ Т-313 ИТПМ СО РАН, НА УГЛЫ СМЕЩЕНИЯ ЛАЗЕРНОГО ПУЧКА**

**Д.А. Маракасов, А.А. Сухарев**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: mda@iao.ru, sukharev@iao.ru*

В работе на основе численных расчетов по моделированию сверхзвукового течения, возникающего в камере аэродинамической трубы Т-313 ИТПМ СО РАН, проведены оценки углов смещения оптического пучка. Средние значения параметров сверхзвукового потока рассчитывались с помощью пакета программ CFD Fluent 6.3 с учетом сжимаемости газа.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-38-20115.

## ЭВОЛЮЦИЯ ОПТИЧЕСКОГО ВИХРЯ

Л.О. Герасимова

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

*e-mail: lilyan@iao.ru*

На основе численного моделирования проведены расчеты дифракции вихревого пучка на круглом непрозрачном экране в однородной среде на примере мод лаггерр-гауссова пучка. Проведен анализ эволюции дифрагированного пучка от степени его перекрытия круглым экраном. Продемонстрировано восстановление лаггерр-гауссова пучка по мере его распространения даже при полном перекрытии центральной части пучка.

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СУПЕРПОЗИЦИИ ВИХРЕВЫХ ОПТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ОПТИЧЕСКОЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ НА АТМОСФЕРНОЙ ТРАССЕ

Л.О. Герасимова

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

*e-mail: lilyan@iao.ru*

На основе численного решения параболического волнового уравнения для комплексной амплитуды поля волны методом расщепления по физическим факторам проведено исследование распространения суперпозиции двух и трех мод лаггерр-гауссова пучка в турбулентной атмосфере. Анализ относительной дисперсии турбулентных флуктуаций средней интенсивности осевой суперпозиции мод лаггерр-гауссова пучка показал, что пучки сложной пространственной формы, содержащие сингулярность фазы флуктуируют меньше в турбулентной атмосфере.

## ЭФФЕКТИВНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ МАСШТАБ В ЗАДАЧЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МОЩНЫХ ФЕМТОСЕКУНДНЫХ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ В ВОЗДУХЕ

Ю.Э. Гейнц<sup>1</sup>, А.А. Землянов<sup>1</sup>, О.В. Минина<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

<sup>2</sup>*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия*

*e-mail: ygeints@iao.ru, zaa@iao.ru, mov@iao.ru*

Исследовано влияние дисперсии групповой скорости импульса на распространение в воздухе мощных фемтосекундных лазерных импульсов длительностью 100 и 20 фс. На основе анализа результатов численных решений нелинейного уравнения Шредингера в керровско-плазменной диссипативной дисперсионной среде, проведенного в рамках метода дифракционно-лучевых трубок, обнаружено проявление дисперсии в случае, когда дисперсионная длина не является наименьшим масштабом из всех характерных продольных масштабов задачи. Для проведения оценок влияния нормальной дисперсии на распространение фемтосекундных лазерных импульсов получено выражение для эффективного дисперсионного масштаба. Установлено, что в нелинейно-фокусирующей среде увеличение начального радиуса лазерного пучка может вызвать срыв филаментации даже при высоких уровнях сверхкритической мощности.

## ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИ ПОПОЛНЯЮЩЕЙ ДИФРАКЦИОННО-ЛУЧЕВОЙ ТРУБКИ НА ПОСТФИЛАМЕНТАЦИОННОМ ЭТАПЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ФЕМТОСЕКУНДНЫХ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ В ВОЗДУХЕ

Ю.Э. Гейнц<sup>1</sup>, А.А. Землянов<sup>1</sup>, О.В. Минина<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

<sup>2</sup>*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия*

*e-mail: ygeints@iao.ru, zaa@iao.ru, mov@iao.ru*

Представлены результаты исследования распространения в воздухе фемтосекундных лазерных импульсов в режиме самофокусировки и филаментации. Анализ результатов численного моделирования проводился на основе метода дифракционно-лучевых трубок. В результате было установлено, что средняя мощность в постфиламентационных световых каналах, образованных пучками суб- и миллиметрового радиуса, составляет около 0,6–0,9 критических мощностей самофокусировки, и она слабо зависит от начальных параметров лазерного импульса. В целом энергозатраты излучения на филаментацию снижаются при увеличении радиуса пучка.

## ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА ИНТЕНСИВНОСТИ ЭМИССИОННЫХ ЛИНИЙ НАТРИЯ ПРИ ФИЛАМЕНТАЦИИ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ В ВОДНОМ АЭРОЗОЛЕ

А.В. Боровский<sup>1</sup>, Ю.С. Толстоногова<sup>1,2</sup>, В.В. Лисица<sup>1,2</sup>, А.Ю. Майор<sup>1,2</sup>, С.С. Голик<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия

<sup>2</sup>Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

e-mail: ifitfizik@gmail.com, mebius0112@yandex.ru, snap06@googlemail.com,  
mayor@iacp.dvo.ru, golik\_s@mail.ru

Получены зависимости интенсивностей линий натрия от времени задержки при филаментации лазерного излучения фемтосекундной длительности в водном аэрозоле с крупными (10 мкм) и мелкими (0,8–2 мкм) частицами. Рассмотрена временная динамика интенсивности эмиссионных линий натрия (Na I 588,99 и 589,59 нм), при филаментации лазерных импульсов в водном аэрозоле. Определена величина оптимальной задержки регистратии излучения филамента в водном аэрозоле относительно лазерного импульса.

## ОЦЕНКА СКОРОСТИ ПОПЕРЕЧНОГО ВЕТРА ПО ФЛУКТУАЦИЯМ ИЗОБРАЖЕНИЯ ПОДСВЕЧЕННОЙ ДИФFUЗНОЙ МИШЕНИ

Д.А. Маракасов, А.Л. Афанасьев, В.А. Банах, А.П. Ростов, В.В. Кусков

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

e-mail: mda@iao.ru, afanasiev@iao.ru, rostov@iao.ru, vvk@iao.ru

Рассматривается возможность определения средней интегральной вдоль оптической трассы поперечной компоненты скорости ветра из флуктуаций изображения подсвеченной лазерным пучком диффузной мишени. Предложен алгоритм обработки видеоизображений, основанный на построении пространственно-временной корреляционной функции флуктуаций интенсивности излучения рассеянного на мишени. Представлены результаты экспериментальной проверки предложенной методики.

## ВИЗУАЛИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ СВЕРХЗВУКОВОЙ НЕДОРАСШИРЕННОЙ СТРУИ С ПОМОЩЬЮ МАССИВА ПОЗИЦИОННО-ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ФОТОДЕТЕКТОРОВ

Д.А. Маракасов, В.М. Сазанович, А.А. Сухарев, Р.Ш. Цвык, А.Н. Шестернин

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

e-mail: mda@iao.ru, sazanovich@iao.ru, sukharev@iao.ru, tsvyk@iao.ru, san@iao.ru

Проведено исследование искажений волнового фронта лазерного пучка, просвечивающего аксиально-симметричную неизобарическую сверхзвуковую струю. Показано аналитически и продемонстрировано в экспериментах на Вертикальной струйной установке ИТПМ СО РАН, что совокупность средних локальных наклонов волнового фронта пучка в плоскости за струей отображает основные элементы пространственной структуры струи (диск Маха, внутренний и внешний слой смешения, висячий и присоединенный скачки). На основе измерения локальных наклонов волнового фронта просвечивающего пучка при различных  $npr$  (отношение давлений в форкамере и окружающем пространстве) построены образы соответствующих струй. Полученные результаты образуют основу методики бесконтактного исследования пространственного распределения неоднородностей плотности в сверхзвуковых течениях со сложной структурой.

## РОЛЬ ДИФРАКЦИОННЫХ ЭФФЕКТОВ В ФОРМИРОВАНИИ РАДИОСИГНАЛА, ОТРАЖЕННОГО ОТ СЛУЧАЙНО НЕОДНОРОДНОГО ИОНОСФЕРНОГО СЛОЯ

М.В. Тинин

Иркутский государственный университет, Россия

e-mail: mtinin@api.isu.ru

Исследуется влияние различных ионосферных неоднородностей на сигнал, отраженный от ионосферного слоя. Показано, что дифракционные эффекты в окрестности точки поворота в условиях большого пути распространения менее существенны дифракционных эффектов вне этой окрестности на пути распространения радиоволны от источника до точки поворота и от точки поворота до приемника. Это не только облегчает численное моделирование сигнала вертикального зондирования, но и позволяет повышать разрешение систем вертикального зондирования путем пространственной обработки сигнала.

## СТАТИСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФЛУКТУАЦИЙ ЭЙКОНАЛА НОРМАЛЬНЫХ ВОЛН ПРИ НАКЛОННОМ ОТРАЖЕНИИ ОТ МАГНИТОАКТИВНОЙ ИОНОСФЕРЫ

Л.И. Приходько<sup>1</sup>, И.А. Широков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
физический факультет, Россия

<sup>2</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
факультет вычислительной математики и кибернетики, Россия  
e-mail: l.prikhodko@mail.ru, ivanshirokov@inbox.ru

Рассмотрены статистические свойства фазы (эйконала) нормальных волн, отраженных от неоднородной магнитоактивной ионосферной плазмы, содержащей случайные неоднородности электронной плотности. Численно определены траектории лучей при распространении на полюсе (вертикальное магнитное поле Земли). Найдены дисперсии флукутаций и пространственные коэффициенты автокорреляции фазы для каждой из нормальных волн при различных углах входа луча в ионосферу.

## СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ БИМОРФНОГО ЗЕРКАЛА И ЖК ПРОСТРАНСТВЕННОГО МОДУЛЯТОРА СВЕТА ПРИ ФОКУСИРОВКЕ ИЗЛУЧЕНИЯ СКВОЗЬ УМЕРЕННО РАССЕИВАЮЩИЙ АЭРОЗОЛЬ

И.В. Галактионов<sup>1,2</sup>, Ю.В. Шелдакова<sup>1,2</sup>, А.В. Кудряшов<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Институт динамики геосфер РАН, г. Москва, Россия

<sup>2</sup>ООО «Активная оптика НайтН», г. Москва, Россия

<sup>3</sup>Московский политехнический университет, Россия

e-mail: galaktionov@activeoptics.ru, sheldakova@nightn.ru, kud@activeoptics.ru

Проведено экспериментальное исследование возможности фокусировки лазерного излучения с длиной волны 0,65 мкм сквозь рассеивающую среду с использованием биморфного адаптивного зеркала с 48 управляющими электродами и жидкокристаллического пространственного модулятора света с разрешением 1920 × 1080 пикселей. В качестве рассеивающей среды использовалась 5-мм стеклянная кювета, заполненная суспензией полистироловых микросфер диаметром 1 мкм и концентрацией от  $10^5$  до  $10^6$  мм<sup>-3</sup>, взвешенных в дистиллированной воде. Согласно принципу подобия, среду с такими параметрами можно в некотором приближении считать эквивалентом слою тумана средней плотности протяженностью от 300 м до 5 км. Численные и экспериментальные исследования показали, что эффективность фокусировки рассеянного лазерного излучения можно увеличить минимум на 60%.

## ДИФРАКЦИЯ ОПТИЧЕСКОГО ВИХРЕВОГО ПУЧКА НА КРУГЛОЙ ДИАФРАГМЕ

Л.О. Герасимова

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

e-mail: lilyan@iao.ru

Проведены численные исследования дифракции вихревого пучка на круглой диафрагме в однородной среде. Анализ эволюции дифрагированного пучка от степени его перекрытия показал, что частичное экранирование пучка приводит к потере симметрии кольцевой структуры лаггерр-гауссова пучка. По мере распространения моды лаггерр-гауссова пучка количество точек винтовой дислокации увеличивается с тем же знаком, но меньшей величиной топологического заряда.

## СУПЕРСТАТИСТИКА ПОЗИЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ КОЛЛИМИРОВАННОГО ВОЛНОВОГО ПУЧКА НА ВЫХОДЕ АТМОСФЕРНОЙ ТРАССЫ

А.В. Бланк, Н.А. Сухарева

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
физический факультет, Россия

e-mail: blankarkadiy@physics.msu.ru, suhareva@phys.msu.ru

Предложены методы и методики анализа временных рядов вариации положения энергетического центра и профиля коллимированного волнового пучка на протяженной оптической трассе. Основываясь на суперстатистической модели, определены выражения для функций распределения величины дискретного дрейфа, проведено сопоставления вероятностных и спектральных характеристик наблюдаемого стохастического процесса.

В отличие от суперстатистических приближений для вариации скорости аэродинамических потоков, дрейф энергетического центра описывается асимметричной функцией распределения по скорости смещения. Величина асимметрии пропорциональна ветровой нагрузке в интервале регистрации выборки. На основе анализа массива экспериментальных данных, собранных в апреле–мае 2019 г., связи функции распределения вероятности скорости дрейфа энергетического центра и частотного спектра предложены классы суперстатистических реализаций.

## **Q-ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ ОЦЕНКИ ТУРБУЛЕНТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИ НЕОДНОРОДНОЙ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ТРАССЫ**

**А.В. Бланк, Н.А. Сухарева**

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
физический факультет, Россия  
e-mail: blankarkadiy@physics.msu.ru, suhareva@phys.msu.ru*

Представлены результаты теоретического и экспериментального анализа процесса мерцаний коллимированного многомодового пучка с длиной волны 808 нм на выходе 1350-метровой наклонной трассы. Обсуждается согласование значений параметра Рытова–Татарского и  $q$ -фактора Тсаллиса в приближении лог-нормальной статистики для функции распределения интенсивности в ограниченной апертуре переменного профиля. Контролируются локальные скорости дрейфа оптического потока, компонент тензора структуры распределения интенсивности в плоскости регистрации. На основе моделей для обобщенного больцмановского фактора, его связи с  $q$ -фактором через первые и вторые статистические моменты прогнозируются зависимости  $q$ -параметра от разности температур на трассе. Рассмотрены дискретные и непрерывные модели функции распределения температур на трассе, анализируются варианты многоуровневых дискретных распределений, имеющих различные асимптотики.

## **КОМПЕНСАЦИЯ СЛУЧАЙНЫХ ИСКАЖЕНИЙ ВОЛНОВОГО ФРОНТА ПО СИГНАЛУ ОБРАТНОГО АТМОСФЕРНОГО РАССЕЯНИЯ**

**В.В. Кусков<sup>1,2</sup>, В.А. Банах<sup>1</sup>, Е.В. Гордеев<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия  
e-mail: vvk@iao.ru, banakh@iao.ru, gordeev@iao.ru*

Приводятся результаты эксперимента по компенсации случайных начальных искажений волнового фронта по сигналу обратного атмосферного рассеяния от дополнительного лазерного источника с использованием метода апертурного зондирования. В системе использовалась соосная схема приемо-передатчика с большой передающей и малой приемной апертурами. Контроль качества коррекции оценивался с использованием датчика Шэка–Гартмана, а также по распределению интенсивности в конце трассы распространения. Показано, что в ходе работы установки уровень введенных искусственно аберраций основного пучка снижался, повышалось качество фокусировки, а сигнал на приемнике излучения от дополнительного источника возрастал.

## **МАКЕТ АДАПТИВНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КОРРЕКЦИИ ТУРБУЛЕНТНЫХ ФЛУКТУАЦИЙ С ПРОГНОЗИРУЮЩИМ АЛГОРИТМОМ**

**Л.А. Больбасова<sup>1,2</sup>, А.Н. Грицута<sup>1,2</sup>, В.В. Лавринов<sup>1</sup>, В.П. Лукин<sup>1</sup>,  
Е.А. Копылов<sup>1</sup>, А.А. Селин<sup>1</sup>, Е.Л. Соин<sup>1,2</sup>**

*<sup>1</sup>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия  
e-mail: sla@iao.ru, gan@iao.ru, lvv@iao.ru, lukin@iao.ru, kea@iao.ru*

Рассмотрена проблема эффективности адаптивной фазовой коррекции турбулентных флуктуаций оптического излучения в атмосфере. Предложено использование методы прогноза для повышения быстродействия адаптивной оптической системы. Создан макет адаптивной оптической системы на базе малого телескопа Meade. Основным элементом является разработанный датчик волнового фронта Шэка–Гартмана, обеспечивающий измерение фазовых искажений, уровня атмосферной турбулентности и скорости поперечного ветра в канале распространения излучения. При этом позволяет выполнять замену микролинзового раstra с различным фокусным расстоянием, в результате обеспечивая работу системы в различных турбулентных условиях. В докладе будут представлены результаты работы системы адаптивной оптики с прогнозирующим алгоритмом на горизонтальной атмосферной трассе.

## **БЫСТРОЕ ВЫЧИСЛЕНИЕ ИНДИКАТРИС РАССЕЯНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ ОБЛАЧНОСТИ И ТУМАНОВ С ПОМОЩЬЮ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

**А.В. Заковряшин<sup>1,2</sup>, С.М. Пригарин<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>*Новосибирский государственный университет, Россия*

<sup>2</sup>*Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,*

*г. Новосибирск, Россия*

*e-mail: andrey.z.1993@mail.ru, sergeim.prigarin@gmail.com*

Данная работа посвящена разработке программного обеспечения, позволяющего рассчитывать индикатрисы рассеяния оптического излучения в полидисперсных средах, состоящих из сферических частиц, на основе теории рассеяния Ми и осуществлять компьютерную визуализацию таких явлений как радуги, глории и венцы. Для увеличения скорости расчета индикатрис рассеяния используется специальный прием, позволяющий существенно ускорить интегрирование по радиусу рассеивающих частиц. С помощью разработанного программного обеспечения был проведен подробный анализ индикатрис рассеяния для большого числа известных моделей облачности и туманов, а также построены компьютерные изображения характерных для рассмотренных моделей оптических явлений (радуг, глорий и венцов).

## **КОРРЕКТОР ВОЛНОВОГО ФРОНТА**

**Л.В. Антошкин, А.Г. Борзилов, В.В. Лавринов,  
Л.Н. Лавринова, И.М. Цороев**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

*e-mail: lant@iao.ru, lvv@iao.ru, lnl@iao.ru*

Представлен оптический дефлектор, предназначенный для управления углами наклона оптических лучей в адаптивных оптических системах и стабилизации положения изображения на входной апертуре системы. Дефлектор содержит электронный блок управления, работающий с цифровыми и аналоговыми входными сигналами и исполнительное устройство, созданное на основе пьезокерамических актюаторов и плоского зеркала. Особые конструктивные решения исполнительного устройства обеспечивают сохранение плоскостности зеркала во всем диапазоне углов коррекции, а электронная система демпфирования подавляет вибрации зеркала при импульсном управляющем сигнале. Система адаптивной оптики с описанным дефлектором может быть применима в астрономических телескопах, в наземных системах видения в турбулентной атмосфере и лазерного сканирования.

## **ВЛИЯНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ НА ТОЧНОСТЬ РЕКОНСТРУКЦИИ ВОЛНОВОГО ФРОНТА, ИСКАЖЕННОГО АТМОСФЕРНОЙ ТУРБУЛЕНТНОСТЬЮ**

**М.А. Кучеренко, В.В. Лавринов, Л.Н. Лавринова**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

*e-mail: xardthis@mail.ru, lvv@iao.ru, lnl@iao.ru*

Особенностью систем адаптивной оптики (АО) является то, что измерения, управление и коррекция искажений оптического излучения должны производиться в реальном масштабе времени. Это обеспечивается введением в оптоэлектронную систему (ОЭС) таких элементов, как датчик волнового фронта, корректор искажений волнового фронта и система обработки данных для восстановления волнового фронта из измерений и вычисления управляющих воздействий для корректора. Основным искажающим фактором для большинства ОЭС считается атмосферная турбулентность. Поэтому системы АО для атмосферных приложений разрабатываются индивидуально с учетом турбулентных характеристик атмосферы в точке стояния телескопа. В данной работе проводится анализ влияния оптических элементов адаптивной оптики на точность реконструкции волнового фронта.

## ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ АДАПТИВНЫХ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ТРАСС

А.А. Селин, В.В. Лавринов

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*  
*e-mail: selinanton28@gmail.com, lvv@iao.ru*

Представлены конструктивные особенности и результаты работы систем адаптивной оптики базирующихся на телескопах малого диаметра и функционирующих на горизонтальных трассах, результаты измерения параметров атмосферной турбулентности в ходе работы на этих системах. Рассмотрены особенности построения систем видения и систем фокусировки лазерного излучения для телескопов малого диаметра, использовавшихся на горизонтальных трассах с сильными флуктуациями показателя преломления.

## ВЛИЯНИЕ УЧЕТА КОРРЕЛЯЦИИ ВОЛНЕНИЙ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОХОЖДЕНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ ЧЕРЕЗ СЛУЧАЙНО НЕРОВНУЮ ФРЕНЕЛЕВСКУЮ ПОВЕРХНОСТЬ

В.П. Будак, А.В. Гримайло

*Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва, Россия*  
*e-mail: BudakVP@gmail.com, GrimailoAV@gmail.com*

Работа посвящена исследованию влияния учета корреляции волнений при моделировании случайно-неровной поверхности (СНП). Для построения СНП используется метод моделирования однородных полей на основе спектрального представления с экспоненциальной корреляционной функцией. Приведены результаты расчета прохождения излучения через СНП в виде изображений, полученных на расположенном за СНП экране. Полученные данные показывают, что коррелированная случайно-неровная френелевская поверхность может воздействовать на световые лучи подобно оптической линзе (эффект статистической линзы).

## ОПТИМАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ СВЕТОВОЙ ПУЛИ В БЕССЕЛЬ-ГАУССОВОМ ПУЧКЕ ФЕМТОСЕКУНДНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Е.Д. Залозная

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Томск, Россия*  
*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Россия*  
*e-mail: ed.zaloznaya@physics.msu.ru*

Численно исследовано влияние остроты аксиконной фокусировки на сценарий формирования высокоинтенсивной световой пули в фемтосекундном лазерном излучении среднего ИК-диапазона. Выделены различные режимы филаментации в зависимости от соотношения между длиной самофокусировки излучения и фокусным расстоянием аксикона. Определено оптимальное отношение характерных длин процесса филаментации излучения, сфокусированного аксиконном, для эффективного переноса энергии высокой плотности.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛАМБЕРТОВСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ В СЛАБО РАССЕИВАЮЩЕЙ СРЕДЕ

В.А. Кан<sup>1,2</sup>, А.А. Сущенко<sup>1,2</sup>, Е.Р. Лю<sup>2</sup>, П.А. Ворновских<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Институт прикладной математики ДВО РАН, г. Владивосток, Россия*  
<sup>2</sup>*Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия*  
*e-mail: kan.va@inbox.ru, sushchenko.aa@dvfu.ru, elizavetarobertovna@gmail.com,*  
*vornovskikh\_pa@students.dvfu.ru*

На основе модели, описывающей процесс переноса излучения в случайно-неоднородной среде, исследована задача определения донной поверхности в приближении однократного рассеяния и импульсного источника. При этом отражающие свойства искомой границы подчиняются закону Ламберта. В результате получено решение обратной задачи в виде нелинейного дифференциального уравнения для функции кривой, описывающей донный профиль. Разработан алгоритм решения обратной задачи на основе явных и неявных численных схем. Используя синтетические данные, проведены вычислительные эксперименты, сравнивающие два подхода решения задачи. Сделан анализ влияния объемного рассеяния на восстановление поверхности дна при разных методах решения нелинейного дифференциального уравнения.

## АНАЛИЗ ТЕЧЕНИЯ В ДИФФУЗИОННОМ ПЛАМЕНИ ПО ДАННЫМ ИК-ТЕРМОГРАФИИ

Е.Л. Лобода<sup>1,2</sup>, О.В. Матвиенко<sup>1</sup>, М.В. Агафонцев<sup>1,2</sup>, В.В. Рейно<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия

<sup>2</sup>Институт оптики атмосферы СО РАН им. В.Е. Зуева, г. Томск, Россия

e-mail: loboda@mail.tsu.ru, matvoleyv@mail.ru, kim75mva@gmail.com, reyno@iao.ru

Представлены результаты экспериментального исследования перемещения газообразных продуктов в пламени, образующемся при горении некоторых жидких углеводородов. Произведен анализ структуры течения в пламени, образующемся при горении ряда жидких углеводородных топлив. Предложено выделять 7 участков пламени с характерными значениями турбулентного числа Рейнольдса, где реализуются различные режимы течения.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПУЛЬСАЦИЙ ДАВЛЕНИЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОРЕНИЯ ЖИДКИХ ТОПЛИВ

Е.Л. Лобода<sup>1,2</sup>, М.В. Агафонцев<sup>1,2</sup>, А.С. Климентьев<sup>1</sup>, В.В. Рейно<sup>2</sup>, Ю.А. Лобода<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия

<sup>2</sup>Институт оптики атмосферы СО РАН им. В.Е. Зуева, г. Томск, Россия

e-mail: loboda@mail.tsu.ru, kim75mva@gmail.com, reyno@iao.ru

Представлены результаты экспериментальных исследований диффузионного горения ряда жидких топлив при наличии пульсаций внешнего давления с малой амплитудой. Установлено, что пульсации внешнего давления приводят к увеличению скорости сгорания топлива при росте высоты пламени и усилению интенсивности изменения характеристик турбулентности в пламени.

## ДИСКРЕТНАЯ ТЕОРИЯ ПЕРЕНОСА ИЗЛУЧЕНИЯ В СИСТЕМЕ «АТМОСФЕРА – ОКЕАН»

В.П. Афанасьев, А.Ю. Басов, В.П. Будак, Д.С. Ефременко, А.А. Кохановский

Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва, Россия

Германский центр авиации и космонавтики (DLR),

Институт технологий дистанционного зондирования (IMF), Оберпфaffenхофен, Германия

Vitrociset Belgium SPRL, Дармштадт, Германия

e-mail: v.af@mail.ru, BasovAlY@mpei.ru; budakvp@gmail.ru,

efremenkods@gmail.com, a.kokhanovsky@vitrocisetbelgium.com

Анализируется текущее состояние дискретной теории переноса излучения в системе «атмосфера – океан». Рассмотрены одномерная и трехмерная модель. Показано, что дискретная теория дает единственное решение для одномерной задачи. Все приближенные решения основаны на методе синтетических итераций, малоугловом приближении, матрично-операторном методе.

## ВЛИЯНИЕ АТМОСФЕРНЫХ УСЛОВИЙ И ХАРАКТЕРА СКАНИРУЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ

М.А. Алтынцев, В.Г. Сальников, Е.А. Попп

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Россия

e-mail: mnbcv@mail.ru, salnikov@ssga.ru, popp.ekaterina@yandex.ru

Технология лазерного сканирования в настоящее время активно применяется при геодезической съемке территорий. Данная технология зарекомендовала себя для решения таких задач, как трехмерное моделирование, составление топографических планов, определение деформаций сооружений. Немаловажным вопросом при обработке данных лазерного сканирования является анализ итоговой точности. На точность влияют как технические характеристики определенной модели лазерного сканера, внешние атмосферные условия в момент съемки, так и характер объекта сканирования, его цвет, текстура, ориентация в пространстве. Сканирование определенных видов объектов при неблагоприятных условиях может привести к большим значениям ошибок из-за различных шумовых составляющих лазерного сигнала. Среди технических характеристик съемочной системы наибольший вклад вносят значение длины волны лазерного пучка и его расходимость. Для достижения максимальной точности нужно выполнять совместный анализ всех технических характеристик

и источников ошибок с целью принятия решения о выборе оптимальной модели лазерной сканирующей системе и времени съемки. В статье приводится анализ различных факторов, влияющих на точность результатов лазерного сканирования, на примере различных наборов данных системы мобильного лазерного сканирования Riegl VMX-250.

## **ВРЕМЕННАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ КОЭФФИЦИЕНТОВ КАЛИБРОВОЧНЫХ ФУНКЦИЙ В ТРАДИЦИОННОМ ЧИСТО ВРАЩАТЕЛЬНОМ РАМАНОВСКОМ ЛИДАРНОМ МЕТОДЕ**

**В.В. Герасимов<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

<sup>2</sup>*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия*  
*e-mail: gvvsnake@mail.ru*

Анализируется устойчивость во времени коэффициентов пяти нелинейных калибровочных функций, используемых для восстановления вертикальных профилей температуры тропосферы (3–9 км) из сигналов чисто вращательных Рамановских (ЧВР) лидаров. Устойчивость коэффициентов исследуется на примере ночных профилей температуры, полученных 6, 7 и 8 апреля 2015 г. с помощью ЧВР-лидара, разработанного в ИМКЭС СО РАН (г. Томск). С помощью сравнительного анализа ошибок калибровки определена калибровочная функция, восстанавливающая температуру тропосферы с наименьшими ошибками за рассматриваемый трехдневный период измерений.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ КОГЕРЕНТНОСТИ ВИХРЕВОГО ЛАЗЕРНОГО ПУЧКА НА ЛОКАЦИОННОЙ ТРАССЕ В ТУРБУЛЕНТНОЙ АТМОСФЕРЕ МЕТОДАМИ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

**Д.С. Рычков**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*  
*e-mail: dsr@iao.ru*

Методами численного моделирования проведены исследования пространственной когерентности отраженной волны вихревого лазерного пучка, распространяющегося на локационной трассе в турбулентной атмосфере. Рассмотрен случай зеркальной мишени. Расчеты выполнены для различных начальных параметров пучка, радиуса мишени и турбулентных условий на трассе. Полученные результаты сравниваются с известными результатами для гауссова пучка, плоской и сферической волн.

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ШУМОВ НА КАЧЕСТВО ИЗОБРАЖЕНИЯ В ЦИФРОВОЙ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ**

**А.Ю. Давыдова<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия*

<sup>2</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*  
*e-mail: starinshikova@mail.ru*

Рассмотрены искажения, вносимые влиянием волн, распространяющихся от мнимого изображения, на действительное изображение частицы, восстановленной с осевой цифровой голограммы (двойниковое изображение), и спекл-шумом. Показано, что искажения, вносимые двойниковым изображением, понижают качество изображения на 13–75% по граничному перепаду. Спекл-шумы оказывают соизмеримое влияние на качество изображения. Приведенные численные эксперименты позволяют определить условие регистрации цифровых голограмм, при которых зашумленное изображение пригодно для определения характеристик частиц.

## СРАВНЕНИЕ ТОЧНОСТИ МЕТОДОВ РЕГИСТРАЦИИ ОПТИЧЕСКИХ ВИХРЕЙ

Ф.Ю. Канев, В.П. Аксенов, И.Д. Веретехин

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

*e-mail: tna@iao.ru, avp@iao.ru*

Рассматриваются четыре метода регистрации оптических вихрей.

1. Метод, в котором вихри определяются как точки ветвления полос интерференционной картины.
2. Вихри находятся в результате вычисления циркуляции локальных наклонов волнового фронта (при наличии вихря циркуляция должна быть равна  $\pm 2\pi$ ).
3. По пересечению изолиний в распределении действительной и мнимой части комплексной амплитуды волнового фронта.
4. Как точки окончания разрывов фазовой поверхности. В численных экспериментах демонстрируется, что наибольшая точность наблюдается при использовании второго и третьего методов. В тоже время, наиболее простая экспериментальная реализация характерна для метода № 1.

## ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕГО МАСШТАБА ТУРБУЛЕНТНОСТИ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ АКУСТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ДВИЖУЩЕЙСЯ ТУРБУЛЕНТНОЙ АТМОСФЕРЕ

В.В. Белов<sup>1</sup>, Ю.Б. Буркатовская<sup>2</sup>, Н.П. Красненко<sup>3,5</sup>, Л.Г. Шаманаева<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

<sup>2</sup>*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия*

<sup>3</sup>*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия*

<sup>4</sup>*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия*

<sup>5</sup>*Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Россия*

*e-mail: belov@iao.ru, krasnenko@imces.ru, sima@iao.ru*

Методом Монте-Карло решена задача о вертикальном распространении звука в плоско-стратифицированном 500-м слое движущейся турбулентной атмосферы. Получены количественные оценки интенсивности прошедшего излучения при разных внешних масштабах турбулентности с учетом ветровой рефракции звука.

## ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕНОСА СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НАД ВЗВОЛНОВАННОЙ МОРСКОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ С УЧЕТОМ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ ЭФФЕКТОВ

Т.В. Русскова<sup>1</sup>, К.А. Шмирко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

<sup>2</sup>*Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия*

*e-mail: btv@iao.ru, sasha\_tvo@iao.ru*

Представлены результаты моделирования переноса поляризованного солнечного излучения методом Монте-Карло с использованием пакета MCPOLART (Monte Carlo POLARised Radiatve Transfer model) в сферической модели атмосферы с взволнованной морской поверхностью. Матрицы отражения света от морской поверхности рассчитываются двумя способами – с помощью модели Кокса–Манка и модели, описанной в работе М. Mishchenko и L. Travis (1997). Анализируются различия в значениях параметров вектора Стокса, обусловленные использованием разных моделей. Обсуждаются особенности угловых зависимостей компонент вектора Стокса при различных оптических параметрах среды, условиях освещения и наблюдения. Работа выполнена при финансовой поддержке РФ (грант № 19-77-10022) и Министерства образования и науки РФ.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ АДАПТИВНЫХ ЗЕРКАЛ ДЛЯ КОРРЕКЦИИ ФАЗЫ ЛАЗЕРНОГО ПУЧКА, ПРОШЕДШЕГО ЧЕРЕЗ ВОЗДУШНУЮ ТРАССУ**

**В.К. Благоднаров, А.А. Верещагин, М.А. Глухов, Д.Е. Гук, М.О. Колтыгин,  
Р.С. Кузин, Ф.А. Стариков, Р.А. Шнягин**

*РФЯЦ-ВНИИЭФ, Институт лазерно-физических исследований, г. Саров, Россия  
e-mail: oefitova@otd13.vniief.ru*

Проведено расчетно-теоретическое исследование по определению необходимого количества толкателей адаптивного зеркала для задачи коррекции фазовых искажений, приобретаемых лазерным пучком при прохождении через воздушную трассу. С помощью датчика волнового фронта Шэка–Гартмана зарегистрирована серия волновых фронтов излучения, прошедшего через воздушную трассу. Экспериментально определены функции отклика толкателей 107 и 203 элементных адаптивных зеркал. Численное моделирование проводилось с учетом динамического диапазона адаптивных зеркал. Установлено, что из-за ограниченного динамического диапазона 203 элементное адаптивное зеркало не подходит для коррекции зарегистрированных аберраций, а посредством адаптивного зеркала со 107 толкателями возможно получение скорректированного пучка с числом Штреля  $St = 0,65$ .

## **АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА КОРРЕКЦИИ НАКЛОНОВ ВОЛНОВОГО ФРОНТА С УПРАВЛЕНИЕМ НА БАЗЕ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕГО МИКРОКОНТРОЛЛЕРА**

**Ф.А. Стариков, С.В. Хохлов, Р.А. Шнягин**

*РФЯЦ-ВНИИЭФ, Институт лазерно-физических исследований, г. Саров, Россия  
e-mail: oefitova@otd13.vniief.ru*

Представлены результаты экспериментальных работ по созданию адаптивной оптической системы, работающей в замкнутом цикле, предназначенной для коррекции наклонов волнового фронта лазерного излучения. Был разработан электронный блок в состав, которого включен быстродействующий микроконтроллер, осуществляющий управление пьезоэлектрическими толкателями корректора наклонов с помощью стохастического параллельного градиентного алгоритма. Приводятся результаты экспериментов по динамической коррекции наклонов волнового фронта при ширине полосы системы 2 кГц. Измерены основные характеристики адаптивной системы, работающей в замкнутом цикле, обозначены ее основные недостатки, предложены способы, повышающие ее эффективность.

## **ФОКУСИРОВКА МНОГОКАНАЛЬНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ОПТИЧЕСКИ-НЕОДНОРОДНОЙ СРЕДЕ: ФАЗИРОВКА НА ВЫХОДЕ ИЛИ В ПЕТЛЕ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ**

**М.В. Волков<sup>1,2</sup>, О.А. Кузиков<sup>1,2</sup>, Ф.А. Стариков<sup>1,2</sup>**

*<sup>1</sup>РФЯЦ-ВНИИЭФ, Институт лазерно-физических исследований, г. Саров, Россия  
<sup>2</sup>Саровский физико-технический институт НИЯУ МИФИ, г. Саров, Россия  
e-mail: oefitova@otd13.vniief.ru*

Проведены численные исследования эффективности фокусировки многоканального лазерного излучения в оптически-неоднородной среде при его фазировке на выходе системы и в петле обратной связи на основе стохастического параллельного градиентного алгоритма. Исследована эффективность фокусировки в зависимости от отношения параметра Фрида к размеру субапертуры.

## ФАЗОВАЯ КОРРЕКЦИЯ ЛАЗЕРНОГО ПУЧКА В АДАПТИВНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ С КОНЕЧНЫМ ПРОСТРАНСТВЕННЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ

М.В. Волков<sup>1,2</sup>, В.А. Богачев<sup>1</sup>, Ф.А. Стариков<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>РФЯЦ-ВНИИЭФ, Институт лазерно-физических исследований, г. Саров, Россия

<sup>2</sup>Саровский физико-технический институт НИЯУ МИФИ, Россия  
e-mail: oefimova@otd13.vniief.ru

Проведены численные исследования фазовой коррекции лазерного пучка в турбулентной атмосфере адаптивной оптической системой (АОС) с датчиком волнового фронта (ДВФ) Шэка–Гартмана. Получены критерии эффективности коррекции в зависимости от пространственного разрешения адаптивного зеркала и ДВФ для различных параметров Фрида.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ФАЗОВОЙ КОРРЕКЦИИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В АДАПТИВНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ С КОНЕЧНЫМ БЫСТРОДЕЙСТВИЕМ

М.В. Волков<sup>1,2</sup>, Ф.А. Стариков<sup>1,2</sup>, Р.А. Шнягин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>РФЯЦ-ВНИИЭФ, Институт лазерно-физических исследований, г. Саров, Россия

<sup>2</sup>Саровский физико-технический институт НИЯУ МИФИ, Россия  
e-mail: oefimova@otd13.vniief.ru

Работа посвящена исследованию динамической фазовой коррекции искаженного атмосферной турбулентностью лазерного пучка в адаптивной оптической системе (АОС) с датчиком волнового фронта (ДВФ) Шэка–Гартмана. Динамические фазовые искажения лазерного пучка, прошедшего слой с колмогоровской турбулентностью, моделировались на основе фазово-спектрального метода формирования случайно-неоднородного поля и модели авторегрессии со скользящим средним. Получены критерии эффективности динамической адаптивной фазовой коррекции лазерного пучка, прошедшего слой турбулентной атмосферы. Определена связь пространственного разрешения адаптивного зеркала и ширины полосы АОС.

## ДИНАМИЧЕСКАЯ ФАЗИРОВКА ИЗЛУЧЕНИЯ 7-КАНАЛЬНОГО ОПТОВОЛОКОННОГО ЛАЗЕРА ПРИ ШИРИНЕ ПОЛОСЫ 450 кГц

М.В. Волков<sup>1,2</sup>, С.Г. Гаранин<sup>1</sup>, Т.И. Козлова<sup>1</sup>, М.И. Коновальцов<sup>1</sup>, А.В. Копалкин<sup>1</sup>, Р.С. Лебедев<sup>1</sup>, Ф.А. Стариков<sup>1,2</sup>, О.Л. Течко<sup>1</sup>, С.В. Тютин<sup>1</sup>, С.В. Хохлов<sup>1</sup>, В.С. Цыкин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>РФЯЦ-ВНИИЭФ, Институт лазерно-физических исследований, г. Саров, Россия

<sup>2</sup>Саровский физико-технический институт НИЯУ МИФИ, Россия  
e-mail: oefimova@otd13.vniief.ru

Представлены результаты экспериментальных исследований эффективности фазировки излучения, прошедшего среду с турбулентностью с характерным временным масштабом  $\tau_{turb}$ , от времени фазировки  $\tau_{ph}$  при ширине полосы системы до 450 кГц.

## НАБЛЮДЕНИЯ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ АДАПТИВНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С РЭЛЕЕВСКОЙ ЛАЗЕРНОЙ ЗВЕЗДОЙ

В.А. Богачев, А.А. Верещагин, М.В. Волков, С.Г. Гаранин, М.А. Глухов, Д.Е. Гук, М.О. Колтыгин, А.В. Копалкин, Р.С. Кузин, С.М. Куликов, Ф.А. Стариков

РФЯЦ-ВНИИЭФ, Институт лазерно-физических исследований, г. Саров, Россия

e-mail: oefimova@otd13.vniief.ru

Представлены результаты повышения разрешающей способности системы визуализации естественных звезд с использованием рэлеевской лазерной опорной звезды. Проведена численная оценка величины остаточной фазовой ошибки адаптивной коррекции при различном положении лазерной опорной звезды.

## ВИДЕОЦИФРОВЫЕ ИЗМЕРИТЕЛИ ПОПЕРЕЧНОЙ КОМПОНЕНТЫ СКОРОСТИ ВЕТРА

А.Л. Афанасьев<sup>1</sup>, В.А. Банах<sup>1</sup>, Д.А. Маракасов<sup>1</sup>, В.А. Аксенов<sup>2</sup>, А.А. Топорков<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

<sup>2</sup>Сибирский филиал ФКУ НПО «СТУС» МВД России, г. Новосибирск, Россия

<sup>3</sup>АО «Новосибирский приборостроительный завод», Россия

e-mail: afanasiev@iao.ru, mda@iao.ru, sibfilial@yandex.ru, topor.a.a@gmail.com

Представлены два макета видеоцифровых измерителей интегральной вдоль трассы поперечной скорости ветра. В макете «ПОИ», изготовленном в ИОА СО РАН, реализована схема параллельной синхронной регистрации изображений удаленного топографического объекта с помощью двух приемных объективов и двух скоростных видеокамер. В макете «Ветромер», изготовленном в АО «Новосибирский приборостроительный завод» совместно с ИОА, изображения двух объективов оптически сводятся на приемную матрицу одной видеокамеры. Представлены результаты параллельных оценок скорости ветра двумя приборами. Прокомментированы особенности каждой схемы измерений.

## РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ БИМОРФНОГО ДЕФОРМИРУЕМОГО ЗЕРКАЛА С МАЛОЙ АПЕРТУРОЙ ДЛЯ КОРРЕКЦИИ НИЗШИХ АБЕРРАЦИЙ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

В.В. Топоровский<sup>1,2</sup>, Ю.В. Шелдакова<sup>1</sup>, В.В. Самаркин<sup>1</sup>, А.В. Кудряшов<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Институт динамики геосфер РАН, г. Москва, Россия

<sup>2</sup>Московский политехнический университет, Россия

e-mail: topor@activeoptics.ru, sheldakova@nightn.ru, samarkin@activeoptics.ru, kud@activeoptics.ru

Создано биморфное деформируемое зеркало для коррекции низших аббераций лазерного излучения. При разработке этого корректора волнового фронта были использованы две технологии: лазерная гравировка для нанесения сетки электродов на поверхность пьезокерамического элемента и технология ультразвуковой сварки для создания контакта между проводами и пьезодиском. Зеркало имеет апертуру 10 мм и 13 управляющих электродов. Толщина зеркала составила 1 мм. Диапазон управляющих напряжений зеркала принимает значения от  $-150$  до  $+200$  В. Максимальное перемещение поверхности зеркала под действием одного электрода составила  $0,8$  мкм (P-V). Частота первого резонанса была найдена на значении  $10,8$  кГц, подобное зеркало может быть использовано в адаптивной замкнутой системе со скоростью работы порядка  $1,1$  кГц.

## НАГРЕВ ОБЪЕКТОВ ЛАЗЕРНЫМ ПУЧКОМ ЧЕРЕЗ ТУРБУЛЕНТНУЮ АТМОСФЕРУ

В.В. Колосов

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

e-mail: kvv@iao.ru

На основе численного моделирования изучается процесс нагрева объекта при облучении его поверхности лазерным пучком. Предполагается, что объект удален от источника излучения на дистанцию, на которой происходят существенные турбулентные искажения лазерного пучка. Предложен новый численный алгоритм решения уравнения теплопроводности для расчета изменения температуры внутри тела при флуктуирующем распределении интенсивности излучения на его поверхности. Численный алгоритм базируется на спектральном подходе с использованием быстрого преобразования Фурье (БПФ).

## ЗАВИСИМОСТЬ ПЛОТНОСТИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ТУРБУЛЕНТНЫХ ФЛУКТУАЦИЙ ОРБИТАЛЬНОГО УГЛОВОГО МОМЕНТА ЛАЗЕРНОГО ПУЧКА ОТ РАЗМЕРА ПРИЕМНОЙ АПЕРТУРЫ

В.П. Аксенов<sup>1</sup>, В.В. Колосов<sup>1</sup>, Г.А. Филимонов<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

<sup>2</sup>University of Dayton, School of Engineering, Intelligent Optics Laboratory, Dayton, USA

e-mail: avp@iao.ru, kvv@iao.ru, fga@iao.ru

На основе численного моделирования изучаются законы распределения флуктуаций орбитального углового момента (ОУМ) лаггерр-гауссова лазерного пучка, распространяющегося в турбулентной атмосфере. Исследуется трансформация плотностей вероятностей флуктуаций ОУМ при изменениях исходной величины ОУМ, турбулентных и дифракционных условий распространения, размера приемной апертуры. Показано, что это распределение хорошо аппроксимируется с помощью разложения Эджворта.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПРОИЗВОДНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ И СКОРОСТИ В ГОРНОМ ТУРБУЛЕНТНОМ ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ

**В.В. Носов, В.П. Лукин, Е.В. Носов, А.В. Торгаев**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: nosov@iao.ru*

Представлены новые результаты измерений вертикальной производной средней температуры и средней скорости горизонтального ветра турбулентной атмосферы в горном пограничном слое. Измерения были проведены в июле–августе 2019 г. в горном районе Саянской солнечной обсерватории (ССО) Института солнечно-земной физики СО РАН. Эти измерения являются продолжением предыдущих исследований авторов статьи, посвященных экспериментальному изучению пространственных производных средних характеристик атмосферной турбулентности над территориями горных обсерваторий. Для измерений использован новый мобильный аппаратно-программный ультразвуковой комплекс АМК-03-4, разработанный для измерения статистических характеристик различных метеополей в турбулентной атмосфере и их пространственных производных. В работе предложен новый усовершенствованный алгоритм определения и устранения систематических ошибок при вычислении производных из полученных экспериментальных данных.

## ИЗМЕНЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЛНОВОГО ФРОНТА С ВЫСОТОЙ В МЕСТЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ БАЙКАЛЬСКОЙ АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

**П.Г. Ковадло<sup>1</sup>, А.В. Киселев<sup>1</sup>, Д.Ю. Колобов<sup>1</sup>, В.П. Лукин<sup>2</sup>,  
И.В. Русских<sup>1</sup>, А.Ю. Шиховцев<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск, Россия  
<sup>2</sup>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: kovadlo2006@rambler.ru, lukin@iao.ru, Ashikhovtsev@iszf.irk.ru*

Рассчитаны вертикальные профили структурной характеристики флуктуаций показателя преломления воздуха для низких значений *seeing* для Байкальской астрофизической обсерватории. Анализируются изменения радиуса Фрида с высотой в дневное и ночное время.

## АНАЛИЗ ФЛУКТУАЦИЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ЛАЗЕРНОГО ПУЧКА, ПЕРЕСЕКАЮЩЕГО ЗАКРУЧЕННОЕ ПЛАМЯ

**М.В. Шерстобитов, В.М. Сазанович, Р.Ш. Цвык**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: shmike@iao.ru, sazanovich@iao.ru, tsvyk@iao.ru*

В лабораторном масштабе генерировалось закрученное пламя, имитировавшее огненный смерч. Три приемника, равноотстоящие по горизонтали, освещались лазерным пучком пересекающим пламя. Рассчитывались спектральные функции временных флуктуаций интенсивности лазерного пучка на нескольких высотах. Проводился анализ формы спектральных функций временных флуктуаций интенсивности лазерного пучка, пересекающего пламя. Для упомянутых функций установлено пространственное распределение рассчитанных параметров.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК ОПТИЧЕСКОЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ В НОЧНОЕ ВРЕМЯ ДЛЯ БАЙКАЛЬСКОЙ АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

**А.В. Киселев, П.Г. Ковадло, В.П. Лукин,  
И.В. Русских, А.Ю. Шиховцев**

*<sup>1</sup>Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск, Россия  
<sup>2</sup>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: kiselev@iszf.irk.ru, Kovadlo2006@rambler.ru, lukin@iao.ru,  
vanekrus@iszf.irk.ru, Ashikhovtsev@iszf.irk.ru*

Приведены данные оценки смещений изображений, рассчитанных по изменениям распределения интенсивности в поперечных сечениях звездных треков.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК ФУНКЦИИ ПОДОБИЯ В ГОРНОМ ТУРБУЛЕНТНОМ ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ

**В.В. Носов, В.П. Лукин, Е.В. Носов, А.В. Торгаев**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*  
*e-mail: nosov@iao.ru*

Представлены новые результаты измерений характеристик универсальной функции подобия. В теории подобия Монина–Обухова этой функцией (в зависимости от значения ее аргумента – числа Монина–Обухова) задается тип температурной стратификации турбулентной атмосферы. Представлены экспериментальные коэффициенты в асимптотических зависимостях функции  $\phi(\zeta\sigma)$  соответственно для областей неустойчивой и устойчивой стратификаций. Наши измерения подтверждают вид функции подобия, сформулированный для нее в традиционной теории подобия Монина–Обухова. Зарегистрированные нами отличия коэффициентов при одинаковых степенных зависимостях (соответствующих устойчивой и неустойчивой стратификациям) находятся в рамках погрешностей измерений. Выполненные в настоящей работе комплексные исследования функции подобия (на основе данных наших измерений 2018–2019 гг.), можно рассматривать как новый значимый результат в теории подобия Монина–Обухова.

## IMAGE PROCESSING FOR ATMOSPHERIC TURBULENCE CORRECTION AND CROSSWIND RESTORE

**V.V. Dudorov, A.S. Nasonova, S.O. Shestakov**

*V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, Tomsk, Russia*  
*e-mail: dvv@iao.ru, an.s.eremina@gmail.com, styopashestakov@yandex.ru*

We present the optical observation system, which allows the correction of atmospheric turbulence distortions and restore the crosswind speed on the observation path. One of the key elements of the system is software that allows us to process the video stream of images in real time with a frequency of up to 200 frames per second at a resolution of up to  $1024 \times 512$  pixels. The program is developed in C++ using the video camera Vimba API and Intel Math Kernel Library (Intel MKL) for performing mathematical operations with large matrices.

## НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛУНАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МАЛЫХ ОЧАГОВ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ

**Е.Л. Лобода<sup>1,2</sup>, Д.П. Касымов<sup>1,2</sup>, М.В. Агафонцев<sup>1,2</sup>, В.В. Рейно<sup>2</sup>, Е.В. Гордеев<sup>2</sup>,  
В.А. Тараканова<sup>1,2</sup>, П.С. Мартынов<sup>1,2</sup>, К.Е. Орлов<sup>1</sup>, К.В. Савин<sup>1</sup>, А.И. Дутов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия*

<sup>2</sup>*Институт оптики атмосферы СО РАН им. В.Е. Зуева, г. Томск, Россия*

*e-mail: loboda@mail.tsu.ru, denkasymov@gmail.com, kim75mva@gmail.com, reyno@iao.ru,  
gordeev@iao.ru, veronika.tarakanova@mail.ru, falits@iao.ru, martypavel@bk.ru*

В мире ежегодно происходит большое количество разнообразных природных пожаров. Последствия природных пожаров не ограничиваются уничтожением растительного мира, но еще включают в себя выброс в атмосферу огромного количества продуктов горения (газов и аэрозолей). В настоящей работе представлены результаты полунатурных экспериментальных исследований полевого пожара, а также движения его фронта. В результате проведения измерений были получены и проанализированы основные характеристики во фронте пожара: скорость движения, спектр изменения температуры относительная и абсолютная влажность. Показано усиление интенсивности температурной и ветровой турбулентности за счет наведенной энергии пожара.

## ВЕКОВЫЕ СПЕКТРЫ ФЛУКТУАЦИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ В АТМОСФЕРНОМ ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ ГОРОДОВ ЦИМЛЯНСКА И ТОМСКА

**В.В. Носов, В.П. Лукин, Е.В. Носов, А.В. Торгаев**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*  
*e-mail: nosov@iao.ru, lukin@iao.ru, nev@iao.ru, torgaev@iao.ru*

Представлены новые результаты построения временного частотного спектра флуктуаций температуры воздуха для расширенного временного диапазона от мезометеорологического до внутривекового интервала для г. Цимлянска за 67 полных лет наблюдений лет (1952–2018 гг.) и от микрометеорологического до внутривекового интервала для г. Томска за 138 полных лет наблюдений (1881–2018 гг.). Спектры составлены из смежных интервалов, в качестве источников данных для которых использованы: I) базы данных ежедневных измерений температуры воздуха и количества осадков; II) базы данных восьмисрочных наблюдений

за основными метеорологическими параметрами; III) собственные данные измерений флуктуаций температуры воздуха с применением ультразвуковой метеосистемы АМК-03. Спектр для г. Цимлянска составлен из интервалов I и II, для г. Томска – I, II и III. Диапазон временных частот спектра для г. Цимлянска:  $4,7 \cdot 10^{-10}$  Гц –  $4,6 \cdot 10^{-5}$  Гц, для г. Томска:  $2,3 \cdot 10^{-10}$  Гц –  $8 \cdot 10^1$  Гц. Результаты проведенных исследований подтверждают известный из литературы вид спектра флуктуаций температуры.

### **АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ДВУКРАТНОГО ОТРАЖЕНИЯ НА ПОСТРОЕНИЕ БАТИМЕТРИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ СЛУЧАЙНО-ЗАДАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ**

**Е.Р. Лю<sup>1</sup>, А.А. Сущенко<sup>1,2</sup>, В.А. Кан<sup>1,2</sup>, П.А. Ворновских<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>*Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия*

<sup>2</sup>*Институт прикладной математики ДВО РАН, г. Владивосток, Россия*

*e-mail: liu.er@students.dvfu.ru, sushchenko.aa@dvfu.ru, kan.va@inbox.ru, vornovskikh\_pa@dvfu.ru*

Распространение излучения в океане описывается математической моделью, основанной на уравнении переноса излучения. Решение прямой задачи, заключающейся в определении плотности потока энергии волны, было получено, учитывая однократное и двукратное рассеяния. Далее, рассматривается обратная задача определения батиметрической функции, описывающей рельеф морского дна. В качестве решения обратной задачи получено нелинейное дифференциальное уравнение с некоторыми допущениями на диаграмму направленности приемной антенны. Разработан численный алгоритм, и проведены вычислительные эксперименты со случайно-заданным дном, показывающие вклад двукратного рассеяния в восстановление морского дна.

### **НА ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМ АДАПТИВНОЙ ОПТИКИ В АСТРОНОМИИ**

**П.Г. Ковadlo<sup>1</sup>, В.П. Лукин<sup>2</sup>, А.Ю. Шиховцев<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск, Россия*

<sup>2</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

*e-mail: Ashikhovtsev@iszf.irk.ru, lukin@iao.ru, kovadlo2006@rambler.ru*

Работа посвящена обобщению цикла исследований астроклимата и систем адаптивной оптики, в том числе, для Крупного Солнечного Телескопа (КСТ-3). На основе накопленного опыта работы предложены рекомендации к адаптивной оптике КСТ-3.

### **ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В СВЕРХПРОВОДЯЩИХ МАГНИТАХ И ДРУГИХ ОБЪЕКТАХ КРИОГЕННОЙ ТЕХНИКИ**

**А.Ф. Бродников**

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

*e-mail: A.F.Brodnikov@inp.nsk.su*

Рассмотрены метод и измерительная установка, предназначенные для определения теплопроводности существующих и вновь создаваемых композиционных материалов, используемых в сверхпроводящих магнитах и на других объектах криогенной техники. Приведены результаты исследований температурной зависимости теплопроводности новых перспективных материалов на основе соединений гадолиния, бора, углеродных нанотрубок, РЕЕК при температуре 7...15 К.

### **ОСОБЕННОСТИ ЗОНАЛЬНОГО ПОДХОДА К РЕКОНСТРУКЦИИ ВОЛНОВОГО ФРОНТА ПО ИЗМЕРЕНИЯМ ДАТЧИКА ШЭКА–ГАРТМАНА**

**Д.В. Казаков, В.В. Лавринов, Л.Н. Лавринова**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

*e-mail: den-kazakov-1995@mail.ru, lvv@iao.ru, lnl@iao.ru*

В системах адаптивной оптики для получения высокоточного результата используется реконструкция волнового фронта по измерениям датчика волнового фронта Шэка–Гартмана на основе зональной идеологии. Зональный подход к реконструкции волнового фронта обладает хорошей способностью восстанавливать локальные детали по профилю фазовой поверхности. Это имеет значение при коррекции турбулентных искажений оптического излучения с помощью сегментированного зеркала, МЭМС и пространственного фазового модулятора. В данной работе подробно представлены особенности зонального подхода к реконструкции волнового фронта на основе измерений, полученных датчиком волнового фронта Шэка–Гартмана.

## ДИСПЕРСИОННОЕ РАСПЛЫВАНИЕ ФЕМТОСЕКУНДНОГО ИМПУЛЬСА В СМЕСИ СУХОЙ ВОЗДУХ – ПАРЫ ВОДЫ

П.А. Бабушкин<sup>1,2</sup>, А.В. Бурнашов<sup>1</sup>, А.Н. Иглакова<sup>1</sup>, Г.Г. Матвиенко<sup>1</sup>, В.К. Ошлаков<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия  
e-mail: bpa@iao.ru, bvaleksey@iao.ru, ian@iao.ru, matvienko@iao.ru, ovk@iao.ru

Представлены результаты измерения длительности фемтосекундного лазерного импульса, распространяющегося в смеси сухого воздуха и паров воды (атмосфере) на стометровой атмосферной трассе. В докладе также обсуждается модель учета влажности и показателя преломления многокомпонентной среды для оценки дисперсионного расплывания ультракороткого импульса в атмосфере.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПИКА УОР

И.А. Разенков

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: lidaroff@iao.ru

Несколько лет назад в ИОА СО РАН был разработан и применяется микроимпульсный аэрозольный турбулентный лидар. Принцип работы прибора основан на эффекте увеличения обратного рассеяния (УОР), когда при зондировании турбулентной атмосферы наблюдается рост сечения обратного рассеяния в малой области относительно угла  $\pi$ . После усреднения флуктуаций интенсивности рассеянного обратно излучения можно зафиксировать пик УОР, возникающий в результате когерентного сложения рассеянных частицами волн. Размер и амплитуда пика зависят от интенсивности турбулентности, длины трассы зондирования и размера лазерного пучка. В работе представлены результаты исследования пика УОР, которые позволяют выбрать оптимальные параметры лидарного приемо-передатчика.

## КОРРЕКЦИЯ ФАЗОВЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ТУРБУЛЕНТНЫХ ИСКАЖЕНИЙ ЛАЗЕРНОГО ЛУЧА С ЧАСТОТОЙ 1500 Гц

Ф.А. Стариков<sup>1</sup>, М.В. Волков<sup>1</sup>, В.А. Богачев<sup>1</sup>, А.А. Хлебников<sup>1</sup>, А.Л. Рукосуев<sup>2</sup>, А.Н. Никитин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский НИИ экспериментальной физики (РФЯЦ-ВНИИЭФ), г. Саров, Россия

<sup>2</sup>Институт динамики геосфер РАН им. академика М.А. Садовского, г. Москва, Россия  
e-mail: fstar@mail.ru, fstar@mail.ru, fstar@mail.ru, fstar@mail.ru, alru@nightn.ru, nikitin@activeoptics.ru

Эксперименты и численное моделирование фазовой коррекции турбулентных искажений лазерного пучка проводились с использованием адаптивной оптической системы с шириной полосы 1500 Гц. Было показано, что для эффективной коррекции ширина полосы пропускания адаптивной оптической системы должна быть на порядок больше, чем ширина полосы турбулентных искажений.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕНОСА ПОЛЯРИЗОВАННОГО СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ПЕРИСТОЙ ОБЛАЧНОСТИ С ХАОТИЧЕСКИ ОРИЕНТИРОВАННЫМИ ГЕКСАГОНАЛЬНЫМИ ЛЕДЯНЫМИ КРИСТАЛЛАМИ

Т.В. Русскова, А.В. Коношонкин

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: btv@iao.ru, sasha\_tvo@iao.ru

Представлены результаты расчетов параметров вектора Стокса в сферической модели атмосферы с перистой облачностью, представленной смесью хаотически ориентированных в пространстве гексагональных ледяных частиц. Эффекты многократного рассеяния света учитываются благодаря использованию метода Монте-Карло, лежащего в основе модели MCPOLART (Monte Carlo POLArized Radiative Transfer model). Обсуждаются особенности угловых зависимостей компонент вектора Стокса, полученных в различных условиях численного эксперимента. Анализируются оценки влияния поляризации света на интенсивность излучения в среде с хаотически ориентированными гексагональными ледяными кристаллами. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 20-35-70041) и Министерства образования и науки РФ.

# **КОНФЕРЕНЦИЯ С ИССЛЕДОВАНИЕ АТМОСФЕРЫ И ОКЕАНА ОПТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ**

## **ЗЕРКАЛЬНО-ЛИНЗОВАЯ СИСТЕМА ВИДЕОКАМЕРЫ ДЛЯ ПОДВОДНЫХ БЕСПИЛОТНЫХ АППАРАТОВ**

**М.П. Егоренко, В.С. Ефремов**

*Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Россия  
e-mail: e\_m\_p@mail.ru, ews49@mail.ru*

Рассмотрена трехканальная зеркально-линзовая система видеокамеры подводного минидрона, предназначенная заменить две и более оптических систем единой многоканальной (или многоспектральной) системой, выполненной из материала прозрачного в нескольких диапазонах спектра. Данная система предназначена для работы с многоканальным приемником излучения.

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ В РАЗНЫХ СПЕКТРАЛЬНЫХ ДИАПАЗОНАХ ДЛЯ ЗАДАЧИ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА**

**М.Л. Белов, А.М. Белов, В.А. Городничев, С.В. Альков**

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Россия  
e-mail: belov@bmstu.ru, ekomonit@bmstu.ru, gorod@bmstu.ru, alkov@bmstu.ru*

Проведен анализ возможности оптических датчиков для дистанционного контроля состояния растительности в видимом и ближнем ИК-диапазонах. Математическое моделирование с использованием спектральных библиотек коэффициентов отражения растительности показывает, что гиперспектральный сенсор с узкими спектральными каналами (или лазерный сенсор) позволяют с вероятностью правильного обнаружения близкой к 1 и вероятностью ложных тревог ~ сотых долей проводить обнаружение участков растительности, находящейся в неблагоприятных условиях, как в видимом и ближнем ИК-диапазонах (в области менее 1 мкм), так и в ближнем ИК-диапазоне в области более 1,4 мкм. Совместное использование данных в разных спектральных диапазонах позволит увеличить надежность измерений.

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СПЕКТРОВ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ РАСТЕНИЙ, НАХОДЯЩИХСЯ В НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ДЛЯ РАЗВИТИЯ УСЛОВИЯХ**

**Ю.В. Федотов, М.Л. Белов, Д.А. Кравцов, А.А. Черпакова, В.А. Городничев**

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Россия  
e-mail: fed@bmstu.ru, belov@bmstu.ru, ekomonit@bmstu.ru, ancher\_1@mail.ru, gorod@bmstu.ru*

Доклад посвящен экспериментальным исследованиям спектров лазерно-индуцированной флуоресценции растений, находящихся в неблагоприятных для развития условиях, для безопасной для зрения длины волны возбуждения флуоресценции 355 нм. Описана лабораторная установка и приведены результаты измерений спектров флуоресценции растений. Показано, что в спектральном диапазоне 670–750 нм анализ формы спектров флуоресценции позволяет обнаруживать растительность в условиях неблагоприятных для развития. Однако, для спектральной области 375–650 нм полученные данные не показывают устойчивой зависимости между интенсивностью флуоресценции и условиями, в которых находится растение.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ МНОГОЛЕТНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА АЭРОЗОЛЯ НАД ОЗЕРОМ БАЙКАЛ**

**Т.В. Ходжер, Л.П. Голобокова, Н.А. Онищук, О.И. Хуриганова**

*Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия  
e-mail: khodzher@lin.irk.ru, lg@lin.irk.ru, onischuk@lin.irk.ru, khuriganowa@lin.irk.ru*

Представлены результаты многолетних исследований (2010–2018 гг.) химического состава атмосферного аэрозоля над акваторией оз. Байкал во время теплого периода года. Показаны основные источники ионного и элементного состава аэрозоля в разных котловинах озера, пространственно-временная изменчивость по кот-

ловинам озера. Рассчитаны потоки из атмосферы при сухом осаждении на акваторию озера, показан рост поступления отдельных компонентов из атмосферы во время лесных пожаров. Оценены среднегодовые потоки азота и серы – основных кислотных компонентов на акваторию озера, в разные периоды наблюдений.

## **МНОГОЛЕТНЯЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПРОЗРАЧНОСТИ ВОДЫ В ПРИДУНАЙСКОМ РАЙОНЕ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ШЕЛЬФА ЧЕРНОГО МОРЯ В СВЯЗИ С ИЗМЕНЧИВОСТЬЮ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ**

**А.С. Кукушкин, С.А. Хорошун**

*ФИЦ Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, Россия  
e-mail: kukushkinas@mail.ru, khoroshun\_s@mail.ru*

Рассмотрена многолетняя изменчивость прозрачности воды в придунайском районе северо-западной части Черного моря. Получены количественные оценки связи значений прозрачности воды, объема стока Дуная, солености, осадков, температуры воздуха и индексов глобальных атмосферных процессов, определенных в периоды роста и спада солнечной активности.

## **СПЕЦИФИКА ВКЛАДА ЛЕСОВ В АТМОСФЕРНЫЙ CO<sub>2</sub>**

**Б.Г. Агеев<sup>1</sup>, В.А. Сапожникова<sup>1</sup>, А.Н. Груздев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

<sup>2</sup>*Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия  
e-mail: ageev@iao.ru, sapo@iao.ru, a.n.gruzdev@mail.ru*

Выполнен анализ погодичных распределений CO<sub>2</sub> в газовых пробах, извлеченных под вакуумом из древесины годовых колец спилов ряда хвойных деревьев. Результаты указывают на то, что часть CO<sub>2</sub>, выделяемая лесными сообществами в атмосферу, может варьировать с периодом около 4 лет. Выполнен анализ опубликованных рядов атмосферного содержания CO<sub>2</sub>, в которых выявлены вариации с близкими периодами.

## **РОЛЬ АПВЕЛЛИНГА В ТРАНСПОРТЕ МУНИЦИПАЛЬНЫХ СТОЧНЫХ ВОД В ПРИБРЕЖНОЙ ЧАСТИ КРЫМА ПО ДАННЫМ ГИДРООПТИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ**

**П.Д. Ломакин, А.А. Чепыженко**

*ФИЦ Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, Россия  
e-mail: p\_lomakin@mail.ru, annachep87@yandex.ru*

На основе мониторинга *in situ* полей общего взвешенного, растворенного органического вещества и термохалинной структуры в прибрежной части Гераклейского полуострова в ситуации ветрового стога выявлены основные закономерности трансформации загрязненных сточных вод, проявляемых в полях гидрооптических характеристик в условиях развития интенсивного апвеллинга.

## **ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ НЕПРОМЫШЛЕННЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ РАЙОНАХ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА**

**О.Г. Нецветаева, Н.А. Онищук, И.И. Маринайте,  
Н.А. Жученко, Т.В. Ходжер**

*Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия  
e-mail: r431@lin.irk.ru, onischuk@lin.irk.ru, marin@lin.irk.ru,  
zhna@lin.irk.ru, khodzher@lin.irk.ru*

Представлены результаты исследования химического состава снежного покрова в Байкальском регионе. Проведено сравнение данных по Байкало-Ленскому заповеднику (фоновая территория) с данными, полученными в промышленных городах Иркутской обл. (гг. Иркутск, Ангарск, Шелехов) и в районах, не подверженных прямому влиянию воздушных выбросов крупных промышленных предприятий. Показано, что по концентрациям большинства компонентов химический состав снежного покрова в заповеднике может служить фоновой характеристикой для всего Байкальского региона.

## ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФИТОПЛАНКТОНА В ПРИБРЕЖНЫХ ВОДАХ ЧЕРНОГО МОРЯ (РАЙОН СЕВАСТОПОЛЯ)

Т.В. Ефимова, Т.Я. Чурилова, Н.А. Моисеева, Е.Ю. Скороход

ФИЦ Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь, Россия  
e-mail: [tefimova@ibss-ras.ru](mailto:tefimova@ibss-ras.ru), [tanya.churilova@ibss-ras.ru](mailto:tanya.churilova@ibss-ras.ru), [nataliya-moiseeva@yandex.ru](mailto:nataliya-moiseeva@yandex.ru),  
[elenaskorokhod@ibss-ras.ru](mailto:elenaskorokhod@ibss-ras.ru)

В годовом цикле развития фитопланктона наибольшие значения максимального квантового выхода фотосинтеза и наименьшие величины интенсивности света, насыщающей электронный транспорт в фотосинтетическом аппарате фитопланктона, наблюдали в холодный период года, характеризующийся низкой солнечной инсоляцией. Наименьшие значения максимального квантового выхода фотосинтеза и наибольшие величины насыщающей интенсивности света отмечены в летний период, характеризующийся высокой солнечной инсоляцией. Достоверных различий по величинам максимального квантового выхода и интенсивности света, насыщающей электронный транспорт, в градиенте тропности вод не выявлено. Полученные сезонные особенности фотосинтетических характеристик фитопланктона будут использованы в моделировании первичной продукции прибрежных вод на основе данных дистанционного зондирования Земли из космоса.

## ОПЕРАТИВНЫЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ НЕПРЕРЫВНОЙ ИНФОРМАЦИИ О ТЕРМОХАЛИННОЙ СТРУКТУРЕ АЗОВСКОГО МОРЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АССИМИЛЯЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ДАННЫХ ЦВЕТОВЫХ СКАНЕРОВ СПУТНИКОВ MODIS

Т.Я. Шульга, В.В. Суслин

ФИЦ Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, Россия  
e-mail: [shulgaty@mail.ru](mailto:shulgaty@mail.ru), [slava.suslin@mhi-ras.ru](mailto:slava.suslin@mhi-ras.ru)

Предложен метод основанный на применении статистических моделей и математических процедур для получения регулярной информации о температуре и солености Азовского моря в форме карт их вертикального и поверхностного распределения. Используемый инструментарий включает в себя наборы *in situ* измерений температуры и солености за 1913–2012 гг., данные спутников Aqua- и Terra-MODIS, регулярно проходящих над Азовским морем, а также результаты трехмерного гидродинамического моделирования с использованием модели *Princeton Ocean Model*, дополненной соответствующие математическими процедурами. Показана возможность оперативного восстановления значений солености на основании регрессионной статистики по биоптическим характеристикам  $R_{RS}(531)/R_{RS}(488)$  и  $b_{bp}(555)$ , полученным по данным спутниковых измерений в видимом диапазоне спектра, которые характеризуют соответственно суммарное поглощение света и его рассеяние частицами взвеси в верхнем слое воды.

## СЕЗОННАЯ И МЕЖГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ АЭРОЗОЛЬНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ТОЛЩИ АТМОСФЕРЫ В 2011–2019 гг. В БАРЕНЦБУРГЕ (ШПИЦБЕРГЕН)

С.М. Сакерин<sup>1</sup>, Д.М. Кабанов<sup>1</sup>, И.А. Круглинский<sup>1,2</sup>, К.Е. Лубо-Лесниченко<sup>3</sup>,  
В.Ф. Радионов<sup>3</sup>, О.Р. Сидорова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия

<sup>3</sup>Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург, Россия  
e-mail: [sms@iao.ru](mailto:sms@iao.ru), [dkab@iao.ru](mailto:dkab@iao.ru), [ikruglinsky@yandex.ru](mailto:ikruglinsky@yandex.ru), [k-lubo@yandex.ru](mailto:k-lubo@yandex.ru),  
[vradi@aari.ru](mailto:vradi@aari.ru), [olsid@aari.ru](mailto:olsid@aari.ru)

Обсуждаются результаты анализа сезонной и межгодовой изменчивости аэрозольной оптической толщи (АОТ) атмосферы по данным наблюдений в 2011–2019 гг. на полярной ст. Баренцбург (арх. Шпицберген). Среднее многолетнее значение АОТ (0,5 мкм) составило 0,091, показателя Ангстрема – 1,28. В сезонном ходе АОТ, в сравнении с предшествующим периодом, отмечено появление летнего максимума, обусловленного участвовавшими выносами дымов лесных пожаров из бореальной зоны.

## **ВАРИАЦИИ ОПТИЧЕСКИХ И МИКРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ В ЭКСПЕДИЦИЯХ «ТРАНСАРКТИКА-2019»**

**С.М. Сакерин<sup>1</sup>, Д.М. Кабанов<sup>1</sup>, В.В. Польшкин<sup>1</sup>, А.О. Почуфаров<sup>1</sup>, В.Ф. Радионов<sup>2</sup>, Д.Д. Ризе<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

*<sup>2</sup>Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург, Россия  
e-mail: sms@iao.ru, dkab@iao.ru, victor@iao.ru, poa216@iao.ru, vradion@aari.ru, denis94@yandex.ru*

Обсуждаются результаты исследований аэрозольной оптической толщи (АОТ) атмосферы, концентраций аэрозоля и сажи над Северным Ледовитым океаном и Дальневосточными морями в экспедициях «Трансарктика-2019» на НЭС «Академик Трешников» и «Профессор Мультановский». Отмечается, что средние характеристики аэрозоля (особенно АОТ) летом 2019 г. над Арктическими и Дальневосточными морями были выше многолетних данных из-за выноса дымов от массовых лесных пожаров в Сибири.

## **ВЗАИМОСВЯЗИ ХАРАКТЕРИСТИК АЭРОЗОЛЬНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ТОЛЩИ АТМОСФЕРЫ И ФАКТОРА АСИММЕТРИИ ИНДИКАТРИСЫ АЭРОЗОЛЬНОГО РАССЕЯНИЯ В СИТУАЦИЯХ ДЫМОВ И ОБЫЧНЫХ УСЛОВИЯХ В РАЙОНЕ ТОМСКА**

**Д.М. Кабанов, С.М. Сакерин, Ю.С. Турчинович**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

*e-mail: dkab@iao.ru, sms@iao.ru, tus@iao.ru*

В работе, на основе результатов измерений спектрофотометра CE-318 (AERONET) в районе г. Томска, рассмотрено влияние дымов лесных пожаров на фактор асимметрии индикатрисы аэрозольного рассеяния (ASY) и взаимосвязь ASY с характеристиками аэрозольной оптической толщи атмосферы (АОТ). Предложены соотношения, позволяющие оценить ASY по показателю селективности спектрального хода АОТ.

## **МЕТОДЫ И СРЕДСТВА МОНИТОРИНГА *IN SITU* РАСТВОРЕННЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ВОДНОЙ СРЕДЕ**

**А.А. Чепыженко, П.Д. Ломакин, А.И. Чепыженко**

*ФИЦ Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, Россия*

*e-mail: annacher87@yandex.ru, p\_lomakin@mail.ru, ecodevice@yandex.ru*

Представлен новый флуоресцентный измеритель растворенных нефтепродуктов в водной среде. Рассмотрены составляющие погрешности и представлены результаты измерений в приповерхностном слое Севастопольской бухты (Крым).

## **МЕЖГОДОВАЯ ЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ГИДРООПТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ УЧАСТКОВ АКВАТОРИИ ТЕЛЕЦКОГО ОЗЕРА**

**И.А. Суторихин, А.А. Коломейцев, С.А. Литвиненко**

*Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия*

*e-mail: sia@iwep.ru, kolomeycev@iwep.ru, gsa@iwep.ru*

Приведен сравнительный анализ данных натуральных измерений спектральной прозрачности воды в диапазоне 400–800 нм на разных глубинах для ряда участков акватории Телецкого озера в период устойчивой летней температурной стратификации по глубине. Летние экспедиции проводились в 2016–2019 гг. с использованием теплохода-лаборатории ИВЭП СО РАН. Показана динамика изменения относительной прозрачности по белому диску в разные годы на участках акватории озера. На основе полученных результатов проведено ранжирование участков акватории озера по уровню антропогенного и естественного воздействия со стороны водосбора.

**ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГИДРООПТИЧЕСКОЙ  
СТРУКТУРЫ ВОД В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ ВЕСНОЙ 2019 г.  
ПО ДАННЫМ КОНТАКТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ  
НА НИС «ПРОФЕССОР ВОДЯНИЦКИЙ»**

**А.А. Латушкин, Ю.В. Артамонов, Е.А. Скрипалева,  
А.В. Федирко, О.Б. Кудинов**

*ФИЦ Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, Россия  
e-mail: sevsalat@gmail.com, artam-ant@yandex.ru, sea-ant@yandex.ru,  
vault102@gmail.com, bk91@mail.ru*

Представлены результаты гидролого-гидрооптических измерений, выполненных весной 2019 г. в северной части Черного моря у берегов Крыма и Кавказа. Показано, что максимальные значения концентрации общего взвешенного вещества наблюдались у берегов Керченского п-ова и в Феодосийском заливе, что было связано с вдольбереговым переносом Основным черноморским течением низкосолёных и мутных азовоморских вод из Керченского пролива. Минимумы концентрации общего взвешенного вещества прослеживались у южной границы полигона в области циклонического круговорота, выявленного по данным съёмки, и в юго-западной части полигона, где был зафиксирован циклонический меандр. В вертикальной структуре концентрации общего взвешенного вещества в верхнем 200-метровом слое прослеживались несколько максимумов, глубина залегания которых связана с особенностями циркуляции и термохалинной структуры вод.

**ИЗМЕРЕНИЯ СТРАТОСФЕРНОГО СОДЕРЖАНИЯ ДВУОКСИ АЗОТА  
ПО РАССЕЙАННОМУ ИЗ ЗЕНИТА СОЛНЕЧНОМУ ИЗЛУЧЕНИЮ  
В ИНСТИТУТЕ ФИЗИКИ АТМОСФЕРЫ им. А.М. ОБУХОВА РАН  
(ОБЗОР РЕЗУЛЬТАТОВ)**

**А.Н. Груздев, А.С. Елохов**

*Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия  
e-mail: a.n.gruzdev@mail.ru, elokhov@mail.ru*

Приводятся результаты спектрометрических измерений стратосферного содержания  $\text{NO}_2$  по рассеянному из зенита солнечному излучению в Антарктике, Атлантике и, в течение 30 лет, на Звенигородской научной станции, входящей в международную сеть NDACC. Используемый метод позволяет восстанавливать вертикальное распределение  $\text{NO}_2$  и по нему определять общее содержание  $\text{NO}_2$  в стратосферном столбе. Представлены особенности широтного распределения  $\text{NO}_2$ . Получены характеристики изменений стратосферного содержания  $\text{NO}_2$  на разных временных масштабах от суточного до многолетнего под действием различных природных факторов. Приводятся оценки долговременных трендов  $\text{NO}_2$  на Звенигородской станции.

**РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО КОМПАКТНОГО  
ИК-ЛИДАРА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ПОГЛОЩЕНИЯ  
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТАНА В АТМОСФЕРЕ**

**О.А. Романовский, С.А. Садовников, С.В. Яковлев, А.И. Надеев,  
Н.Г. Зайцев, А.В. Невзоров, А.А. Невзоров, Е.В. Гордеев, О.В. Харченко,  
Н.Е. Россомахина, Н.С. Кравцова, Д.А. Тужилкин**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: roa@iao.ru, sadsa@iao.ru, ysv@iao.ru, nadeev@iao.ru, ZaicevNG@iao.ru,  
nevzorov@iao.ru, naa@iao.ru, gordeev@iao.ru, olya@iao.ru, rossomahina96@mail.ru,  
kravtsova@iao.ru, dmitry-88@mail.ru*

Представлена концепция бортового ИК-лидара дифференциального поглощения для исследования метана в атмосфере (в частности, в российском секторе Арктики). Приводится описание основных узлов и элементов приемопередающей части ИК-лидара. Приведены результаты расчета информативных длин волн зондирования метана для полярных широт.

## ОБРАБОТКА ДАННЫХ ЛИДАРНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ МАЛЫХ ГАЗОВЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ АТМОСФЕРЫ

**А.А. Невзоров, О.А. Романовский, С.А. Садовников, О.В. Харченко, С.В. Яковлев**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*  
*e-mail: naa@iao.ru, roa@iao.ru, sadsa@iao.ru, olya@iao.ru, ysv@iao.ru*

Разработан программный комплекс для обработки данных лидарного газоанализа атмосферы. В блоках записи данных лидарного зондирования и восстановления профилей концентраций малых газовых составляющих атмосферы реализована визуализация эхо-сигналов и результатов восстановления в различных режимах. Проведена обработка данных лидарного зондирования атмосферы и восстановление профиля концентрации метана. В качестве примера представлены результаты восстановления профиля концентрации метана с использованием лидарных данных, зарегистрированных в г. Томск.

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ДАННЫХ СО СПУТНИКОВ MetOp И Aura НА ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПРОФИЛЕЙ ОЗОНА СИБИРСКОЙ ЛИДАРНОЙ СТАНЦИИ

**А.А. Невзоров, А.В. Невзоров, Ю.В. Гриднев, А.П. Макеев, О.А. Романовский, О.В. Харченко**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*  
*e-mail: naa@iao.ru, nevzorov@iao.ru, yuri@iao.ru, map@iao.ru, roa@iao.ru, olya@iao.ru*

Представлено сопоставление сезонных вертикальных профилей озона лидарного комплекса дифференциального поглощения Сибирской лидарной станции (СЛС) в верхней тропосфере – стратосфере, полученных с использованием вертикального распределения температуры по данным метеорологических спутников Aura, MetOp и модели ИОА. Проведен анализ и оценка влияния реальной температуры на поведение восстановленных профилей озона по лидарным измерениям 2018 и 2019 гг.

## СЕЗОННАЯ И МЕЖГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОНЦЕНТРАЦИЙ АЭРОЗОЛЯ И САЖИ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ БАРЕНЦБУРГА (ШПИЦБЕРГЕН, 2011–2019 гг.)

**Д.Г. Чернов<sup>1</sup>, В.С. Козлов<sup>1</sup>, К.Е. Лубо-Лесниченко<sup>2</sup>, В.Ф. Радионов<sup>2</sup>,  
С.М. Сакерин<sup>1</sup>, О.Р. Сидорова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

<sup>2</sup>*Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург, Россия*  
*e-mail: chernov@iao.ru, vkozlov@iao.ru, k-lubo@yandex.ru, vradion@aari.ru, sms@iao.ru, olsid@aari.ru*

Обсуждаются особенности сезонной и межгодовой изменчивости концентраций аэрозоля и сажи в приземном слое атмосферы на полярной ст. Баренцбург (арх. Шпицберген) в 2011–2019 гг. Среднее многолетнее значение концентрации аэрозоля составило  $7,1 \text{ см}^{-3}$ , концентрации сажи  $120 \text{ нг/м}^3$ . В сезонном ходе концентрации аэрозоля наблюдается максимум в марте–апреле и низкий уровень значений с июня по ноябрь; у концентраций сажи – максимумы в августе и апреле. Повышенные значения концентраций сажи (особенно в июле–октябре), в сравнении с другими полярными станциями, обусловлены влиянием местных антропогенных источников.

## МНОГОЛЕТНИЕ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ NO<sub>2</sub> В ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ ЗАПАДНОГО ПОДМОСКОВЬЯ

**А.Н. Груздев, А.С. Елохов**

*Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия*  
*e-mail: a.n.gruzdev@mail.ru, elokhov@mail.ru*

Приводятся результаты 30-летних спектрометрических измерений содержания NO<sub>2</sub> в пограничном слое атмосферы (ПСА) на Звенигородской научной станции Института физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН. Содержание NO<sub>2</sub> в ПСА определяется как нижняя часть вертикального профиля NO<sub>2</sub>, который восстанавливается по результатам измерений рассеянной из зенита солнечной радиации во время утренних и вечерних сумерек. Выявлены суточные и годовые вариации содержания NO<sub>2</sub> в ПСА. Обнаружено увеличение содержания NO<sub>2</sub> в ПСА после 2004 г. на 40–50% по сравнению с предшествующим 15-летним периодом. Изучена статистика загрязнений ПСА окислами азота. Выявлена определяющая роль московского мегаполиса в эпизодах сильного загрязнения ПСА на станции.

## ОПТИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЫМОВ ГОРЕНИЯ СИБИРСКОЙ ЛЕСНОЙ БИОМАССЫ В БОЛЬШОЙ АЭРОЗОЛЬНОЙ КАМЕРЕ

О.Б. Поповичева<sup>1</sup>, В.С. Козлов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>НИИ ядерной физики им. Скобельцина, МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

<sup>2</sup>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: olga.popovicheva@gmail.com, vkozlov@iao.ru

Способность аэрозолей горения воздействовать на климат и здоровье населения зависит от их оптических и физико-химических свойств. В Большой Аэрозольной Камере ИОА изучается многокомпонентный состав дымовых аэрозолей в условиях изменчивости фаз горения и длительной эволюции и старения в атмосфере. Комплексный анализ данных продемонстрировал определяющее воздействие температурного режима сгорания биомассы сосны сибирской и хвойного лесного опада на формирование и временную динамику всех характеристик дымов. В дымах тления частицы являются слабопоглощающими, смешанные дымовые содержат сильнопоглощающую микродисперсную компоненту частиц сажи. На основе морфологии и элементного состава группы сажи и органических частиц определены микромаркеры эмиссий в режимах открытого горения и тления.

## ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ АЭРОЗОЛЬНЫХ СЛОЕВ И ВОДЯНОГО ПАРА В ТРОПОСФЕРЕ

Г.П. Коханенко, Ю.С. Балин, М.Г. Клемашева, С.В. Насонов,  
М.М. Новоселов, И.Э. Пеннер, С.В. Самойлова

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: kokh@iao.ru, balin@iao.ru, marina@iao.ru, nsvtsk@gmail.com, novoselov@iao.ru,  
penner@iao.ru, ssv@seversk.tomsknet.ru

Приводятся данные комплексных экспериментов, включающих лидарное зондирование аэрозоля и данные радиозондов. Сравняется вертикальное расположение аэрозольных слоев и распределение водяного пара по данным радиозондов. В большинстве случаев аэрозоль наблюдается в слоях, характеризующихся повышенной удельной и относительной влажностью. Обсуждаются случаи несоответствия в положении слоев аэрозоля и слоев с высокой влажностью.

## ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕНОСА АЭРОЗОЛЕЙ ОБЛАКОМ ПРИЗЕМНОГО ВЗРЫВА

В.М. Хазинс, С.П. Соловьев

Институт динамики геосфер им. академика М.А. Садовского РАН, г. Москва, Россия  
e-mail: khazins@idg.chph.ras.ru, soloviev72007@yandex.ru

Одним из факторов, влияющим на прозрачность приземного слоя атмосферы, является его загрязнение выбросами микродисперсных частиц при взрывных работах на горнодобывающих карьерах. Для определения динамических характеристик аэрозольного облака от взрыва вблизи поверхности Земли была проведена серия газодинамических расчетов. Масса зарядов варьировалась в пределах от 1 до 1000 т ТНТ. Определены значения максимальной высоты подъема верхней кромки и максимальный горизонтальный размер облака в зависимости от энергии взрыва.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ НА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЛАМПЫ-ВСПЫШКИ ДЛЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ

Ю.В. Федотов<sup>1</sup>, М.Л. Белов<sup>1</sup>, А.В. Валиев<sup>2</sup>, А.И. Никонов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Россия

<sup>2</sup>ООО «ПТЕРО», г. Москва, Россия  
e-mail: fed@bmstu.ru, belov@bmstu.ru, a\_valiev@ptero.ru, antnik98@mail.ru

Доклад посвящен исследованию применения лампы вспышки для возбуждения флуоресценции нефтяных загрязнений, с целью их обнаружения на земной поверхности. Представлены, экспериментальные результаты по регистрации флуоресцентных изображений с использованием лампы-вспышки. Показана возможность обнаружения нефтяных загрязнений на земной поверхности с использованием лампы вспышки в качестве источника возбуждения флуоресценции.

## **ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПАУ В АТМОСФЕРЕ ЮЖНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ**

**И.И. Маринайте<sup>1</sup>, И.Э. Пеннер<sup>2</sup>, Т.В. Ходжер<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия*

<sup>2</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*  
*e-mail: marin@lin.irk.ru, penner@iao.ru, khodzher@lin.irk.ru*

В работе представлены данные по содержанию ПАУ в аэрозолях г. Иркутска и на побережье оз. Байкал (пос. Листвянка) в период с октября 2015 г. по март 2017 г. Выявлена сезонная и межгодовая динамика в распределении ПАУ в атмосферном воздухе городской и сельской местности. Проведен комплексный анализ погодных условий, синоптического состояния и данных высотного зондирования шар-зондами на анализируемой территории. Определены высокие корреляционные связи между температурой воздуха, атмосферным давлением, инверсиями и содержание ПАУ на двух станциях в Южном Прибайкалье.

## **ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ АТМОСФЕРЫ НАД АКВАТОРИЕЙ ОЗ. БАЙКАЛ ПАУ И РМ<sub>10</sub> В ПЕРИОД ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ ЛЕТОМ 2019 г.**

**И.И. Маринайте, В.Л. Потемкин, Т.В. Ходжер**

*Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия*  
*e-mail: marin@lin.irk.ru, klimat@lin.irk.ru, khodzher@lin.irk.ru*

Представлены временная и пространственная изменчивость опасных загрязнителей воздуха, таких как полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) и твердые частицы РМ<sub>10</sub> над поверхностью оз. Байкал в период лесных пожаров на севере Иркутской обл., Красноярского края и Якутии в июле 2019 г. фоновые значения определены вдоль западного и северо-восточного побережья озера. Повышенные концентрации обнаружены в районах подверженных антропогенному влиянию в акватория Южного Байкала у пос. Листвянка, г. Байкальска, г. Слюдянки. Максимальные количества зафиксированы в дымовых шлейфах от лесных пожаров вдоль восточного побережья озера от Среднего до Южного Байкала.

## **АККОМОДАЦИОННАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ФОТОФОРЕЗА АЭРОЗОЛЬНОЙ ЧАСТИЦЫ**

**В.Г. Черняк, Т.В. Сограби**

*Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина,*  
*г. Екатеринбург, Россия*  
*email: vladimir.chernyak@urfu.ru, timur.sograbi@urfu.ru*

Исследована роль взаимодействия молекул газа с поверхностью в фотофорезе сферической аэрозольной частицы в условиях свободномолекулярного режима. Получены выражения для силы фотофореза в случае произвольного характера взаимодействия «газ – поверхность» (ядра рассеяния). Проведены расчеты силы фотофореза с использованием различных известных моделей ядра рассеяния.

## **ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС СИБИРСКАЯ ЛИДАРНАЯ СТАНЦИЯ**

**А.В. Невзоров, С.И. Долгий, А.А. Невзоров, А.П. Макеев, О.В. Харченко**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*  
*e-mail: nevzorov@iao.ru*

Показан сформировавшийся к настоящему времени лидарный измерительный комплекс Сибирской лидарной станции. Приводится техническое описание основных блоков измерительного комплекса, представлена аппаратура и некоторые результаты измерений стратосферного аэрозоля, озона и температуры средней атмосферы.

**РЕФРАКТОМЕТРИЧЕСКАЯ ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА  
ВЗВЕШЕННЫХ И РАСТВОРЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ В ВОДНОЙ СРЕДЕ.  
МЕТОДЫ И СРЕДСТВА МОНИТОРИНГА *IN SITU***

**А.И. Чепыженко, А.А. Чепыженко**

*ФИЦ Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, Россия  
e-mail: ecodevice@yandex.ru, annacher87@yandex.ru*

Представлен дифференциальный призмный измеритель показателя преломления, оценены точностные характеристики и связь между параметрами среды.

**ИССЛЕДОВАНИЯ ФОНОВОГО И ВУЛКАНИЧЕСКОГО  
СТРАТОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ НА ОСНОВЕ ПОЛЯРИМЕТРИИ  
РАССЕЯННОЙ РАДИАЦИИ**

**О.С. Угольников, И.А. Маслов**

*Институт космических исследований РАН, г. Москва, Россия  
e-mail: ougolnikov@gmail.com, imaslov@iki.rssi.ru*

Проблема фоновое стратосферного аэрозоля является актуальной в настоящее время в связи с ростом его содержания в 2000-х гг., которое могло быть связано с антропогенными выбросами серосодержащих соединений в атмосферу. Позитивный тренд наблюдался с того момента, как стратосфера очистилась от продуктов выбросов вулкана Пинатубо в 1991 г. С другой стороны, тренд мог быть связан с более слабыми извержениями вулканов в начале XXI в. Вопрос о причинах мог быть решен на основе продолжающегося мониторинга стратосферного аэрозоля в вулканически-спокойные 2010-е гг. В работе предлагается метод определения вертикальной оптической толщины и высотного профиля стратосферного аэрозоля на основе поляризационных измерений фона сумеречного неба на длине волны 540 нм, проводимых в Подмоскowie с 2011 г. На основе измерений выявлено некоторое уменьшение количества аэрозоля в течение 9 последних лет, что указывает на вулканическую природу роста уровня аэрозоля в предшествующее десятилетие. Данные оказываются в хорошем согласии с аэростатными измерениями, которые также указывают на негативный тренд после 2010 гг.

**ПОРТАТИВНЫЙ МНОГОКАНАЛЬНЫЙ ГЕТЕРОДИННЫЙ  
СПЕКТРОРАДИОМЕТР ДЛЯ СИНХРОННОГО ИЗМЕРЕНИЯ  
ИНТЕГРАЛЬНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ CO<sub>2</sub> И CH<sub>4</sub>  
АТМОСФЕРЫ ЗЕМЛИ В БЛИЖНЕМ ИК-ДИАПАЗОНЕ**

**С.Г. Зеневич<sup>1,2</sup>, И.Ш. Газизов<sup>1,2</sup>, Д.В. Чурбанов<sup>1</sup>,  
М.В. Спиридонов<sup>1,3</sup>, А.В. Родин<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>*Московский физико-технический институт, г. Долгопрудный, Россия*

<sup>2</sup>*Институт космических исследований РАН, г. Москва, Россия*

<sup>3</sup>*Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, г. Москва, Россия*

*e-mail: zenevich09@mail.ru, gazizov.ish@phystech.edu, dmitrychurbanov@gmail.com,  
maxim.spiridonov@gmail.com, alexander.rodin@phystech.edu*

Представлено описание лазерного гетеродинного спектрорадиометра и основные положения метода гетеродинного приема сигнала. Спектрорадиометр высокого спектрального разрешения ( $\lambda/\delta\lambda = 10^7-10^8$ ) позволяет анализировать полностью разрешенный контур отдельной вращательной линии колебательно спектра в ближнем ИК-диапазоне и предназначен для измерения концентрации атмосферного CO<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub>. В работе сделан упор на реализацию многоканального режима гетеродинного приема сигнала и влияние такой конфигурации инструмента на его измерительные характеристики.

## СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК АЭРОЗОЛЯ НА ПОЛЯРНЫХ СТАНЦИЯХ «МЫС БАРАНОВА» И «БАРЕНЦБУРГ» В ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СЕЗОНЫ 2018–2019 гг.

Д.М. Кабанов<sup>1</sup>, В.С. Козлов<sup>1</sup>, И.А. Круглинский<sup>1,2</sup>, М.А. Лоскутова<sup>3</sup>, К.Е. Лубо-Лесниченко<sup>3</sup>,  
А.П. Макштас<sup>3</sup>, В.В. Мовчан<sup>3</sup>, В.Ф. Радионов<sup>3</sup>, С.М. Сакерин<sup>1</sup>, Д.Г. Чернов<sup>1</sup>, Ю.С. Турчинович<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

<sup>2</sup>*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия*

<sup>3</sup>*Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург, Россия*  
*e-mail: dkab@iao.ru, vkozlov@iao.ru, ikruglinsky@yandex.ru, sofoniba614@gmail.com,*  
*k-lubo@yandex.ru, maksh@aari.nw.ru, movvv@aari.ru, vradion@aari.ru, sms@iao.ru,*  
*chernov@iao.ru, tus@iao.ru*

Обсуждаются результаты измерений аэрозольной оптической толщи (АОТ) атмосферы, концентраций аэрозоля ( $N_a$ ) и сажи ( $M_{BC}$ ) в 2018–2019 гг. на двух арктических станциях – Баренцбург (арх. Шпицберген) и «Мыс Баранова» (Северная Земля). Средние характеристики аэрозоля на «Мысе Баранова» составили: в 2019 г. – АОТ (0,5 мкм) = 0,11,  $N_a = 5,24 \text{ см}^{-3}$ ,  $M_{BC} = 47 \text{ нг/м}^3$ ; в 2018 г. – АОТ (0,5 мкм) = 0,07,  $M_{BC} = 68 \text{ нг/м}^3$ . Характеристики аэрозоля в Баренцбурге, в среднем, имеют более высокие значения: в 2019 г. – АОТ (0,5 мкм) = 0,12,  $N_a = 6,09 \text{ см}^{-3}$ ,  $M_{BC} = 91 \text{ нг/м}^3$ ; в 2018 г. – АОТ (0,5 мкм) = 0,087,  $N_a = 6,54 \text{ см}^{-3}$ ,  $M_{BC} = 109 \text{ нг/м}^3$ .

## МОНИТОРИНГ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СНЕЖНОГО ПОКРОВА И ЕГО РОЛЬ В ЗАКИСЛЕНИИ ПРИТОКОВ ЮЖНОГО БАЙКАЛА

Л.М. Сороковикова, О.Г. Нецветаева, И.В. Томберг, Е.В. Моложникова

*Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия*

*e-mail: lara@lin.irk.ru, r431@lin.irk.ru, kaktus@lin.irk.ru, yelka@yandex.ru*

На основе гидрохимических данных за 1996–2019 гг. оценены изменения химического состава снеговых и речных вод юго-восточного побережья оз. Байкал, подвергающегося долговременному воздействию техногенных выбросов. Выявлены тренды роста концентраций отдельных ионов, являющихся трассерами выбросов предприятий целлюлозно-бумажной промышленности и ТЭЦ. Показано, что после закрытия БЦБК величина рН снеговых вод и устойчивость к кислотным компонентам речных вод продолжают снижаться.

## ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ВАРИАЦИЙ В МОДЕЛИ АТМОСФЕРЫ НА ПОГРЕШНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ МЕТАНА

С.А. Шишигин

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

Приводится анализ модели атмосферы, представленной в виде горизонтального однородного слоя толщиной 5000 м и двух однородных горизонтальных слоев всех возможных размеров составляющих первоначальный слой. Параметры слоев определены для стандартной атмосферы. Вклад в уходящее излучение атмосферы в исследуемых спектральных участках линии поглощения метана равен вкладам в уходящее излучение Земли всеми неоднородными слоями, их составляющими. Показано влияние ошибки задания температуры поверхности Земли и ее вертикального распределения в атмосфере на погрешность определения содержания метана в воздухе по уходящему ИК-излучению атмосферы.

## ПРИНЦИПАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ИЗОТОПОВ ВОДЫ $\text{H}_2^{17}\text{O}$ И $\text{H}_2^{18}\text{O}$ В НИЖНЕЙ АТМОСФЕРЕ

С.Ф. Баландин

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

*e-mail: bal@iao*

Стабильные изотопы, в первую очередь, водорода, кислорода, углерода дают возможность изучать изменение климата и окружающей среды на Земле на протяжении последних 65 млн. лет. Методика анализа изотопного состава основана на взятии проб воды и льда, что позволяет только получать локальные измерения, что существенно ограничивает объем регистрируемой информации. В данной работе впервые анализируются возможности дистанционного зондирования изотопов воды  $\text{H}_2^{17}\text{O}$  и  $\text{H}_2^{18}\text{O}$  на протяженных трассах с использованием метода газокорреляционной спектроскопии при использовании матричного приемника.

## **АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГОРОДОВ ЮЖНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ**

**Е.В. Моложникова, Н.А. Онищук, О.Г. Нецветаева, Т.Н. Урдаева**

*Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия  
e-mail: yelena@lin.irk.ru, onischuk@lin.irk.ru, r431@lin.irk.ru, shilova1977@mail.ru*

Исследуется взаимосвязь между уровнем загрязнения окружающей среды и заболеваемостью населения в промышленных центрах Южного Прибайкалья. Анализируется зависимость между осредненными данными наблюдений за химическим составом снежного покрова и заболеваемости в городах. Получено, что наибольшее количество заболеваний населения исследуемых городов связано с высокими концентрациями антропогенных примесей в снежном покрове. Выявлены зависимости между содержанием фторидов в снежном покрове и заболеваемостью населения болезнями кожи и подкожной клетчатки. Получена взаимосвязь между выбросами загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников и заболеваемостью органов дыхания.

## **ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА УГЛЕРОДА АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ НА АРХИПЕЛАГАХ ШПИЦБЕРГЕН И СЕВЕРНАЯ ЗЕМЛЯ**

**Г.В. Симонова<sup>1</sup>, Д.А. Калашникова<sup>1</sup>, Ю.С. Турчинович<sup>2</sup>, А.П. Макштас<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия*

<sup>2</sup>*Институт оптики атмосферы им. Зюева В.Е. СО РАН, г. Томск, Россия*

<sup>3</sup>*Арктический и антарктический научно-исследовательский институт,  
г. Санкт-Петербург, Россия*

*e-mail: galina\_simonova@inbox.ru, terrezaprk@mail.ru, tus@iao.ru*

Исследование изотопного состава углерода атмосферного аэрозоля в арктических зонах имеет большое значение для выявления источников происхождения сажевого углерода. В работе представлены результаты анализа изотопного состава углерода атмосферных аэрозолей архипелагов Северная Земля и Шпицберген. Выявлено утяжеление изотопного состава углерода в Баренцбурге по сравнению с «Ледовой базой «Мыс Баранова». Наибольший разброс значений изотопного состава углерода зафиксирован в Баренцбурге, что указывает на различные источники углерода. Согласно обратным траекториям движения воздушных масс перенос сажевых частиц в Баренцбург осуществлялся из Европы, России и из Северной Америки, а на «Ледовую базу «Мыс Баранова» в основном из континентальной части Красноярского края и республики Саха (Якутия).

## **ИЗМЕНЕНИЕ ПРОВОДИМОСТИ КОЖИ ПРИ СЛАБОМ НИЗКОЧАСТОТНОМ ИМПУЛЬСНОМ АКУСТИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ У ДЕТЕЙ С ТУБЕРКУЛЕЗОМ ЛЕГКИХ**

**И.А. Белякова<sup>1</sup>, О.В. Филинюк<sup>1</sup>, В.П. Мамышев<sup>2</sup>, О.Ю. Никифорова<sup>2</sup>,  
О.А. Джафарова<sup>3</sup>, Ю.Н. Пономарев<sup>2</sup>, А.Н. Байков<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Сибирский государственный медицинский университет, г. Томск, Россия*

<sup>2</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зюева СО РАН, г. Томск, Россия*

<sup>3</sup>*НИИ молекулярной биологии и биофизики, ФИЦ фундаментальной и трансляционной медицины,  
г. Новосибирск, Россия*

*e-mail: happylife4@mail.ru, filinyuk.olga@yandex.ru,.mvp78ioa@ioa.ru, nik@iao.ru,  
jafarova@nimbb.ru, yupon@iao.ru, baikov47@mail.ru*

Проведен анализ изменения кожно-гальванических реакций у детей с локальными формами туберкулеза легких с целью изучения влияния курсового физиовоздействия слабым низкочастотным импульсным звуком на состояние вегетативной нервной системы и эффективность адаптационных реакций. Обнаружены значимые изменения частоты спонтанных реакций при таком воздействии, что свидетельствует о влиянии физиовоздействия со стимуляцией системы виброрецепторов на адаптационную активность детского организма.

## КОГЕРЕНТНОЕ И НЕКОГЕРЕНТНОЕ РАССЕЯНИЕ СВЕТА В ОКРЕСТНОСТИ НАПРАВЛЕНИЯ РАССЕЯНИЯ НАЗАД НА ЧАСТИЦАХ ПЕРИСТЫХ ОБЛАКОВ

**Н.В. Кустова, В.А. Шишко, А.В. Коношонкин,  
Д.Н. Тимофеев, А.Г. Боровой**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: kustova@iao.ru, sva@iao.ru, sasha\_tvo@iao.ru, tdn@iao.ru, borovoi@iao.ru*

Представлены результаты численных расчетов интенсивности рассеянного света крупными случайно ориентированными частицами произвольных форм с плоскими гранями в конусе обратного рассеяния  $[170^\circ, 180^\circ]$ , выполненные в приближении физической оптики. Показано, что свет, рассеянный в направлении рассеяния назад, для одиночной крупной частицы произвольной формы разделяется на когерентную и некогерентную части, аналогично феномену хорошо известному в области многократного рассеяния. Для моделей кристаллических частиц произвольных форм используемых в данной работе, когерентная часть образует когерентный пик обратного рассеяния, чьи угловые размеры приближенно равны отношению длины волны падающего света к размеру частицы. Некогерентная часть близка к гладким геометрическим решениям.

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ МИКРОФИЗИКИ ПЕРИСТЫХ ОБЛАКОВ ИЗ ЛИДАР-РАДАРНОГО И ДЕПОЛЯРИЗАЦИОННОГО ОТНОШЕНИЙ

**А.Г. Боровой<sup>1</sup>, Wang Zhenzhu<sup>2</sup>, В.А. Шишко<sup>1</sup>, Н.В. Кустова<sup>1</sup>, А.В. Коношонкин<sup>1</sup>,  
Д.Н. Тимофеев<sup>1</sup>, Xie Chenbo<sup>2</sup>, Liu Dong<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*  
<sup>2</sup>*Anhui Institute of Optics and Fine Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Hefei, China*  
*e-mail: borovoi@iao.ru, zzwang@aiofm.ac.cn, sva@iao.ru, kustova@iao.ru,  
sasha\_tvo@iao.ru, tdn@iao.ru, cbxie@aiofm.ac.cn, dliu@aiofm.ac.cn*

Одновременное зондирование перистых облаков лидаром и радаром является перспективным методом восстановления формы и размеров ледяных кристаллов перистых облаков. Отношение коэффициентов обратного рассеяния лидаров и радаров называется лидар-радарным отношением. В данной работе впервые рассчитано лидар-радарное отношение в зависимости от формы и размеров кристаллов. Показано, что лидар-радарное отношение можно эффективно использовать для восстановления размеров кристаллов независимо от их формы, тогда как лидарное деполяризационное отношение позволяет восстанавливать формы кристаллов независимо от их размеров.

## РАСЧЕТ РАДАРНОГО СИГНАЛА, ОТРАЖЕННОГО ОТ ПЕРИСТОЙ ОБЛАЧНОСТИ, МЕТОДОМ ДИСКРЕТНЫХ ДИПОЛЕЙ

**В.А. Шишко, Д.Н. Тимофеев, Н.В. Кустова,  
А.В. Коношонкин, А.Г. Боровой**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: sva@iao.ru, tdn@iao.ru, kustova@iao.ru,  
sasha\_tvo@iao.ru, borovoi@iao.ru*

Представляется база данных матриц рассеяния микроволнового излучения для ледяных частиц перистых облаков. Расчеты выполнены для метеорологических радаров, работающих на частотах 35 и 94 ГГц. Расчет проводился для хаотически ориентированных ледяных частиц следующих форм: ледяные гексагональные пластинки и столбики, агрегаты, bullet-rossette, дроксталлы и частиц случайной формы. Размер частиц варьировался в диапазоне от 10 до 10000 мкм. Установлено, что не для всего спектра наблюдаемых в облаках ледяных кристаллов применима теория рассеяния Рэлея для указанных длин волн радара. Установлены конкретные пороговые значения размеров для каждой формы кристаллов. В дальнейшем полученные результаты будут применяться для интерпретации совместных радар-лидарных измерений.

## **ИЗМЕРЕНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО СОДЕРЖАНИЯ NO<sub>2</sub> В ТРОПОСФЕРЕ В МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**А.Н. Боровский<sup>1</sup>, О.В. Постыляков<sup>1</sup>, А.А. Кираснов<sup>2</sup>, Н.Ф. Еланский<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия*

<sup>2</sup>*Гидрометеорологический научно-исследовательский центр РФ, г. Москва, Россия*

*e-mail: alexander.n.borovski@gmail.com, oleg.postylyakov@gmail.com,*

*heu3becteh@mail.ru, n.f.elansky@mail.ru*

Для получения диагностических и прогностических оценок изменения состава атмосферы интенсивно разрабатываются методы его измерения и моделирование переноса химических веществ. Важной задачей является согласование параметров, используемых в химико-транспортных моделях (ХТМ), с экспериментальными результатами. В работе представлены предварительные результаты сравнения измеренного методом DOAS и смоделированного с использованием ХТМ Cosmo-ART-RU и SILAM интегрального содержания NO<sub>2</sub> на Звенигородской научной станции, расположенной в 38 км к западу от Москвы. Сравнение охватывает периоды, когда на Звенигородской научной станции наблюдались фоновые и загрязненные условия. В целом наблюдается хорошее соответствие между измеренными и смоделированными наборами данных.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 16-17-10275).

## **ОПТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СПУТНИКОВЫХ И ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ В ДНИ ПЫЛЕВЫХ ПЕРЕНОСОВ**

**Д.В. Калининская, А.С. Папкова**

*Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, Россия*

*e-mail: kalinskaya\_d\_v@mail.ru*

Проведен анализ данных аэрозольной оптической толщины, полученных посредством спутника CALIPSO и радиометра MODIS над западной частью Черноморского региона. Представлены результаты сравнения АОТ по данным CALIPSO и MODIS с натурными значениями АОТ фотометра SPM (Севастополь) и AERONET (Gloria) в период с 2016 по 2017 г.

## **МИКРОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИЗЕМНОГО АЭРОЗОЛЯ И ИХ СВЯЗЬ С МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ**

**А.А. Исаков**

*Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия*

*e-mail: A.A.Isakov@mail.ru*

Приведены результаты анализа полученных в 2003–2012 гг. на Звенигородской научной станции измерений спектрополяризметрических характеристик приземного аэрозоля. На основе этого анализа получены сведения об основных микрофизических характеристиках приземного аэрозоля: распределении частиц по размерам, показателе преломления вещества частиц и их конденсационной активности.

## **ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДАННЫХ ДЗЗ С МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ СПУТНИКОВ В ИССЛЕДОВАНИИ ЗЕМЛИ И СПОСОБЫ ИХ ПОЛУЧЕНИЯ**

**О.И. Государева**

*ГК СКАНЭКС, г. Москва, Россия*

*e-mail: gosudareva@scanex.ru*

Метод исследования земной поверхности и приземного слоя атмосферы, основанный на регистрации электромагнитного излучения приборами, установленными на спутниках, прочно вошел в нашу жизнь и становится все более актуальным. Наша компания длительное время занимается совершенствованием технологии приема данных ДЗЗ, обработкой и адаптацией полученной информации для исследований атмосферы, водной и земной поверхностям. Основным вопросом данной работы является вопрос соответствия получаемых физических характеристик объектов (концентраций, индексов, типов и прочее), рассчитанных на основе их оптических свойств.

## ОТНОШЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИЙ УГЛЕРОД – ХЛОРОФИЛЛ КАК НЕОБХОДИМЫЙ ПАРАМЕТР ДЛЯ ОЦЕНКИ БИОМАССЫ ФИТОПЛАНКТОНА ЧЕРНОГО МОРЯ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ

Л.В. Стельмах

*ФИЦ Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь, Россия  
e-mail: lustelm@mail.ru*

На основе регулярных исследований, выполненных впервые в прибрежных водах Черного моря в районе Севастополя и Южного берега Крыма в период с 2000 по 2010 г., проанализирована сезонная динамика отношения между органическим углеродом и хлорофиллом *a* (С/Хл *a*) в фитопланктоне поверхностного слоя (0–0,5 м). Максимальные значения этого показателя ( $234 \pm 139$ ) наблюдались летом, минимальные ( $56 \pm 23$ ) – зимой. Промежуточные величины С/Хл *a* отмечены весной и осенью. Основными причинами изменчивости данного отношения являются световой фактор, биогенные вещества, а также вариабельность таксономической структуры и размеров клеток фитопланктона. Полученные результаты следует учитывать при разработке региональных алгоритмов расчета С/Хл *a* отношения по спутниковым данным.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНФОРМАТИВНОЙ ГЛУБИНЫ ОБЩЕГО ВЗВЕШЕННОГО ВЕЩЕСТВА

А.И. Чепыженко, А.Е. Щодро, А.А. Чепыженко

*ФИЦ Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, Россия  
e-mail: ecodevice@yandex.ru, alexeug@hotmail.com, annachev87@yandex.ru*

Представлен алгоритм оценки информативной глубины и вертикально взвешенной концентрации взвеси учитывающий его вертикальное распределение.

## КРУПНОМАСШТАБНАЯ ДЫМНАЯ МГЛА. ДАЛЬНИЙ ПЕРЕНОС И ОПТИКО-МИКРОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЫМОВОГО АЭРОЗОЛЯ

Г.И. Горчаков<sup>1</sup>, А.В. Карпов<sup>1</sup>, Е.Г. Семутникова<sup>2</sup>, В.М. Копейкин<sup>1</sup>,  
Т.Я. Пономарева<sup>3</sup>, Р.А. Гушин<sup>1,4</sup>, О.И. Даценко<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>*Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия*

<sup>2</sup>*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, физический факультет, Россия*

<sup>3</sup>*Гидрометцентр России, г. Москва, Россия*

<sup>4</sup>*МИРЭА – Российский технологический университет, г. Москва, Россия*

Выполнено исследование оптических и микрофизических характеристик дымового аэрозоля, образующегося при массовых пожарах в бореальных лесах. На примере крупномасштабного переноса дымового аэрозоля на территории Северной Евразии летом 2016 г. получены оценки потоков дымового аэрозоля при дальнем переносе с использованием данных лидарного космического зондирования аэрозоля. Сопоставлены свойства дымового аэрозоля в Северной Евразии и Канаде.

## ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ КОМБИНИРОВАННОГО МЕТОДА ФОТОРЕГИСТРАЦИИ В УСЛОВИЯХ БОЛЬШОГО ДИНАМИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА ЛИДАРНЫХ СИГНАЛОВ

С.М. Бобровников<sup>1,2</sup>, В.И. Жарков<sup>1</sup>, Е.В. Горлов<sup>1</sup>, Н.Г. Зайцев<sup>1</sup>, А.И. Надеев<sup>1</sup>, Д.А. Трифонов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

<sup>2</sup>*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия  
e-mail: bsm@iao.ru, zharkov@iao.ru, ZaicevNG@iao.ru, nadeev@iao.ru, trifonov@iao.ru*

Проведена оценка применения комбинированного метода фоторегистрации лидарного сигнала на главном зеркале Сибирской лидарной станции. На скоростях счета 7 МГц и более, что соответствует высотному диапазону от приземного слоя до 26 км, наблюдаются просчеты, что приводит к появлению ошибок измерений. Обосновано использование комбинированного метода фоторегистрации лидарного сигнала с целью устранения ошибок измерений. Проведена оценка работы системы фоторегистрации, с целью выявления просчетов при разных интенсивностях сигналов.

## **ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ ТЕРРИТОРИИ г. МЕЖДУРЕЧЕНСК И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ СНЕГОВОГО ПОКРОВА (КЕМЕРОВСКАЯ ОБЛ.)**

**Н.А. Осипова<sup>1</sup>, А.В. Таловская<sup>1</sup>, Е.Г. Язиков<sup>1</sup>, К.Ю. Осипов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия*

<sup>2</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

*e-mail: osipova-nina@tpu.ru, talovskaya@yandex.ru,  
yazikov@tpu.ru, osipov@iao.ru*

Методом инструментального нейтронно-активационного анализа определено содержание 28 элементов в пробах твердого осадка снега (30 образцов), отобранных в 2015 г. на территории г. Междуреченска Кемеровской области и на прилегающих территориях, функциональное назначение которых связано с добычей угля. Наиболее высокие значения коэффициентов концентраций Са (1,2), Lu (1,2), Ва (2,1), Sr (1,4), As (1,2), Tb (1,2), Sc (1,3), Co (1,2), Eu (1,4), La (1,3) относительно фона в пробах твердого осадка снега на территории г. Междуреченска связаны с их поступлением в результате дальнего переноса с угольных разрезов, сжигания углей в котельных, использующих уголь, многоотраслевой структурой производственной деятельности.

## **ОПТИМИЗАЦИЯ МОДЕЛЬНЫХ РАСЧЕТОВ СОДЕРЖАНИЯ МЕТАНА В АТМОСФЕРЕ**

**С.А. Шишигин**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

Приводится анализ модели атмосферы, представленной в виде одного и двух однородных слоев до высоты 5 км. Параметры слоев определены для стандартной атмосферы при условии, что вклад в уходящее излучение атмосферы в исследуемых спектральных участках линии поглощения метана 1240,901–1240,949 см<sup>-1</sup>, 1327,12–1327,17 см<sup>-1</sup> равен вкладам в уходящее излучение Земли всеми неоднородными слоями, их составляющими. Рассмотрена возможность корректировки температуры воздуха и подстилающей поверхности Земли при определении содержания метана в атмосфере.

## **ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ НА ЮГО-ЗАПАДНОМ ПОБЕРЕЖЬЕ оз. БАЙКАЛ В ИЮЛЕ 2018 г.**

**Л.П. Голобокова, Т.В. Ходжер, В.А. Оболкин, О.И. Хуриганова,  
Н.А. Онищук, И.И. Маринайте, О.Г. Нецветаева**

*Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия*

*e-mail: lg@lin.irk.ru, khodzher@lin.irk.ru, obolkin@lin.irk.ru, khuriganowa@lin.irk.ru,  
onischuk@lin.irk.ru, marin@lin.irk.ru, r431@lin.irk.ru*

Анализировался химический состав аэрозоля и атмосферных осадков на территории юго-западного побережья оз. Байкал (Листвянка, Большие Коты) в период интенсивных лесных пожаров в Красноярском крае и Якутии в июле 2018 г. Отмечены повышенные концентрации ионов и ПАУ в мелкодисперсной фракции частиц аэрозоля (<1,3 мкм) на ст. Листвянка. В составе аэрозоля в пос. Большие Коты в периоды задымления атмосферы возрастали концентрации Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> и ПАУ. На основании анализа синоптических ситуаций и химического анализа атмосферных выпадений можно утверждать, что аэрозоль на удаленных от промышленных центров территориях юго-западного побережья Южного Байкала с 15 по 18 июля 2018 г. являлся продуктом лесных пожаров.

## **ВЛИЯНИЕ СЛАБОГО НИЗКОЧАСТОТНОГО ИМПУЛЬСНОГО АКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ ОБЩЕГО АНАЛИЗА КРОВИ У ДЕТЕЙ С ТУБЕРКУЛЕЗОМ ЛЕГКИХ**

**И.А. Белякова<sup>1</sup>, О.В. Филинюк<sup>1</sup>, В.П. Мамышев<sup>2</sup>, О.Ю. Никифорова<sup>2</sup>,  
О.А. Джафарова<sup>3</sup>, Ю.Н. Пономарев<sup>2</sup>, А.Н. Байков<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Сибирский государственный медицинский университет, г. Томск, Россия*

<sup>2</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

<sup>3</sup>*НИИ молекулярной биологии и биофизики, ФИЦ фундаментальной  
и трансляционной медицины, г. Новосибирск, Россия*

*e-mail: happylife4@mail.ru, filinyuk.olga@yandex.ru,.mvp78ioa@ioa.ru, nik@iao.ru,  
jafarova@nimbb.ru, yupon@iao.ru, baikov47@mail.ru*

Проведен анализ изменения показателей лейкоформулы у детей с локальными формами туберкулеза легких с целью изучения влияния курсового физиовоздействия слабым низкочастотным импульсным звуком на состояние вегетативной нервной системы и эффективность адаптационных реакций. Установлено, что физиовоздействие со стимуляцией системы виброрецепторов почти не оказывает влияния на показатели общего анализа крови: значимые изменения были обнаружены лишь в абсолютном содержании лейкоцитов и лимфоцитов (достигнутый уровень значимости составил 0,021 и 0,045 соответственно).

## **СУТОЧНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОНЦЕНТРАЦИЙ СУБМИКРОННЫХ И ГРУБОДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ ДЛЯ РАЗНЫХ СЕЗОНОВ В РАМКАХ ЭМПИРИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ТИПОВ «АЭРОЗОЛЬНОЙ ПОГОДЫ»**

**В.В. Польшкин, Е.П. Яужева, М.В. Панченко**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

*e-mail: victor@iao.ru, helen@iao.ru, pmv@iao.ru*

Анализируется суточная изменчивость счетных концентраций субмикронных  $N_f$  и крупнодисперсных  $N_c$  частиц размерами 0,4–1 и 1–10 мкм соответственно, полученных с помощью фотоэлектрических счетчиков на Аэрозольной станции ИОА СО РАН в 2000–2019 гг. В рамках эмпирической классификации типов «аэрозольной погоды» («фон»; «дымка»; «смог» и «дымная мгла») для каждого сезона года исследуются суточные вариации  $N_f$ ,  $N_c$  и соотношение  $N_f/N_c$ , которое отражает основные особенности функции распределения счетной концентрации частиц по размерам.

## **О РАЗРАБОТКЕ КРОССПЛАТФОРМЕННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ ДОЛГОСРОЧНОГО МОНИТОРИНГА ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ ОЗОНА И УФ-РАДИАЦИИ НА СПЕКТРОФОТОМЕТРЕ БРЮЭРА**

**В.В. Савиных, О.В. Постыляков**

*Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия*

*e-mail: amita@ifaran.ru, olegpostylyakov@gmail.com*

Сеть спектрофотометров Брюэра обеспечивает высокоточные данные ОС озона и УФ-радиации. Для хранения данных Брюэра в ИФА им. А.М. Обухова РАН разрабатывается программное обеспечение кроссплатформенной базы данных. БД реализована в виде разделяемой библиотеки на языке программирования C# и платформе .NET Core с помощью инструмента O/RM (объектно-реляционного отображения) Entity Framework Core, встраиваемая СУБД SQ Lite используется в качестве постоянного хранилища. Доступ к данным осуществляется с помощью модели, которая состоит из классов сущностей данных и объекта контекста, представляющего сеанс с БД для извлечения и сохранения измерений Брюэра. Предлагаемая БД позволит поддерживать целостность и непротиворечивость измерений ОС озона и УФ-радиации на спектрофотометрах Брюэра глобальной сети.

## **ФОНОВЫЕ УРОВНИ И СУТОЧНЫЕ ВАРИАЦИИ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА, МЕТАНА И ОКСИИ УГЛЕРОДА В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ ЕКАТЕРИНБУРГА**

**Е.А. Гуляев, К.Л. Антонов, Ю.И. Маркелов**

*Институт промышленной экологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия  
e-mail: gulyaev@ecko.uran.ru, antonov@ecko.uran.ru, markelov@ecko.uran.ru*

В данном исследовании проведен анализ основных закономерностей изменчивости атмосферных концентраций диоксида углерода, метана и окиси углерода в пункте мониторинга в г. Екатеринбурге за период 2017–2018 гг. Были оценены фоновые значения, суточная динамика, а также зависимость концентраций от скорости ветра. Измеренные концентрации значительно превышали соответствующие фоновые уровни во все климатические сезоны. Наибольшая вариативность среднесуточного хода в условиях городской среды наблюдалась летом и в начале осени. Анализ сопутствующих метеоусловий показал, что эти процессы в значительной степени обусловлены влиянием локальных антропогенных источников.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА СНЕЖНОГО ПОКРОВА В ПРОМЫШЛЕННЫХ ГОРОДАХ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Н.А. Онищук, О.Г. Нецветаева, Е.В. Моложникова**

*Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия  
e-mail: onischuk@lin.irk.ru, r431@lin.irk.ru, yelena@lin.irk.ru*

Исследуется снежный покров промышленных центров Иркутской обл. (Восточная Сибирь) гг. Ангарск, Иркутск, Шелехов. Представлен элементный состав, как индикатор загрязнения воздушной среды. Для каждого города определена группа элементов, характеризующая основные антропогенные источники выбросов городов. Высокий уровень загрязнения снежного покрова выявлен в г. Ангарск. Химический состав снежного покрова г. Шелехов отличают высокие концентрации алюминия. Рассчитано накопление металлов в снежном покрове промышленных городов и проведено сравнение с фоновым районом (Байкало-Ленский заповедник).

## **ВЕЙВЛЕТ-КОГЕРЕНТНОСТЬ ПРИ ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОПТИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПУЛЬСОВЫХ СИГНАЛОВ ЧЕЛОВЕКА**

**Б.З. Гармаев, В.В. Бороноев, В.Д. Омпоков, Н.В. Пупышева, И.В. Нагуслаева**

*Институт физического материаловедения СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия  
e-mail: bair.garmaev@gmail.com, vboronoev2001@mail.ru, slvd@mail.ru,  
piv21@yandex.ru, ira.lebedi@gmail.com*

Показаны возможности методов вейвлет-когерентности в оценке воздействия электромагнитного излучения оптического диапазона на параметры биомедицинских сигналов, характеризующих состояние функционального состояния организма человека. При анализе коэффициентов вейвлет-когерентности между пульсовыми сигналами в темноте и при воздействии на обследуемого светом предпочитаемого цвета установлено, что существует хорошая корреляция вейвлет-спектров в низких частотах и частичная корреляция в частотах близких основной частоте пульса. При воздействии светом отвергаемого цвета видно, что существует хорошая корреляция вейвлет-спектров в частотах близких основной частоте пульса, но отсутствует корреляция в низких частотах.

## **РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ РАССЕЯНИЯ СВЕТА НА ЛЕДЯНЫХ АТМОСФЕРНЫХ ЧАСТИЦАХ В ИК-ДИАПАЗОНЕ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ МИКРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРИСТЫХ ОБЛАКОВ**

**Д.Н. Тимофеев, А.В. Коношонкин, Н.В. Кустова, А.Г. Боровой**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: tdn@iao.ru, sasha\_tvo@iao.ru, kustova@iao.ru, borovoi@iao.ru*

Представлены характеристики рассеяния света на ледяных частицах перистых облаков в приближении физической оптики для длин волн 0,532; 1,064 и 1,55 мкм. Расчет проводился для ледяных гексагональных столбиков при их хаотической пространственной ориентации. Размеры частиц варьируются в диапазоне от 10 до 1000 мкм. Показано, что спектральное отношение поляризационного лидара, работающего на длинах волн 0,532; 1,064 и 1,55 мкм позволяет строить алгоритмы для восстановления размера частиц в перистых облаках.

## РАССЕЯНИЕ СВЕТА НА КРУПНЫХ ЛЕДЯНЫХ СФЕРИЧЕСКИХ ЧАСТИЦАХ ДЛЯ ЗАДАЧ ЛАЗЕРНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ

**В.А. Шишко, А.В. Коношонкин, Н.В. Кустова, А.Г. Боровой**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

*e-mail: sva@iao.ru, kustova@iao.ru, sasha\_tvo@iao.ru, borovoi@iao.ru*

Представлено решение задачи рассеяния света на крупных ледяных сферических частицах. Решение получено в рамках теории рассеяния света Г. Ми. Поскольку решение в направлении рассеяния строго назад содержит в себе интерференционные осцилляции, затрудняющие анализ и сравнение полученных данных, в докладе проведено усреднение полученного решения по закону скользящего среднего. Сравнение полученных результатов с существующим решением для крупных несферических атмосферных кристаллов показало, что частицы неправильной формы хорошо согласуются со сферическими, в то время как гексагональные частицы имеют значительное расхождение.

## АСТРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ АЙМАКА ХУВСГЕЛ ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

**Е.Ю. Мордвин<sup>1</sup>, Н.М. Буднев<sup>2</sup>, Н.В. Волков<sup>1</sup>, А.А. Лагутин<sup>1</sup>,  
Р.И. Райкин<sup>1</sup>, Р. Тогоо<sup>3</sup>**

*<sup>1</sup>Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Россия*

*<sup>2</sup>Иркутский государственный университет, Россия*

*<sup>3</sup>Институт физики и технологий Монгольской АН, г. Улан-Батор, Монголия*

*e-mail: zion0210@gmail.com, nbudnev@api.isu.ru, volkov@theory.asu.ru,*

*lagutin@theory.asu.ru, raikin@theory.asu.ru, togoomas@gmail.com*

Проведено исследование астроклиматических условий для выполнения ночных астрофизических наблюдений на территории аймака Хувсгел (Монголия). Получено пространственное распределение доли безоблачных событий по ночным данным радиометра VIIRS спутниковой платформы Suomi NPP для двух периодов: октябрь 2017 г. – март 2018 г.; октябрь 2018 г. – март 2019 г.

Анализ спутниковых данных показал, что в качестве возможного региона для размещения полномасштабной гамма-обсерватории с гибридной системой детекторов по топографическим и инфраструктурным критериям наиболее подходит плато оз. Хубсугул. Установлено, что средняя за два сезона доля событий с безоблачной атмосферой по данным VIIRS/SNPP для исследуемой территории ~ 65%.

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИ АКТИВНОЙ РАДИАЦИИ В ПОЛОГЕ БУРОЙ ВОДОРОСЛИ *Cystoseira crinita* (Desf.) *Bory* (ЧЕРНОЕ МОРЕ) ПРИ РАЗНОЙ ВЫСОТЕ СОЛНЦА НАД ГОРИЗОНТОМ

**А.В. Празукин<sup>1</sup>, Ю.К. Фирсов<sup>1</sup>, А.А. Латушкин<sup>2</sup>, А.А. Чепыженко<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>ФИЦ Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь, Россия*

*<sup>2</sup>ФИЦ Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, Россия*

*e-mail: prazukin@mail.ru, yurfir@mail.ru, sevsalat@gmail.com,*

*annachep87@yandex.ru*

27 августа 2019 г. на глубине 63 см на мелководном участке побережья м. Толстого, г. Севастополь, п-ов Крым по профилю полога *Cystoseira crinita* (Desf.) *Bory* (высота полога 25–30 см) при разной высоте Солнца над горизонтом в зондирующем режиме проводилось измерение интенсивности фотосинтетически активной радиации (IPAR). В течение всего периода исследований слоевища *C. crinita* находились в наклоненном состоянии. Большая часть массы растений (57–74%) располагалась в верхнем 10 см слое полога. Представлены уравнения, описывающие распределения IPAR по глубине полога в разное время дня.

Исследование выполнено при финансовой поддержке проекта РФФИ р\_а № 18-45-920044 и частично в рамках госзаданий ФИЦ ИнБЮМ № АААА-А19-119100790153-3, ФГБУН ФИЦ МГИ № 0827-2019-0004 и № 0827-2020-0002.

## НЕЛИНЕЙНЫЕ ОСОБЕННОСТИ АТМОСФЕРНОЙ ЭВОЛЮЦИИ АБСОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ДЫМОВОГО АЭРОЗОЛЯ

**Н.А. Головушкин, И.Б. Коновалов**

*Институт прикладной физики РАН, г. Нижний Новгород, Россия  
e-mail: golovushkin@ipfran.ru, konov@ipfran.ru*

Выполнено численное исследование атмосферной эволюции удельного коэффициента поглощения света ( $\alpha_a$ ) дымовым аэрозолем в изолированном дымовом шлейфе. Использовалась микрофизическая динамическая модель органического аэрозоля, учитывающая основные физические и химические атмосферные трансформации частиц аэрозоля и совмещенная с программным модулем для расчета оптических свойств полидисперсного аэрозоля с неоднородной микроструктурой частиц. Результаты расчетов обнаруживают значительные изменения  $\alpha_a$  в процессе атмосферной эволюции аэрозоля, связанные с изменениями распределения частиц по размерам вследствие формирования вторичного органического аэрозоля и линзовым эффектом. Обнаруженные изменения зависят существенно нелинейным образом как от продолжительности эволюции аэрозоля, так и от начальных параметров дымового шлейфа.

## СВЯЗЬ РАЗМЕРОВ ЧАСТИЦ ОРГАНИЧЕСКОЙ ВЗВЕСИ С ПРОДУКТИВНОСТЬЮ ВОД

**В.И. Маньковский, Е.В. Маньковская**

*Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, Россия  
e-mail: mankovskiy@mhi-ras.ru, emankovskaya@mhi-ras.ru*

По измерениям индикатрис рассеяния света рассчитан средний радиус органических частиц во взвеси в водах Атлантического океана. Проведено сравнение рассчитанных средних размеров органических частиц со средними размерами клеток фитопланктона, определенными визуально с помощью микроскопа. Установлена связь размеров органических частиц с относительной прозрачностью вод. Показано, что размеры органических частиц в олиготрофных водах больше по сравнению с эвтрофными водами.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ АБСОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ДЫМАХ СИБИРСКИХ ПОЖАРОВ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

**И.Б. Коновалов<sup>1</sup>, Н.А. Головушкин<sup>1</sup>, И.Н. Кузнецова<sup>2</sup>,  
М.И. Нахаев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*ФИЦ Институт прикладной физики РАН г. Нижний Новгород, Россия*

<sup>2</sup>*Гидрометеорологический научно-исследовательский центр РФ, г. Москва, Россия  
e-mail: konov@ipfran.ru, golovushkin@ipfran.ru, labmuza@mail.ru,  
muratmeteo@mail.ru*

Химико-транспортная модель использована совместно с данными спутникового и наземного зондирования атмосферы для исследования абсорбционных свойств органического (коричневого) углерода в составе дымового аэрозоля в Сибири. На основе измерений на сибирских станциях AERONET получено эмпирическое соотношение, позволяющее оценивать вклад коричневого углерода в абсорбцию солнечного УФ-излучения дымовым аэрозолем по данным имеющихся спутниковых измерений абсорбционной и полной оптических толщин. Применение этого соотношения для оптимизации модельных расчетов эпизода выноса дымовых шлейфов от сибирских пожаров на европейскую территорию России позволило получить оценки мнимой части показателя преломления органического углерода в составе сибирского дымового аэрозоля в зависимости от фотохимического возраста аэрозоля.

## ОЦЕНКА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОД РЕКИ БАРГУЗИН В АКВАТОРИИ БАРГУЗИНСКОГО ЗАЛИВА ПО СОДЕРЖАНИЮ РАСТВОРЕННОГО МЕТАНА

Д.А. Пестунов<sup>1</sup>, В.М. Домышева<sup>2</sup>, А.М. Шамрин<sup>1</sup>, Е.А. Цветова<sup>3</sup>, М.В. Панченко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

<sup>2</sup>*Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия*

<sup>3</sup>*Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,  
г. Новосибирск, Россия*

*e-mail: pest@iao.ru, hydrochem@lin.irk.ru, shamrin.ar@yandex.ru, e.tsvetova@ommgp.sccc.ru,  
pmv@iao.ru*

В рамках развития многолетних работ по изучению углеродного цикла в системе «вода–атмосфера» и с целью определения первоочередных мер по сохранению уникальной экосистемы оз. Байкал в августе 2019 г. была проведена специальная, комплексная экспедиция в Баргузинском и Чивыркуйском заливах оз. Байкал. Располагая уникальным комплексом судовой аппаратуры, нами были осуществлены измерения содержания газов в поверхностной воде и приземной атмосфере, а также концентраций биогенных элементов и органического вещества на станциях отбора проб. На основе анализа пространственного распределения повышенных концентраций метана в поверхностной воде залива было определено основное направление и масштабы поступления речных вод р. Баргузин в залив.

## К ОЦЕНКЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ХЛОРОФИЛЛА НА ОСНОВЕ ИЗМЕРЕНИЙ ФЛУОРЕСЦЕНТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НА ОЗЕРЕ БАЙКАЛ

М.В. Панченко<sup>1</sup>, В.М. Домышева<sup>2</sup>, М.В. Сакирко<sup>2</sup>, Д.А. Пестунов<sup>1</sup>, А.М. Шамрин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

<sup>2</sup>*Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия*

*e-mail: pmv@iao.ru, hydrochem@lin.irk.ru, sakira@lin.irk.ru,  
pest@iao.ru, shamrin.ar@yandex.ru*

С 2006 г. в период комплексных весенних экспедиций по всей акватории оз. Байкал нами проводятся измерения флуоресцентных характеристик на разных горизонтах от поверхности до дна. Прямые методы определения биомассы и концентрации хлорофилла водорослей, весьма трудоемки, что не позволяет непосредственно в период экспедиционных наблюдений проводить анализ получаемых результатов. Флуоресцентные методы, достоинством которых является высокая оперативность, в общем случае являются косвенными и для получения количественной информации о биомассе или концентрации хлорофилла требуют особого обоснования. В данной работе на основе результатов синхронных измерений анализируются возможности эмпирической калибровки и количественной реконструкции содержания хлорофилла по данным измерений флуоресцентных характеристик.

## СРАВНЕНИЕ БИО-ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИБРЕЖНЫХ ВОД И ВОД ВНУТРЕННИХ МОРЕЙ ПО ДАННЫМ КОМПЛЕКСА ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЭММА

В.В. Ростовцева, И.В. Гончаренко

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия*

*e-mail: vera@ocean.ru*

При мониторинге экологического состояния прибрежных морских районов часто требуется подробная оперативная информация о концентрации основных компонент воды и их распределении по акватории. Для получения таких данных был разработан пассивный оптический комплекс дистанционного зондирования поверхности воды с борта движущегося судна ЭММА (экологический мониторинг морских акваторий). Он включает в себя трехканальный полуавтоматический гиперспектрометр, гиостабилизированную платформу и специальный программный комплекс для анализа и сохранения данных измерений и их дальнейшей обработки в соответствии с оригинальными алгоритмами. По результатам работы комплекса ЭММА в нескольких регионах с различными типами вод проведено сравнение их био-оптических характеристик. Показано, что наибольшее влияние на изменение соотношения основных природных компонент в составе воды оказывают выпадающие в море реки.

## **СПЕКТРЫ ТУРБУЛЕНТНОЙ ФЛУКТУАЦИИ УГЛОВ ЭЙЛЕРА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА В РЕЖИМЕ УДЕРЖАНИЯ ВЫСОТЫ**

**А.П. Шелехов, А.Л. Афанасьев, А.А. Кобзев, О.С. Чупина,  
А.Е. Тельминов, Е.А. Шелехова**

*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия*

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

*e-mail: ash@imces.ru, afanasiev@iao.ru, alexey-kobzev@mail.ru,*

*chupina.ru.3@mail.ru, sea1125@mail.ru*

Представлены результаты экспериментальных исследований спектров флуктуаций углов крена, тангажа и рысканья БПЛА в режиме удержания высоты в турбулентной атмосфере. Экспериментальные исследования турбулентного спектра флуктуаций углов Эйлера в режиме удержания высоты проводились на территории Геофизической обсерватории ИМКЭС СО РАН с использованием квадрокоптера DJI Phantom 4 Pro. При проведении эксперимента квадрокоптер поднимался на высоту 20 м над поверхностью земли и удерживался в этом режиме в течение 15 мин, при этом он был ориентирован так, что ось, проходящая через переднюю часть БПЛА, была направлена на север. Установлено, что в режиме удержания высоты в высокочастотной области спектров можно выделить интервал, который можно условно назвать инерционным интервалом. В пределах данного интервала флуктуации углов крена и тангажа квадрокоптера подчиняются закону «пяти третей», а флуктуации угла рысканья существенным образом отличается от этого закона. В докладе также будут представлены результаты измерений спектров флуктуаций скорости турбулентного потока, полученных с помощью АМК-03, расположенной в непосредственной близости от квадрокоптера.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-06066 мк.

## **СРАВНЕНИЕ КАЛИБРОВОЧНЫХ ФУНКЦИЙ В ТРАДИЦИОННОМ ЧИСТО ВРАЩАТЕЛЬНОМ РАМАНОВСКОМ ЛИДАРНОМ МЕТОДЕ ДЛЯ ПЯТИ НАБОРОВ ПОЛОС ПРОПУСКАНИЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ ФИЛЬТРОВ**

**В.В. Герасимов<sup>1,2</sup>**

*<sup>1</sup>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

*<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия*

*e-mail: gvvsnake@mail.ru*

Анализируется устойчивость во времени коэффициентов пяти нелинейных калибровочных функций, используемых для восстановления вертикальных профилей температуры тропосферы (3–9 км) из сигналов чисто вращательных Рамановских (ЧВР) лидаров. Устойчивость коэффициентов исследуется на примере ночных профилей температуры, полученных 6, 7 и 8 апреля 2015 г. с помощью ЧВР-лидара, разработанного в ИМКЭС СО РАН (г. Томск). С помощью сравнительного анализа ошибок калибровки определена калибровочная функция, восстанавливающая температуру тропосферы с наименьшими ошибками за рассматриваемый трехдневный период измерений.

## **ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЯРКОСТИ ПРИБРЕЖНЫХ И ОТКРЫТЫХ ВОД ЧЕРНОГО И АЗОВСКОГО МОРЯ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД 2019 г.**

**Е.Н. Корчемкина**

*Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, Россия*

*e-mail: korchemkina@mhi-ras.ru*

Натурные данные коэффициента яркости, полученные в апреле–мае 2019 г. в северо-восточной части Черного моря, а также в Азовском море и Керченском проливе, проанализированы для выявления биооптических особенностей прибрежных акваторий. Определены характерные спектры коэффициента яркости для различных акваторий. Сопоставление с данными дистанционного зондирования MODIS и Sentinel-3 (Level 2) показало хорошее соответствие для открытого моря и удовлетворительное для прибрежных вод.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ЭМИССИИ МЕТАНА ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

С.Ч. Фока<sup>1</sup>, М.В. Макарова<sup>1</sup>, Д.В. Ионов<sup>1</sup>, А.В. Поберовский<sup>1</sup>,  
Н.Н. Парамонова<sup>2</sup>, В.М. Ивахов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра физики атмосферы, Россия

<sup>2</sup>Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова, г. Санкт-Петербург, Россия

e-mail: st030659@student.spbu.ru, zaits@troll.phys.spbu.ru,

ionov@troll.phys.spbu.ru, avpob@troll.phys.spbu.ru,

nina-paramonova@mail.ru, ivakhoov@mail.ru

Для определения интенсивности эмиссии (ИЭ) метана в Санкт-Петербурге и его пригородах были использованы измерения концентрации и общего содержания  $\text{CH}_4$ , анализ которых осуществлялся с применением метода баланса массы. Оценка ИЭ по эпизодам ночного накопления проводилась с использованием непрерывных измерений концентраций метана на станции Петергоф (СПБГУ, аппаратура LGR GGA-24-r-EP). Для территории Санкт-Петербурга определение ИЭ осуществлялось с использованием локальных данных станций Петергоф и Воейково (ГГО им. А.И. Воейкова, газовый хроматограф 500M), а также по результатам измерительной кампании в марте–апреле 2019 г. (СПБГУ, КИТ, УоВ, два Фурье-спектрометра Bruker EM27/SUN). Значения ИЭ для 2014–2015 гг. для пригорода Санкт-Петербурга составили  $44 \pm 27$  т/(км<sup>2</sup> · год), для территории города по данным станций Петергоф и Воейково –  $120 \pm 80$  т/(км<sup>2</sup> · год), по данным измерительной кампании –  $141 \pm 78$  т/(км<sup>2</sup> · год).

## РЕГИСТРАЦИИ ЛИФ ВРЕМЯ ПРОЛЕТНОЙ SPAD-КАМЕРОЙ

А.А. Лисенко, И.А. Гришин, А.В. Крючков,  
М.Г. Креков, В.С. Шаманаев

Институт оптики атмосферы СО РАН им. В.Е. Зуева, г. Томск, Россия

e-mail: lisenko@iao.ru, aig@iao.ru, kaw@iao.ru, mikhailkrekov@gmail.com,

shvs@iao.ru

Технические характеристики времяпролетных матричных SPAD-камер позволяют вывести на качественно новый уровень возможности лидарных исследований методом лазерно-индуцируемой флуоресценции (ЛИФ). В первую очередь это касается оперативности получения информации о масштабе загрязнения окружающей среды при картировании больших территорий. В докладе представлены первые экспериментальные результаты и результаты численного моделирования лидарного зондирования методом ЛИФ с использованием в схеме регистрации времяпролетной SPAD-камеры с высоким временным и пространственным разрешением.

## ПРИМЕНЕНИЕ TOF-ТЕХНОЛОГИЙ В ЛАЗЕРНОМ ЗОНДИРОВАНИИ АТМОСФЕРЫ

А.А. Лисенко, И.А. Гришин, А.В. Крючков, М.Г. Креков,  
В.С. Шаманаев

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

e-mail: lisenko@iao.ru, aig@iao.ru, kaw@iao.ru, mikhailkrekov@gmail.com,

shvs@iao.ru

Описаны возможности лазерного зондирования атмосферы при использовании в качестве приемника отраженных импульсов SPAD-камеры (Single Photon Avalanche Diode). Данная камера обладает широкими возможностями детектирования фотонов во временном стробе величиной до 3 нс. Это дает возможность фиксации быстропротекающих процессов, наблюдения за динамикой атмосферных процессов в очень малом временном окне. Например, можно наблюдать изменчивость формы, интенсивности и других параметров рассеивающего объема лазерного импульса в атмосфере и других рассеивающих средах. Представлены результаты первых экспериментов по зондированию атмосферы с использованием SPAD-камеры в качестве приемника рассеянного излучения. Определен предварительный круг возможного использования фотоприемников данного типа в задачах атмосферной оптики.

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ОБРАЗЕЦ АВТОНОМНОЙ МЕТЕОСТАНЦИИ АРКТИКМЕТЕО**

**В.А. Корольков, А.Я. Богушевич, Ю.В. Волков, В.В. Кальчихин, А.А. Кобзев,  
С.А. Кураков, А.Е. Тельминов, А.А. Тихомиров**

*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: kor@imces.ru, bay@imces.ru, yvvolkov@mail.ru, vvk@imces.ru, alexey-kobzev@mail.ru,  
ksa@imces.ru, talexy@imces.ru, tikhomirov@imces.ru*

Представлено описание разработанной автоматической метеостанции арктического исполнения, которая обеспечивает получение и передачу удаленному пользователю информации об измеренных значениях: трехкомпонентного вектора скорости ветра, температуры и влажности воздуха, атмосферного давления, параметров осадков, интенсивности солнечной радиации, высоты снежного покрова, профиля температуры почвы, включая температуру ее поверхности.

## **ВНУТРИГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ МИКРОСТРУКТУРЫ АЭРОЗОЛЯ ПО ДАННЫМ ИЗМЕРЕНИЙ СПЕКТРАЛЬНОГО ПРОПУСКАНИЯ СВЕТА В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ И СТОЛБЕ АТМОСФЕРЫ В ТОМСКЕ**

**В.В. Веретенников, С.С. Меньщикова**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: vvv@iao.ru, mss@iao.ru*

Исследована внутригодовая изменчивость микроструктуры приземного аэрозоля по результатам решения обратной задачи для спектральных измерений коэффициента аэрозольного ослабления света. Экспериментальные данные получены с помощью измерителя спектральной прозрачности атмосферы на 11 длинах волн в диапазоне 0,45–3,9 мкм на горизонтальной трассе в Томске. Для решения обратной задачи был использован численный алгоритм метода интегральных распределений. Рассмотрены объемная концентрация и средний радиус аэрозольных частиц с разделением на субмикронную и грубодисперсную фракции. Проведено сравнение микроструктурных параметров приземного аэрозоля с аналогичными результатами, полученными по данным солнечной фотометрии.

## **СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ АНТРОПОГЕННОГО ВКЛАДА В СУТОЧНЫЙ ХОД МАССОВЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ АЭРОЗОЛЯ И САЖИ И КОНДЕНСАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ АЭРОЗОЛЯ В ПРИГОРОДНОМ РАЙОНЕ г. ТОМСКА**

**Е.П. Яушева, С.А. Терпугова, В.С. Козлов, М.В. Панченко, В.П. Шмаргунов**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: helen@iao.ru, swet@iao.ru, vkozlov@iao.ru, pmv@iao.ru, vpush@iao.ru*

Проведен сравнительный анализ среднесезонного суточного хода аэрозольных характеристик по данным мониторинговых измерений в пригородном районе г. Томска и в фоновых условиях в 2014–2019 г.г. Установлено, что наибольший вклад антропогенных источников в суточный ход концентраций субмикронного аэрозоля и «сажи» наблюдается зимой во время их вечернего максимума в 20–21 ч. Минимальная городская нагрузка на эти аэрозольные характеристики выявлена в летний период в 13–14 ч. В период вечернего максимума концентраций аэрозоля и сажи также наблюдается снижение параметра конденсационной активности в Томске по сравнению с фоновым районом. Работа выполнена в рамках госзадания по проекту № АААА-А17-117021310142-5 и при частичной поддержке Программы РАН «Изменение климата: причины, риски, последствия, проблемы адаптации и регулирования».

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА СВЕТА НА КРИСТАЛЛЕ HgS С ПЕРЕСТРОЙКОЙ ЧАСТОТЫ В ДИАПАЗОНЕ 5–9 мкм**

**В.С. Айрапетян, А.В. Макеев, А.В. Шабурова**

*Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Россия  
e-mail: v.s.ayrapetyan@ssga.ru, makeeffsan@yandex.ru, aelita\_shaburova@mail.ru*

Проведены расчетные исследования амплитудно-временных и спектроскопических характеристик параметрического ИК-лазера на основе титгаллата ртути с перестройкой длины волны в диапазоне от 5 до 9 мкм. Показана возможность достижения максимального энергоудельного до 5 мДж в импульсе с предельно узкой спектральной шириной излучения ( $\leq 0,5 \text{ см}^{-1}$ ).

## **НОВЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БПЛА**

**Д.Ю. Прощенко<sup>1,2,3</sup>, О.А. Букин<sup>1</sup>, А.А. Чехленок<sup>1</sup>, Д.А. Коровецкий<sup>1</sup>, И.О. Букин<sup>1</sup>,  
В.Ф. Юрчик<sup>1</sup>, С.С. Голик<sup>2,3</sup>, А.Ю. Майор<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup>*Морской государственный университет им. Г.И. Невельского, г. Владивосток, Россия*

<sup>2</sup>*Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия*

<sup>3</sup>*Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН, г. Владивосток, Россия*

*e-mail: dima.prsk@mail.ru, o\_bukin@mail.ru, alexeyche88@gmail.com*

Разработан и собран аппаратно-программный комплекс на основе БПЛА с возможностью приведения для мониторинга морских акваторий на предмет обнаружения нефтяных разливов и сброса льяльных вод. С помощью собранного комплекса были проведены лабораторные измерения спектров индуцированной флуоресценции растворов маловязкого судового топлива DMA в условиях солнечной подсветки. Реализован программный компонент с элементами искусственного интеллекта для семантической сегментации изображений на предмет выделения разливов нефтепродуктов на морской поверхности.

## **ПОВТОРЯЕМОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ «АЭРОЗОЛЬНОЙ ПОГОДЫ» В СУТОЧНОМ ХОДЕ КОНЦЕНТРАЦИЙ АЭРОЗОЛЯ И САЖИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ СЕЗОНОВ В ПРИГОРОДНОМ РАЙОНЕ г. ТОМСКА И ФОНОВЫХ УСЛОВИЯХ**

**Е.П. Яушева, М.В. Панченко, В.С. Козлов, В.П. Шмаргунов**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

*e-mail: helen@iao.ru, pmv@iao.ru, vkozlov@iao.ru, vpsh@iao.ru*

По данным мониторинговых измерений на Аэрозольной станции ИОА СО РАН (пригородный район г. Томска) в 2000–2019 гг. и в фоновом районе (обсерватория «Фоновая») в 2014–2019 гг. исследована частота повторяемости различных типов «аэрозольной погоды» в предлагаемой классификации в суточном ходе массовых концентраций субмикронного аэрозоля и сажи в двух пунктах измерений. Рассмотрена сезонная изменчивость вариаций повторяемости в суточном ходе. Произведен сравнительный анализ в пригородных и фоновых условиях за полные периоды измерений, а также прослежено изменение вкладов частот повторяемости различных типов «аэрозольной погоды» на Аэрозольной станции в период 2014–2019 гг.

## **СУТОЧНЫЙ ХОД ГИГРО- И ТЕРМООПТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИЗЕМНОГО АЭРОЗОЛЯ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД 2019–2020 гг.**

**С.А. Терпугова, М.В. Панченко, В.С. Козлов, В.П. Шмаргунов**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

*e-mail: swet@iao.ru, pmv@iao.ru, vkozlov@iao.ru, vpsh.iao.ru*

В период с ноября 2019 по февраль 2020 г. проведены автоматические круглосуточные измерения при искусственном увлажнении и нагреве забираемого из атмосферы аэрозоля. Анализировались параметр конденсационной активности  $\gamma$ , характеризующий изменчивость коэффициента рассеяния при вариациях относительной влажности воздуха, и термооптические параметры, определяемые уменьшением объемной концентрации частиц в соответствующем диапазоне температур. Суточный ход  $\gamma$  характеризуется максимумом в 5–9 ч местного времени, превышающим среднесуточное значение ~ на 10% и минимумом в 20–22 ч (также ~ 10%). В вечернее время также снижается содержание веществ, улетучивающихся при температурах 100–250 °С и рост доли веществ, испаряющихся при  $T < 100$  °С.

## **СВЯЗЬ КОНДЕНСАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ АЭРОЗОЛЯ С СОДЕРЖАНИЕМ ВЕЩЕСТВ РАЗЛИЧНОЙ ЛЕТУЧЕСТИ В ЕГО СОСТАВЕ**

**С.А. Терпугова, М.В. Панченко, Е.П. Яушева, Д.Г. Чернов, Вас.В. Полькин,  
В.В. Полькин, В.С. Козлов, В.П. Шмаргунов**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

*e-mail: swet@iao.ru, pmv@iao.ru, vkozlov@iao.ru, vpsh.iao.ru*

Анализируются данные, полученные в 2000–2019 гг. методом активной спектрофелометрии при искусственном увлажнении и нагреве аэрозоля, забираемого из атмосферы. Измерения отклика коэффициента рассеяния аэрозоля на изменение относительной влажности в диапазоне 30–90% и температуры от 25 до 250 °С

дает возможность косвенным образом оценить содержание растворимых/летучих веществ в составе частиц. Совместный анализ гигро- и термооптических параметров позволяет выявить влияние веществ, испаряющихся при различных температурах, на гигроскопические свойства частиц и определить диапазон температур, в котором испаряются вещества, обуславливающие наличие фазового перехода при увлажнении.

Многолетние измерения проводились в рамках госзадания по проекту № АААА-А17-117021310142-5. Анализ выполнен в 2020 г. при финансовой поддержке РФФ, Соглашение № 19-77-20092.

## **ТЕРМООПТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИЗЕМНОГО АЭРОЗОЛЯ ПРИ РАЗНЫХ ТИПАХ АЭРОЗОЛЬНОЙ ПОГОДЫ**

**С.А. Терпугова, М.В. Панченко, Е.П. Яушева, Д.Г. Чернов, Вас.В. Польшкин, В.В. Польшкин, В.С. Козлов, В.П. Шмаргунов**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: swet@iao.ru, pmv@iao.ru, vkozlov@iao.ru, vps.h.iao.ru*

Анализируются данные, полученные в 2000–2019 гг. методом активной спектронейфелометрии при искусственном нагреве забираемого из атмосферы аэрозоля до 250 °С. Анализируется изменчивость термооптических параметров, определяющих долю объемной концентрации частиц, испаряющихся в соответствующем диапазоне температур, в зависимости от типа «аэрозольной погоды». Для каждого сезона были выделены четыре массива, характеризующиеся различным состоянием аэрозоля: «фон», «дымка», «городской смог» и «дымная мгла», различающиеся по уровню концентраций аэрозоля и сажи. Рассмотрены особенности термооптических параметров аэрозоля при каждом типе замутнения.

Многолетние измерения проводились в рамках госзадания по проекту № АААА-А17-117021310142-5. Анализ выполнен в 2020 г. при финансовой поддержке РФФ, Соглашение № 19-77-20092.

## **ОРЕОЛЬНАЯ ИНДИКАТРИСА РАССЕЯНИЯ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ «АЭРОЗОЛЬНОЙ ПОГОДЫ» В 2010–2019 ГГ.**

**Вас.В. Польшкин, Е.П. Яушева, М.В. Панченко**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: pv@iao.ru, helen@iao.ru, pmv@iao.ru*

Для различных типов «аэрозольной погоды» за период 2010–2019 гг., исследуются индикатрисы рассеяния в диапазоне углов  $\varphi = 1,2 \pm 20^\circ$ . Данные получены на аэрозольной станции ЛОА ИОА СО РАН с помощью ореольного фотометра закрытого типа. Массивы данных сформированы на основе часовых значений и разделены с использованием *P*-критерия, а также значению коэффициента рассеяния. В работе анализируются ореольные индикатрисы рассеяния для четырех типов: «фон», «дымка», «смог», «дымная мгла».

## **ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК ПУЛЬСОВОЙ ВОЛНЫ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОПТИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА**

**В.В. Бороноев, В.Д. Омпоков, Н.В. Пупышева, И.В. Нагуслаева, Б.З. Гармаев, Д.А. Кырмыгенов**

*Институт физического материаловедения СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия  
e-mail: vboronojev2001@mail.ru, slvd@mail.ru, pnv21@yandex.ru, kapelka21@mail.ru, bair.garmaev@gmail.com, nayan-star@yandex.ru*

Показана возможность количественной оценки функционального состояния систем регуляции в организме человека по параметрам характеристик пульсового сигнала и варибельности сердечного ритма, полученных при воздействии на организм человека оптического излучения разных длин волн. В зависимости от предпочтения либо отвержения один и тот фотостимул вызывает контрастные изменения психофизического состояния. Подтверждено, что воздействие света относится к перспективным технологиям управления его психофизическим состоянием и функциями внутренних органов.

## **ОЦЕНИВАНИЕ ВЫСОТЫ СЛОЯ ТУРБУЛЕНТНОГО ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ИЗ ЛИДАРНЫХ ДАННЫХ О ВЫСОТНЫХ ПРОФИЛЯХ СКОРОСТИ ДИССИПАЦИИ ТУРБУЛЕНТНОЙ ЭНЕРГИИ**

**В.А. Банах, И.Н. Смалихо, А.В. Фалиц**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: banakh@iao.ru, smalikho@iao.ru, falits@iao.ru*

Предложен метод определения высоты слоя перемешивания по величине скорости диссипации турбулентной энергии, оцениваемой из лидарных измерений радиальной скорости ветра при коническом сканировании зондирующим пучком вокруг вертикальной оси. Метод апробирован в атмосферных экспериментах.

## **ВЛИЯНИЕ «ЗЕРКАЛЬНЫХ» ОБЛАКОВ ВЕРХНЕГО ЯРУСА НА ПОТОКИ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ ПО ДАННЫМ ЛИДАРНО-АКТИНОМЕТРИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА**

**И.В. Самохвалов<sup>1</sup>, И.Д. Брюханов<sup>1,2</sup>, С.В. Зуев<sup>3</sup>, И.В. Животенюк<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия*

<sup>2</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

<sup>3</sup>*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: lidar@mail.tsu.ru, plyton@mail.tsu.ru, zuev@imces.ru*

Описываются результаты комплексного лидарно-актинометрического эксперимента по исследованию оптических свойств облаков верхнего яруса и их воздействия на измеряемые у земной поверхности потоки солнечной радиации. Сделаны выводы о влиянии «зеркальных» облаков на уменьшение потоков радиации по сравнению с «незеркальными» в зависимости от зенитного положения Солнца.

## **РАМАНОВСКОЕ РАССЕЯНИЕ НА ЧАСТИЦАХ: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ФАЗОВОЙ ФУНКЦИИ**

**С.Н. Волков, И.В. Самохвалов, Д.Х. Ким**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия  
Ханбат национальный университет, Тэджон, Республика Корея  
e-mail: snvolk@iao.ru, lidar@mail.tsu.ru, dhkim7575@hanmail.net*

На Сибирской лидарной станции создан стенд для проведения экспериментов по Рамановскому рассеянию на частицах воды. Источник излучения (лазер на 355 нм) и блок измерения интенсивности рассеянного излучения расположены на общем массивном основании. Источник и блок измерений разнесены на расстояние ~ 10 м. Селекция излучения на выходе источника осуществляется с помощью призмы. Блок управления осуществляет синхронизацию процессов генерации капель, запуска источника по достижении капли плоскости рассеяния и регистрации рассеянного Рамановского излучения в диапазоне углов от ~ 2 до ~ 178°.

## **ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СВОЙСТВ «ЗЕРКАЛЬНОСТИ» ОБЛАКОВ ВЕРХНЕГО ЯРУСА ПО ДАННЫМ ЛАЗЕРНОГО ПОЛЯРИЗАЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ**

**И.В. Самохвалов<sup>1</sup>, И.Д. Брюханов<sup>1,2</sup>, Е.В. Ни<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия*

<sup>2</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: lidar@mail.tsu.ru, plyton@mail.tsu.ru*

Рассматриваются результаты экспериментов по лазерному поляризационному зондированию облаков верхнего яруса с аномальным обратным рассеянием («зеркальных»), выполненных на высотном поляризационном лидаре НИ ТГУ с малым (около 3 мин) временем накопления лидарных сигналов. Показано, что преимущественная горизонтальная ориентация кристаллов льда в облаках проявляется даже при столь малом времени накопления сигналов. Интерпретация результатов эксперимента с большим накоплением приводит к оценке облака зеркальным, несмотря на наличие в нем как «зеркальной», так и «незеркальной» областей.

## **СВЯЗЬ ВАРИАЦИЙ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АЭРОЗОЛЯ, ИЗМЕРЯЕМЫХ НА ПРОТЯЖЕННОЙ ПРИЗЕМНОЙ ТРАССЕ И В ЛОКАЛЬНОМ ОБЪЕМЕ ВОЗДУХА**

**В.Н. Ужегов, В.С. Козлов, М.В. Панченко, С.А. Терпугова, Е.П. Яшуева**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: uzhegov@iao.ru, vkozlov@iao.ru, pmv@iao.ru, swet@iao.ru, helen@iao.ru*

Проведено сопоставление коэффициентов аэрозольного ослабления в диапазоне длин волн от 0,45 до 3,9 мкм измеренных на протяженной горизонтальной трассе с оптическими параметрами, измеренными в видимой области спектра в локальном объеме воздуха. Использовались следующие параметры: «осушенный» и «увлажненный» коэффициент направленного светорассеяния под углом 45°, а также массовая концентрация поглощающего вещества («сажа») в аэрозольных частицах. Круглосуточные измерения проводились с марта по ноябрь в 2000–2006 гг. Сопоставление проведено для трех сезонов года – весна лето осень и четырех типов оптической погоды – фон, дымка, дымовая мгла и смог. Показана роль каждого фактора в ослаблении оптической радиации на разных длинах волн.

## **ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АЭРОЗОЛЯ ПРИ РАЗНЫХ ВАРИАНТАХ УЧЕТА ГИГРОСКОПИЧЕСКИХ И ПОГЛОЩАЮЩИХ СВОЙСТВ НА ПРИМЕРЕ КЛАССА «АТМОСФЕРНЫЕ ДЫМКИ»**

**П.Н. Зенкова, С.А. Терпугова, В.В. Польшин, Вас.В. Польшин, В.С. Козлов, М.В. Панченко**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: zpn@iao.ru, swet@iao.ru, pmv@iao.ru, victor@iao.ru, pv@iao.ru, vkozlov@iao.ru*

Для развития эмпирической модели оптических характеристик аэрозоля Западной Сибири, используя предложенную классификацию оптических и микрофизических характеристик по типам «аэрозольной погоды», проведен модельный эксперимент, рассматривающий разные гипотезы учета поглощающих и гигроскопических свойств частиц.

## **СРЕДНИЙ СЕЗОННЫЙ ХОД ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ ОЗОНА НАД АРКТИКОЙ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГОМ И ТОМСКОМ ЗА ПЕРИОД 2007–2016 ГГ. ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ Aura MLS И M-124**

**О.Е. Баженов**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: boe@iao.ru*

Приводится анализ среднего (2007–2016 гг.) сезонного хода общего содержания озона (ОСО), рассчитанного из спутниковых (Aura MLS) профилей озона. Исследуются изменения ОСО для арктических пунктов Эврика (EUR), Туле (THU), Нью-Олесунн (NAD), Соданкюла (SDA) и точек Санкт-Петербург (SPB) и Томск (TSK). Весенние максимумы больше по величине для пунктов западного полушария (EUR и THU). Весенние максимумы для точек восточного полушария (SDA, SPB и TSK) – меньше по величине и проявляются, так же как и для точек западного полушария, в начале марта, за исключением NAD, где максимум наблюдается в середине марта и по величине занимает промежуточное значение между пунктами EUR/THU и SDA/SPB/TSK. Осенние минимумы в основном близки как по значению, так и по времени проявления. Осенний минимум для Томска – несколько меньше по величине.

## **ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ПОСТРОЕНИЯ МАСКИ ВОДЫ ПО ДАННЫМ Landsat-8 И MODIS**

**М.Ю. Катаев, А.К. Лукьянов, А.В. Богомолов**

*Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Россия  
e-mail: kmy@asu.tusur.ru*

Приводится описание программного комплекса обнаружения водных объектов из многоспектральных спутниковых изображений, полученных прибором Landsat-8 и спектрометрией MODIS. Обнаружение водных объектов проводится на основе сравнительного анализа значений различных индексов NDVI, NDWI и AWEI. Проводится описание результатов обработки реальных изображений для территории в районе г. Томска.

**ПРОГРАММА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНОГО  
ФУРЬЕ-СПЕКТРОМЕТРА TANSO-FTS GOSAT**

**М.Ю. Катаев, А.К. Лукьянов**

*Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Россия  
e-mail: kmy@asu.tusur.ru*

Для получения информации об общем содержании парниковых газов ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ) из измеренных данных спутниковым Фурье-гиперспектрометром TANSO-FTS GOSAT необходимо разрабатывать не только методики решения обратной задачи, но и программное обеспечение. В докладе приводятся описание программного обеспечения обработки данных измерений GOSAT для произвольного пространственного сегмента и временного масштаба, реализующим непараметрический подход, в основе которого лежит метод эмпирических ортогональных функций.

**ОПТИЧЕСКАЯ ТОЛЩА ДЫМОВОГО АЭРОЗОЛЯ НАД АКВАТОРИЕЙ  
оз. БАЙКАЛ В ПЕРИОД ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ ЛЕТОМ 2019 г.**

**Ю.С. Балин, М.Г. Клемашева, Г.П. Коханенко, С.В. Насонов,  
М.М. Новоселов, И.Э. Пеннер, С.В. Самойлова**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: balin@iao.ru, marina@iao.ru, kokh@iao.ru, nsvtsk@gmail.com, novoselov@iao.ru,  
penner@iao.ru, ssv@seversk.tomsknet.ru*

Представлены результаты комплексного эксперимента по исследованию атмосферы над оз. Байкал, который был проведен в июле–августе 2019 г. Дистанционное исследование аэрозольного содержания в тропосфере проводилось с помощью мобильных лидаров. Один из лидаров был установлен на борту научно-исследовательского судна (НИС) «Академик Коптюг». Маршрут следования судна охватывал всю акваторию озера. Второй лидар на все время эксперимента располагался на юго-восточном берегу оз. Байкал. Период проведения эксперимента совпал с обширными лесными пожарами в Восточной Сибири. Лидарные данные позволили восстановить пространственно-временное распространение дымового аэрозоля над акваторией Байкала и оценить его оптическую толщину, значения которой, в экстремальных случаях достигали до  $\tau \approx 5$ .

**РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ СКОРОСТИ И НАПРАВЛЕНИЯ  
ВЕТРА, ПРОВЕДЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЗДАННОГО В ИНСТИТУТЕ  
ОПТИКИ АТМОСФЕРЫ ЛИДАРА, ЛИДАРА Stream Line (HALO Photonics)  
И АКУСТИЧЕСКОГО АНЕМОМЕТРА**

**А.М. Шерстобитов, В.А. Банах, И.А. Разенков, И.Н. Смалихо, А.В. Фалиц**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: shrarm@iao.ru, banakh@iao.ru, lidaroff@iao.ru, smalikho@iao.ru, falits@iao.ru*

Совместное использование двух и более импульсных когерентных доплеровских лидаров открывает новые возможности в изучении пограничного слоя атмосферы (ПСА). Для решения данной задачи в Лаборатории распространения волн ИОА СО РАН в мае 2019 г. был создан лидар ЛРВ. Для того, чтобы протестировать лидар ЛРВ, проведен сравнительный эксперимент с использованием лидаров: ЛРВ, Stream Line (HALO Photonics); и акустического анемометра (метеостанции). Сравнение оценок модуля скорости и направления вектора ветра, полученных при измерениях лидарами ЛРВ и Stream Line, показывает достаточно высокую корреляцию (коэффициент корреляции в пределах ПСА колеблется от 0,75 до 0,99). Лидарные оценки скоростей и направлений ветра также неплохо согласуются с данными акустического анемометра.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЯВЛЕНИЙ И ХАРАКТЕРИСТИК ВНУТРЕННИХ ВОЛН  
ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЦВЕТА МОРЯ**

**Н.А. Липинская**

*Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток, Россия  
e-mail: lipinskaya.na@poi.dvo.ru*

Исследованы возможности детектирования признаков внутренних волн (ВВ), в акватории южной части Японского (Восточного) моря. Проведен анализ движения пакета ВВ в южной части Японского (Восточного) моря по спутниковым данным среднего разрешения с радиометра GOCI установленного на геостационарном

спутнике COMS. Представлена оценка пространственно-временных характеристик ВВ с моделированием соответствующих вертикальных распределений хлорофилла *a*, используя океанографические смоделированные данные и измерения. Рассчитаны приблизительные амплитуды ВВ и их сравнительные анализы с дополнительным использованием данных реанализа модели HYCOM.

## FEATURES OF LIDAR SIGNAL DEPOLARIZATION BY DROP CLOUDS OF VARIOUS TYPES

V.V. Bryukhanova

*National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia*

*e-mail: leo@mail.tsu.ru*

The report provides a comparative analysis of the microphysical and statistical characteristics of droplet tropospheric clouds of various types. Also the results of numerical simulation of the polarization characteristics of the double scattering lidar return from such clouds are presented. The effect of microstructure parameters and statistical characteristics of ensembles of particles of low-level droplet clouds on the character of depolarization of the double scattering lidar return is studied.

## БИООПТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА РАЗРЕЗЕ ЧЕРЕЗ ТЕЧЕНИЕ ЛОМОНОСОВА В ДЕКАБРЕ 2019 г.

А.А. Латушкин<sup>1</sup>, В.А. Артемьев<sup>2</sup>, П.А. Салюк<sup>3</sup>, А.В. Гармашов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*ФИЦ Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, Россия*

<sup>2</sup>*Институт океанологии РАН, г. Москва, Россия*

<sup>3</sup>*Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток, Россия*

*e-mail: sevsalat@gmail.com, artemiev195@yandex.ru, psalyuk@poi.dvo.ru,*

*ant.gar@mail.ru*

Приведен совместный анализ прямых измерений биооптических, гидрооптических и гидродинамических характеристик, выполненных на разрезе через экваториальное подповерхностное течение Ломоносова в декабре 2019 г. вдоль 26° з.д. Проанализирована вертикальная структура температуры и солености морской воды, скорости и направления течений, концентрации хлорофилла *a* и флуоресценции растворенного органического вещества (РОВ), показателей ослабления света на 525 и 625 нм. На разрезе наблюдается низкое содержание основных оптически-активных компонентов морской воды. Максимальные значения всех проанализированных оптических параметров зафиксированы на пикноклине на глубинах 60–80 м, где развиваются клетки фитопланктона, которые в основном и определяют изменчивость оптических характеристик рассматриваемого района.

## АНАЛИЗ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ АЭРОЗОЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АТМОСФЕРЫ НА РАЗНЫХ ВЫСОТАХ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ САМОЛЕТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ (пос. ЗАВЬЯЛОВО) В 2000–2018 гг.

Д.Г. Чернов, В.С. Козлов, М.В. Панченко, С.А. Терпугова, В.П. Шмаргунов

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

*e-mail: chernov@iao.ru, vkozlov@iao.ru, pmv@iao.ru, swet@iao.ru, vpsh@iao.ru*

Проводится оценка и параметризация корреляционных связей массовой концентрации black carbon и коэффициента рассеяния сухой основы аэрозоля для вертикальных профилей характеристик по данным самолетных измерений в Новосибирской обл. (пос. Завьялово) в 2000–2018 гг. Для более полного понимания закономерностей изменчивости аэрозольных параметров расчеты проведены для разных сезонов. Максимальное ослабление корреляционных связей с высотой наблюдается в зимний период, в том числе за счет температурной инверсии в приземном слое. В остальные сезоны ослабление происходит более медленно. Летом высокие значения коэффициентов корреляции (в районе 0,8) наблюдаются до высот в 2 км. На высотах около 7 км в основном наблюдаются отрицательные значения корреляции, за исключением весенних значений.

## ИЗМЕНЧИВОСТЬ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА АЭРОЗОЛЕЙ В ЭКСПЕДИЦИЯХ «ТРАНСАРКТИКА-2019»

С.А. Попова<sup>1</sup>, О.В. Чанкина<sup>1</sup>, В.И. Шпартко<sup>1</sup>, С.М. Сакерин<sup>2</sup>,  
В.И. Макаров<sup>1</sup>, Д.Д. Ризе<sup>3</sup>, А.О. Почуфаров<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского СО РАН, г. Новосибирск, Россия

<sup>2</sup>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

<sup>3</sup>Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург, Россия

e-mail: popova@kinetics.nsc.ru, chankina@kinetics.nsc.ru, onil-97@mail.ru, sms@iao.ru,

makarov@kinetics.nsc.ru, denis94@yandex.ru, poa216@iao.ru

Представлены материалы экспериментальных исследований изменчивости массовой концентрации аэрозоля, органического/элементного углерода и элементного состава аэрозолей в ходе 2-х экспедиций в рамках проекта «Трансарктика-2019». Первая экспедиция, дрейф во льдах Баренцева моря на базе НЭС «Академик Трешников», проводилась с 28 марта по 4 мая 2019 г. Маршрут второй экспедиции, на базе НИС «Профессор Мультиановский», проходил от Владивостока до Мурманска с 25 июля по 8 сентября 2019 г. В докладе показано сравнение основных характеристик аэрозоля с данными, полученными в ходе морской экспедиции в 2018 г. на НИС «Мстислав Келдыш».

## THE POLARIZATION CHARACTERISTICS OF CIRRUS CLOUD USING LIDAR AND RADAR IN HEFEI

Zhenzhu Wang<sup>1</sup>, A. Borovoi<sup>2</sup>, A. Konoshonkin<sup>2</sup>, N. Kustova<sup>2</sup>,  
Dong Liu<sup>1</sup>, Chenbo Xie<sup>1</sup>, Yingjian Wang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Key Laboratory of Atmospheric Optics, Anhui Institute of Optics and Fine Mechanics,  
Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031, China

<sup>2</sup>V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, Tomsk, Russia

e-mail: zzwang@aiofm.ac.cn

Clouds strongly regulate radiative transfer and the hydrological cycle, which are important parts of Earth's weather and climate. As one of important type, cirrus clouds are important components of the atmosphere which essentially modulate the radiative budget of the Earth. Cirrus clouds are consisted mainly of ice crystals, and the properties are poorly studied yet because of the strong spatial and temporal variability and difficulties of field measurements. Lidar and radar are two useful tools for cirrus clouds, which can provide the possibility to retrieve the vertical profiles of both the number density of particles and their microphysical characteristics, especially, when they operate together. In this study, a multi-wavelength Lidar and a 35 Ghz Radar with polarization channels are employed to measure the properties of cirrus clouds in Hefei. The extinction coefficient, backscattering coefficient at 0.532  $\mu\text{m}$  from lidar, and the effective reflectivity factor from radar are inversed for use. Furthermore, the quantities responsible for microphysics can be extracted and explained as the dimensionless values, such as the depolarization ratio, lidar-radar ratio and others. Then these microphysical properties for cirrus cloud during campaigns are analyzed and compared with calculating results.

## СИНХРОННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ АТМОСФЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ

А.П. Ростов, Н.А. Шефер

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

e-mail: rostov@iao.ru, shefer@iao.ru

С целью исследования атмосферной турбулентности нижних слоев атмосферы, проведена серия экспериментов с использованием многопараметрического измерителя турбулентных микропульсаций компонент скорости ветра, температуры, влажности, давления и концентрации аэрозольных частиц. Результаты статистической обработки экспериментальных временных рядов коэффициента аэрозольного рассеяния (нефелометр), компонент скорости ветра и температуры (ультразвуковой анемометр-термометр) приводятся. Также синхронно производилась регистрация относительной и абсолютной влажности, проходящей и уходящей радиации. В процессе автоматизированных измерений осуществлялось накопление данных о турбулентных характеристиках различных метеопараметров в приземном слое атмосферы. На основе полученной экспериментальной информации рассмотрено синхронное поведение статистических характеристик измеряемых субстанций и их турбулентных потоков и некоторые предварительные результаты их комплексной обработки и анализа.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ДЫМОВОГО АЭРОЗОЛЯ ПРИ МОДЕЛИРУЕМОМ СЖИГАНИИ ЛЕСНЫХ ГОРЮЧИХ МАТЕРИАЛОВ В БОЛЬШОЙ АЭРОЗОЛЬНОЙ КАМЕРЕ

С.А. Попова<sup>1</sup>, С.А. Трубачев<sup>1</sup>, Е.П. Яушева<sup>2</sup>, П.Н. Зенкова<sup>2</sup>, В.И. Макаров<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского СО РАН, г. Новосибирск, Россия

<sup>2</sup>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

e-mail: popova@kinetics.nsc.ru, satrubachev@gmail.com, helen@iao.ru, zpn@iao.ru, makarov@kinetics.nsc.ru

В Большой аэрозольной камере ИОА СО РАН было проведено 20 экспериментов по сжиганию 2-х типов лесных горючих материалов (древесина сосны, хвойный опад) в разных соотношениях тлеющего/пламенного режимов горения. Определен химический состав (PM, OC, EC, элементный состав) свежей дымовой эмиссии (через 2 ч после поджига субстрата) и стареющего аэрозоля (на 1-е и 2-е сутки) в темновых условиях. Проведен анализ изменчивости основных характеристик дымового аэрозоля при его старении в условиях разного вклада тлеющего и пламенного режимов горения.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕНОСА ОКИСЛОВ АЗОТА В ШЛЕЙФЕ ВЫБРОСОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭФФЕКТИВНЫХ УРАВНЕНИЙ ХИМИЧЕСКОЙ КИНЕТИКИ

Ю.В. Мухартова<sup>1</sup>, М.А. Давыдова<sup>1</sup>, Н.Ф. Еланский<sup>2</sup>, О.В. Постыляков<sup>2</sup>, С.А. Захарова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, физический факультет, Россия

<sup>2</sup>Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия  
e-mail: muhartova@yandex.ru, m.davydova@physics.msu.ru, elansky@ifaran.ru, sa.zakharova@physics.msu.ru, oleg.postylyakov@gmail.com

Работа посвящена моделированию процессов переноса окислов азота ( $\text{NO}_x = \text{NO} + \text{NO}_2$ ) в шлейфе выбросов промышленных предприятий. Основной целью является сопоставление результатов расчета концентрации  $\text{NO}_2$  в шлейфе при известных метеорологических параметрах атмосферного пограничного слоя с данными спутниковой съемки. Попадая в атмосферу, окислы азота вступают в достаточно сложную цепочку химических реакций. Для того чтобы избежать необходимости решения большого числа уравнений диффузии–реакции–адвекции, в работе предпринята попытка выделить основные компоненты, участвующие в реакциях, а именно,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$  и  $\text{O}_3$ , и заменить в кинетических уравнениях слагаемые, отвечающие за реакции указанных веществ с прочими, некоторыми эффективными слагаемыми, выражающимися через концентрации  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$  и  $\text{O}_3$ .

## МОДЕЛЬ СПЕКТРАЛЬНОГО ХОДА КОЭФФИЦИЕНТА АЭРОЗОЛЬНОГО ОСЛАБЛЕНИЯ ДЛЯ ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ

Н.Н. Щелканов

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: snn@iao.ru

Получена модель спектрального хода коэффициента аэрозольного ослабления на основе экспериментальных данных полученных в аридной зоне Казахстана. Входным параметром модели является метеорологическая дальность видимости. Модель позволяет рассчитать коэффициенты аэрозольного ослабления для приземного слоя атмосферы в области спектра 0,4–12 мкм при метеорологической дальности видимости более 20 км.

## СРАВНЕНИЕ ДВУХ МОДЕЛЕЙ АЭРОЗОЛЬНОГО ОСЛАБЛЕНИЯ ДЛЯ ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ

Н.Н. Щелканов

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: snn@iao.ru

Проведено сравнение модели, полученной на основе экспериментальных данных для приземного слоя атмосферы аридной зоны Казахстана, с двумя моделями Филиппова–Иванова–Макарова в области спектра 0,4–12 мкм при метеорологической дальности видимости более 20 км. Показано, что модели Филиппова–Иванова–Макарова дают завышенные значения коэффициентов аэрозольного ослабления в видимой области спектра и заниженные – в инфракрасной области спектра.

## DETERMINATION OF WIND TURBULENCE PARAMETERS FROM MEASUREMENTS WITH A Stream Line LIDAR IN STRONG WINDS

I.N. Smalikho, V.A. Banakh, A.A. Sukharev, E.V. Gordeev

*V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, Tomsk, Russia  
e-mail: smalikho@iao.ru, banakh@iao.ru, sukharev@iao.ru, gordeev@iao.ru*

We have developed a new method for estimating wind turbulence parameters from measurements with a conically scanning Stream Line lidar. This method is applicable for an arbitrary ratio of the wind velocity to the linear speed of the probed volume motion. The method was applied to estimate the turbulent energy dissipation rate and radial velocity variance from lidar measurements on the shore of Lake Baikal in 2019 during strong winds. In this experiment, it was found that without taking into account the transfer of turbulent inhomogeneities by the average wind, the estimate of the dissipation rate can exceed the true value by more than 4 times.

## РЕГИСТРАЦИЯ ОБРАТНО РАССЕЯННОГО ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ SPAD-КАМЕРОЙ

А.И. Гришин, А.В. Крючков, А.А. Лисенко, Г.Г. Матвиенко, В.С. Шаманаев

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: aig@iao.ru, kaw@iao.ru, lisenko@iao.ru, matvienko@iao.ru, shvs@iao.ru*

Описаны возможности регистрации профиля обратно рассеянного импульсного лазерного излучения в атмосфере и экспериментальные данные полученные с лазером длиной волны 532 нм и SPAD-камерой форматом 64 × 32 пикселя.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОБНАРУЖЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВОДНОМ АЭРОЗОЛЕ В ФИЛАМЕНТНО-ИНДУЦИРОВАННОЙ ЭМИССИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Ю.С. Толстоногова<sup>1,2</sup>, С.С. Голик<sup>1,2</sup>, А.Ю. Майор<sup>1,2</sup>, В.В. Лисица<sup>1,2</sup>,  
А.А. Ильин<sup>1,2</sup>, А.В. Боровский<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН, г. Владивосток, Россия*  
<sup>2</sup>*Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия*  
*e-mail: mebius0112@yandex.ru, golik\_s@mail.rumayor@iacp.dvo.ru, snap06@googlemail.com, ifitfizik@gmail.com*

Оценены возможности метода филаментно-индуцированной эмиссионной спектроскопии для анализа элементного состава водных аэрозолей в атмосфере. Эмиссионные линии химических элементов возбуждались при филаментации фемтосекундных лазерных импульсов (60 фс, 800 нм, 4,4 мДж) в режиме слабой фокусировки линзой с фокусным расстоянием 500 мм в водном аэрозоле. Получены пределы обнаружения алюминия, бария и натрия в водном аэрозоле.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ CH<sub>4</sub> В АТМОСФЕРЕ ИЗ СПЕКТРОВ TANSO-FTS/GOSAT-2 ТЕПЛООВОГО ДИАПАЗОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПО FIRE-ARMS

И.В. Задворных<sup>1</sup>, К.Г. Грибанов<sup>1</sup>, В.И. Захаров<sup>1</sup>, Р. Имасу<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Уральский федеральный университет, лаборатория физики климата и окружающей среды,  
г. Екатеринбург, Россия*

<sup>2</sup>*Институт атмосферных и океанических исследований, Университет Токио, Япония*  
*e-mail: i.zadvornykh@wsibiso.ru, kgribanov@remotesensing.ru, v.zakharov@remotesensing.ru, imasu@aori.u-tokyo.ac.jp*

В августе 2018 г. в рамках продолжения проекта глобального мониторинга парниковых газов был выведен на орбиту второй спутник GOSAT-2. В данной работе при помощи оригинального программного обеспечения FIRE-ARMS проведено восстановление среднего содержания основного изотополога метана в атмосферном столбе из спектров спутникового ИК-Фурье-спектрометра TANSO-FTS/GOSAT-2 в тепловом диапазоне над регионом Канто, Япония (34,75–36,75° с.ш.; 139–141° в.д.) за март 2019 г. Для решения обратной задачи использовался метод оптимального оценивания. В качестве начального приближения использовались данные реанализа JRA-55 Японского метеорологического агентства и данные атмосферной транспортной модели NICAM-TM.

## ВЛИЯНИЕ ФИКОЭРИТРИНА НА ОПТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОРСКОЙ ВОДЫ В АТЛАНТИЧЕСКОМ СЕКТОРЕ ЮЖНОГО ОКЕАНА

П.А. Салюк<sup>1</sup>, Д.И. Глуховец<sup>2,3</sup>, Н.А. Моисеева<sup>4</sup>, В.А. Артемьев<sup>2</sup>, А.Н. Храпко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

<sup>2</sup>Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия

<sup>3</sup>Московский физико-технический институт (НИУ), г. Долгопрудный, Россия

<sup>4</sup>ФИЦ Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь, Россия

e-mail: pavel.salyuk@gmail.com, glukhovets@ocean.ru, nataliya-moiseeva@yandex.ru, artemiev195@yandex.ru, alexkhrapko@mail.ru

Работа посвящена исследованию влияния пигмента фикоэритрина на оптические свойства морской воды в атлантическом секторе Южного океана. Экспедиционные работы проводились в 79-м рейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш» в январе 2020 г. На некоторых станциях было зарегистрировано высокое содержание фикоэритрина, проявившееся в характерных изменениях спектров флуоресценции морской воды, показателя поглощения света взвешенными частицами, а также коэффициента яркости выходящего из воды излучения. В частности, была зарегистрирована флуоресценция этого пигмента, индуцированная солнечным излучением. Наличие фикоэритрина может приводить к занижению оценок концентрации хлорофилла *a* по спутниковым данным, выполняемым с помощью стандартных алгоритмов.

## ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПАРАМЕТРОВ ТОНКОЙ СТРУКТУРЫ ПОЛЯ БИОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ

И.М. Серикова<sup>1</sup>, В.П. Евстигнеев<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>ФИЦ Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь, Россия

<sup>2</sup>Севастопольский государственный университет, Россия

e-mail: irasimwin@yandex.ru, vald\_e@rambler.ru

Предложен метод расчета параметров тонкой структуры поля биолюминесценции, характеризующих тонко-слоистую стратификацию планктонных скоплений. Анализ структуры поля биолюминесценции при пересечении водных масс различной типологии на разрезе от шельфа к глубоководному району показал изменчивость его интегральных характеристик и параметров тонкой структуры. Рассмотрен возможный механизм развития слоев биолюминесценции под термоклином в условиях фронтогенеза.

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТРОПОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ ПО НОЧНЫМ И ДНЕВНЫМ ЛИДАРНЫМ ИЗМЕРЕНИЯМ

С.В. Самойлова, Ю.С. Балин, Г.П. Коханенко, С.В. Насонов, И.Э. Пеннер

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

e-mail: ssv@seversk.tomsknet.ru, balin@iao.ru, kokh@iao.ru, nsvtsk@gmail.com, penner@iao.ru

Данные многочастотного зондирования обеспечивают разделение вертикальных слоев с различными рассеивающими/поглощающими свойствами и оценку их аэрозольных характеристик. Набор оптические параметров позволяет корректно определять микрофизические параметры только по ночным измерениям. В дневное время показатель преломления и некоторые величины функции распределения частиц по размерам также можно восстанавливать, если предварительно и правдоподобно оценивать послойные, средние значения информативного лидарного отношения.

## ПЫЛЬЦЕВЫЕ ЗЕРНА, ИДЕНТИФИЦИРОВАННЫЕ В ЗИМНИХ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКАХ, ВЫПАДАВШИХ НА ЮГЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В 2019 г.

Н.А. Курятникова<sup>1,2</sup>, Н.С. Малыгина<sup>2</sup>, Е.Ю. Митрофанова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Россия

<sup>2</sup>Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия

e-mail: ryabchinnatalia@gmail.com, natmgn@gmail.com, emit@iwep.ru

Представлены результаты микроскопического анализа проб твердых атмосферных осадков (снега), отобранных в начале холодного периода 2019–2020 гг. (ноябрь, декабрь) на трех полигонах, расположенных в соседних нивально-гляциальных системах. В образцах снега были обнаружены пыльцевые зерна *Pinussp.*, *Betulasp.*, представители сем. *Asteraceae*, *Chenopodiaceae*, *Poaceae*. В пробах, отобранных 7 декабря 2019 г.,

на трех полигонах, одновременно были идентифицированы 4 таксона из 5 обнаруженных для всего анализируемого периода и определены территории, с которых могли поступать пыльцевые зерна. Согласно расчету обратных траекторий движения воздушных масс (модель HYSPLIT), анализу карт барической топографии и карт распространения снежного покрова такими территориями являлись территории расположенные южнее ключевых полигонов.

## **АТМОСФЕРНОЕ ПОСТУПЛЕНИЕ МИКРОПЛАСТИКА НА ЮГЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ПО ДАННЫМ МИКРОСКОПИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРОБ СНЕЖНОГО ПОКРОВА**

**Н.С. Малыгина, Р.Ю. Бирюков, А.В. Дьяченко, Д.В. Золотов, Н.А. Курятникова,  
Е.Ю. Митрофанова, Д.П. Першин, Д.В. Черных**

*Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия  
e-mail: natmgn@gmail.com, rubiryukov@mail.ru, dychenko@iwep.ru, zolotov@iwep.ru,  
ryabchinnatalia@gmail.com, emit@iwep.ru, dmitrypersh@gmail.com, chernykhd@mail.ru*

Для оценки возможности атмосферного поступления микропластика на юге Западной Сибири, на двух полигонах был проведен отбор интегральных проб снежного покрова. В данном исследовании снежный покров рассматривали в качестве аккумулятора атмосферных выпадений за холодный период. Применение сканирующего электронного микроскопа (SEM S-3400N Hitachi Science Systems Ltd, Япония) позволило визуально выделить частицы и волокна в полученных образцах, которые предварительно были идентифицированы как микропластик. Для подтверждения того, что обнаруженные частицы являются микропластиком, с применением рентгеновского энергодисперсионного микроанализа (XFlash 4010, Bruker AXS Microanalysis GmbH, Германия) был проанализирован элементный состав этих же образцов, который показал, что обнаруженные частицы и волокна являются пластиком.

## **ЧЕРНЫЙ УГЛЕРОД В ГОРОДСКИХ ЭМИССИЯХ НА ПОЛЯРНОМ КРУГЕ**

**О.Б. Поповичева<sup>1</sup>, В.О. Кобелев<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>НИИЯФ, Московский государственный университет, Россия  
<sup>2</sup>Научный Центр изучения Арктики, г. Салехард, Россия  
e-mail: olga.popovicheva@gmail.com, vasily.kobelev@gmail.com*

Проведены исследования климатически-опасных эмиссий, ориентированные на черный углерод (BC) как наиболее экологически значимую компоненту загрязненной атмосферы городской среды в Арктическом регионе. Три месяца непрерывных измерений с помощью семивольного аэталометра AE33, установленного 4 км от г. Салехарда, показали значительное, в десятки раз превышающее арктический фон в среднем 30–50 нг/м<sup>3</sup>, увеличение концентрации BC при направлении ветра из города. По данным официальной статистики в городских эмиссиях продуктов горения доминируют источники сжигания дизельного топлива и природного газа. Тренд суточного хода идентифицирует значительный вклад эмиссий транспорта и теплоэнергетической системы города. Наибольшее влияние на поглощение на коротких длинах волн, до 958 нг/м<sup>3</sup>, зарегистрировано в период июльских 2019 г. пожаров на Полярном круге.

## **СИСТЕМА ПОСТРОЕНИЯ МАРШРУТОВ АВИАПАТРУЛИРОВАНИЯ ПОЖАРООПАСНЫХ УЧАСТКОВ РАСТИТЕЛЬНОСТИ**

**В.А. Глаголев, А.М. Зубарева**

*Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН, г. Биробиджан, Россия  
e-mail: glagolev-jar@yandex.ru, anna-doroshenko@yandex.ru*

Целью данного исследования является разработка схем авиапатрулирования в зависимости от расположения пожароопасных участков растительности на основе авторской детерминированно-вероятностной модели прогноза возникновения пожаров растительности по данным дистанционного мониторинга Земли. Верификация маршрутов авиапатрулирования выполнена на примере территории Еврейской автономной области.

## ЭФФЕКТЫ МНОГОКРАТНОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА В ЗАДАЧЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОГЛОЩЕНИЯ ПО ХАРАКТЕРИСТИКАМ СВЕТОВОГО ПОЛЯ В МОРЕ

Е.Б. Шибанов

*ФИЦ Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, Россия  
e-mail: e-shybanov@mail.ru*

Рассматривается проблема определения поглощения света *in situ* по результатам измерения параметров светового поля. Для выяснения роли многократного рассеяния в среде с сильно вытянутой индикатрисой рассеяния анализируется численное решение уравнения переноса излучения в глубинном режиме. Индикатриса рассеяния света частицами взвеси была определена по результатам экспериментальных данных измерений углового показателя рассеяния света в Черном море в 2012 г. Считалось, что изменение формы индикатрисы в основном определяется долей молекулярного рассеяния. В расчетах угловой функции глубинного тела яркости применялся новый численный метод, основанный на итерационной процедуре. Проведены сравнения результатов расчетов с величинами, получаемыми по формулам двухпоточкового приближения. Показано, что погрешность этого аналитического приближения превышает погрешность, обусловленную неопределенностью формы индикатрисы рассеяния морской воды.

## ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ЦВЕТЕНИЯ КОККОЛИТОФОРИД 2017 г. В ЧЕРНОМ МОРЕ ПО ОПТИЧЕСКИМ И БИОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Е.Н. Корчемкина<sup>1</sup>, Е.В. Маньковская<sup>1</sup>, Р.И. Ли<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, Россия*

<sup>2</sup>*Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь, Россия  
e-mail: korchemkina@mhi-ras.ru, emankovskaya@mhi-ras.ru,  
raisa-lee@yandex.ru*

На основе натурных и спутниковых данных рассматриваются характеристики кокколитофоридного цветения в мае–июне 2017 г. в Черном море. Показана слабая связь между биологическими характеристиками цветения и оптическими. Также показано, что в 2017 г. оптические свойства на исследуемом полигоне определялись не только кокколитофоридной взвесью, но и взвесью терригенного происхождения. Оценены концентрации взвеси и величины оптических параметров в период цветения.

## ВЛИЯНИЕ ВЕТРА НА ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ХЛОРОФИЛЛА *A* НА СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ ШЕЛЬФЕ ЧЕРНОГО МОЯ

М.В. Цыганова, Е.М. Лемешко

*Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, Россия  
e-mail: m.tsyganova@mhi-ras.ru, evgeny.lemeshko@mhi-ras.ru*

Исследуется пространственно-временная изменчивость концентрации хлорофилла *a* на северо-западном шельфе Черного моря (СЗШЧМ) в зависимости от типа преобладающего ветра. Анализируются среднемесячные данные хлорофилла *a* СМЕМС за 2007–2017 гг. с пространственным разрешением 1 км. В результате предложена схема разбивки СЗШЧМ на 4 региона и методом скользящей корреляции получены оценки коэффициентов взаимной корреляции для каждой пары соседних регионов. Для периода, выделенного по максимальным значениям коэффициентов корреляции, анализировалась повторяемость поля ветра по шести часовым данным ре-анализа ERA-Interim. Длительность и повторяемость транспорта хлорофилла *a* между регионами имеет значительную межгодовую изменчивость. Результаты обсуждаются и сопоставляются с современными представлениями о пространственной изменчивости и кросс-фронтальном обмене хлорофилла *a* на северо-западном шельфе Черного моря.

**ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА И МАССОВОЙ  
КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИЗЕМНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ МОСКОВСКОГО РЕГИОНА  
В НЕТИПИЧНЫХ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЯХ 2019 г.**

**Д.П. Губанова<sup>1</sup>, М.А. Иорданский<sup>2</sup>, П.П. Аникин<sup>1</sup>, Т.М. Кудерина<sup>3</sup>,  
А.И. Скороход<sup>1</sup>, Н.Ф. Еланский<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия*

<sup>2</sup>*Научно-исследовательский физико-химический институт им. Л.Я. Карпова, г. Москва, Россия*

<sup>3</sup>*Институт географии РАН, г. Москва, Россия*

*e-mail: gubanova@ifaran.ru, miordan@mail.ru, petr.anikin@gmail.com, tmkud@yandex.ru,  
skorokhod@ifaran.ru, n.f.elansky@mail.ru*

Представлены первые осенние результаты исследования элементного состава приземных аэрозолей Московского региона по данным комплексного сезонного эксперимента. Выполнен анализ элементного состава аэрозольных частиц в приземном слое атмосферы г. Москвы и в окрестностях осенью 2019 г. при нетипичных погодных условиях. Элементный состав аэрозольных частиц сопоставляется со среднесуточной массовой концентрацией и фракционным составом с учетом синоптических и метеорологических факторов, а также локальных аэрозольных источников. Показано влияние метеорологических условий и локальных источников на изменчивость элементного состава и массовой концентрации приземных аэрозолей.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОЖАРОВ НА СОСТОЯНИЕ  
ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ И АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ  
г. СЕВАСТОПОЛЯ**

**Д.В. Калининская, А.В. Вареник, М.А. Мыслина**

*Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, Россия*

*e-mail: kalinskaya\_d\_v@mail.ru*

Выявлен период особой активности пожаров (август 2017 г.) по мощности излучения и по количеству возгораний за период с 2007 по 2019 г. Проведен статистический анализ данных по пожарам на основе методик обработки изображений в инфракрасном диапазоне (на канале 4 мкм) по данным MODIS и VIIRS и исследованы вариации мощности излучения от пожаров. Проанализированы основные оптические и микрофизические характеристики атмосферного аэрозоля для периодов с наибольшим для Черноморского региона количеством пожаров. Проведен комплексный анализ изменчивости основных оптических характеристик и проб атмосферных осадков для периодов особой активности пожаров. Учитывая, что в результате процессов горения в воздух поступают оксиды азота, проведен анализ проб атмосферных осадков на содержание в них нитратного азота для дней с максимальным количеством термоактивных точек по спутниковым данным с целью выявления возможной корреляции.

**КЕРЧЕНСКИЙ ПРОЛИВ И ЕГО ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ:  
ВОЗМОЖНОСТИ ОПТИЧЕСКОГО И РАДИОЛОКАЦИОННОГО  
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ**

**А.Ю. Иванов<sup>1</sup>, Д.В. Хлебников<sup>1</sup>, Б.В. Коновалов<sup>1</sup>, Н.В. Терлеева<sup>1</sup>, Л.В. Десинов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия*

<sup>2</sup>*Институт географии РАН, г. Москва, Россия*

*e-mail: ivanoff@ocean.ru, dx@ocean.ru, bvkonovalov@yandex.ru,  
nadyad75@mail.ru, ldesinov@yandex.ru*

В докладе на конкретных примерах рассматриваются возможности использования спутниковых данных современных ИСЗ дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), как оптических, так и радиолокационных, для изучения антропогенных загрязнений и состояния морской среды Керченского пролива.

## ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРЫ В г. КРАСНОЯРСКЕ НА ОСНОВЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

А.В. Токарев, Н.Я. Шапарев

*Институт вычислительного моделирования СО РАН, ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск, Россия  
e-mail: tav@icm.krasn.ru*

Рассматривается состояние атмосферы в г. Красноярске (СФО) в показателях устойчивого развития на основе анализа данных, представленных в Государственных докладах «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае» за период с 2007 по 2018 г. Анализируется объем валовых выбросов, их структура и динамика, а также индексы загрязнения атмосферы.

## ВЛИЯНИЕ МЕТЕОУСЛОВИЙ НА КОНЦЕНТРАЦИЮ $PM_{2,5}$ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ КРАСНОЯРСКА

А.В. Токарев, Н.Я. Шапарев

*Институт вычислительного моделирования СО РАН, ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск, Россия  
e-mail: tav@icm.krasn.ru*

Анализируется влияние метеоусловий и рельефа местности на сезонное распределение приземной концентрации  $PM_{2,5}$  в атмосфере г. Красноярска в 2018–2019 гг. Используются данные с Геопортала, разработанного авторами, имеющего связь с региональной системой мониторинга метеоусловий (направление и скорость ветра, относительная влажность и температура воздуха, атмосферное давление) и концентрации частиц  $PM_{2,5}$ .

## ЭФФЕКТИВНАЯ ВЫСОТА АЭРОЗОЛЬНОГО СЛОЯ, ВОССТАНОВЛЕННАЯ ИЗ ИЗМЕРЕНИЙ СПЕКТРАЛЬНОГО ПРОПУСКАНИЯ СВЕТА В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ И СТОЛБЕ АТМОСФЕРЫ В ТОМСКЕ

В.В. Веретенников, С.С. Меньщикова

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: vvv@iao.ru, mss@iao.ru*

Исследована временная изменчивость эффективной высоты аэрозольного слоя  $H_V$  в районе Томска. Эффективная высота определялась как отношение  $H_V = V_\tau / V_\epsilon$  объемных концентраций аэрозольных частиц в столбе атмосферы  $V_\tau$  и приземном слое  $V_\epsilon$ . Объемная концентрация аэрозоля находилась по результатам обращения характеристик спектрального пропускания света в столбе атмосферы и на горизонтальной трассе. Проведено сравнение изменчивости  $H_V$  для субмикронного и грубодисперсного аэрозоля. Показано, что диапазон изменения  $H_V$  субмикронного аэрозоля составил 0,49–2,13 км, грубодисперсного – 0,63–0,82 км. Особое внимание уделено анализу изменчивости  $H_V$  при задымлении атмосферы.

## ДИНАМИКА ОПТИКО-МИКРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЫМОВ СИБИРСКИХ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В БОЛЬШОЙ АЭРОЗОЛЬНОЙ КАМЕРЕ НА СТАДИЯХ ИХ ОБРАЗОВАНИЯ И СТАРЕНИЯ ВО ВРЕМЕНИ

В.С. Козлов<sup>1</sup>, И.Б. Коновалов<sup>2</sup>, В.Н. Ужegov<sup>1</sup>, Д.Г. Чернов<sup>1</sup>, Вас.В. Полькин<sup>1</sup>, П.Н. Зенкова<sup>1</sup>,  
Е.П. Яушева<sup>1</sup>, В.П. Шмаргунов<sup>1</sup>, С.Н. Дубцов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

<sup>2</sup>*ФИЦ Институт прикладной физики РАН, г. Нижний Новгород, Россия*

<sup>3</sup>*Институт химической кинетики и горения СО РАН, г. Новосибирск, Россия  
e-mail: vkozlov@iao.ru, konov@ipfran.ru, victor@iao.ru, chernov@iao.ru, pv@iao.ru,  
zpn@iao.ru, helen@iao.ru, vpush@iao.ru, dubtsov@kinetics.nsc.ru*

В Большой аэрозольной камере ИОА выполнены комплексные исследования оптико-микрофизических характеристик дымов лесных горючих материалов с различным вкладом режимов пламенного и тлеющего горения биомассы при 2-суточном старении в темновых условиях. Исследованы динамика спектральных зависимостей коэффициентов аэрозольного ослабления на длинах волн 0,45–3,9 мкм, рассеяния и поглощения 0,46–0,63 мкм и параметров Ангстрема по аэрозольному ослаблению, рассеянию и поглощению, массовой концентрации и относительного содержания сажи, альбедо однократного рассеяния. На основе сопоставления характеристик модельных дымов с данными для шлейфов дымов удаленных Сибирских лесных пожаров оценены средние значения параметра смешения режимов пламенного горения и тления, наиболее близкие

к описанию поглощающих свойств дымов лесных пожаров. В БАК создана система имитации солнечного УФ-излучения и проведены тестовые эксперименты по генерации вторичного органического аэрозоля при ультрафиолетовом облучении закачанного в камеру приземного воздуха. Ряды наблюдений характеристик натуральных дымов Сибирских лесных пожаров получены при выполнении госзадания по проекту № АААА-А17-117021310142-5. Анализ измерений оптико-микрофизических характеристик дымов в Большой аэрозольной камере ИОА выполнен в 2019 г. при финансовой поддержке РФФ (Соглашение № 19-77-20109).

## **ВЕРИФИКАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ КОНЦЕНТРАЦИИ $PM_{2,5}$ СТАНЦИЯМИ МОНИТОРИНГА ВОЗДУХА CityAir ДЛЯ ОСЕННЕГО ПЕРИОДА**

**Е.Н. Заворуева<sup>1</sup>, В.В. Заворуев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия*

<sup>2</sup>*Институт вычислительного моделирования СО РАН, г. Красноярск, Россия*

*e-mail: zavorueva\_elen@mail.ru, valzav@icm.krasn.ru*

Проанализирована возможность применения станций мониторинга воздуха CityAir для экологического контроля концентрации взвешенных частиц в атмосферном воздухе промышленного мегаполиса в осенний период. Установлено, что показания датчика концентрации взвешенных частиц размером до 2,5 мкм ( $PM_{2,5}$ ) должны быть откорректированы относительно результатов измерения, полученных на стационарных постах наблюдения (работающих по лицензии Росгидромета). После такой корректировки станции CityAir могут быть использованы для экологического мониторинга воздушной среды Красноярска.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ТРАНСГРАНИЧНОГО ПЕРЕНОСА АЭРОЗОЛЯ ИЗ ПУСТЫНЬ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ**

**К.А. Шукуров<sup>1</sup>, А. Rashki<sup>2</sup>, Д.В. Симоненков<sup>3</sup>, О.В. Охлопкова<sup>4</sup>,  
А.В. Невзоров<sup>3</sup>, А.П. Макеев<sup>3</sup>, О.В. Праслова<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия*

<sup>2</sup>*Department of Desert and Arid Zones Management, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran*

<sup>3</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

<sup>4</sup>*ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора, Новосибирская обл., р.п. Кольцово*

*e-mail: karim.shukurov@ifaran.ru, a.rashki@um.ac.ir, simon@iao.ru, ohlopkova\_ov@vector.nsc.ru,  
nevzorov@iao.ru, map@iao.ru, pov@iao.ru, tgn@iao.ru*

Предлагается комплексная методология исследования закономерностей трансграничного переноса аэрозольно-газовых примесей, источниками которых являются пустынные районы Центральной Азии. Разрабатываемая методология включает методы траекторного анализа дальнего переноса и восстановления полей потенциальных источников атмосферных примесей (АП) по данным измерений концентрации АП в точке или содержания в толще по результатам самолетных измерений пробоотбора и лидарного зондирования АОТ.

## **ТРАНСФОРМАЦИЯ АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ В ПОЛЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ**

**К.А. Шмирко<sup>1,2</sup>, В.В. Лисица<sup>1,2</sup>, А.Н. Павлов<sup>1</sup>, С.Ю. Столярчук<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН, г. Владивосток, Россия*

<sup>2</sup>*Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия*

*e-mail: snap06@googlemail.com, shmirkko.ka@dvfu.ru, anpavlov@iacp.dvo.ru,  
systolar@iacp.dvo.ru*

Проведена оценка изменения эффективного радиуса частиц атмосферного аэрозоля при изменении относительной влажности воздуха. При оценке использовалась допущение об однородности состава атмосферного аэрозоля в ходе измерений. Измерения проводились методом многочастотного лидарного зондирования атмосферы.

## **ОСОБЕННОСТИ СПЕКТРАЛЬНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ КОЭФФИЦИЕНТОВ АЭРОЗОЛЬНОГО ОСЛАБЛЕНИЯ И РАССЕЯНИЯ ПО ИЗМЕРЕНИЯМ В ИСКУССТВЕННЫХ ДЫМАХ**

**В.Н. Ужегов<sup>1,2</sup>, В.С. Козлов<sup>1,2</sup>, Вас.В. Польшкин<sup>1,2</sup>, В.П. Шмаргунов<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

<sup>2</sup>*ФИЦ Институт прикладной физики РАН (ИПФ РАН), г. Нижний Новгород, Россия*

*e-mail: uzhegov@iao.ru, vkozlov@iao.ru, pv@iao.ru, vps@iao.ru*

Проведена серия экспериментов в Большой Аэрозольной Камере (БАК) ИОА СО РАН в дымах для хвойного лесного опада и древесины сосны в режимах смешанного горения. В ходе длительного (1–3 сут) старения дымов исследованы взаимные связи между коэффициентами аэрозольного ослабления в диапазоне длин волн 0,4–3,9 мкм и коэффициентами направленного светорассеяния в диапазоне 0,46–0,63 мкм. Определены показатели Ангстрема по ослаблению, и поглощению при изменении относительного вклада режимов тление/горение.

## **СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ВОЗДУХА КРАСНОЯРСКА ФИЦ КНЦ СО РАН: ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ**

**А.А. Кадочников, О.Э. Якубайлик**

*Институт вычислительного моделирования СО РАН, ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск, Россия*

*e-mail: oleg@icm.krasn.ru*

Рассматриваются геоинформационные технологии и программное обеспечение для оперативной оценки загрязнения атмосферы, лежащие в основе системы мониторинга воздуха Красноярск, созданной в ФИЦ КНЦ СО РАН. Представлены результаты измерений концентраций взвешенных частиц станциями мониторинга воздуха ФИЦ КНЦ СО РАН в разных районах города за зимний период 2019–2020 гг. Проводится сравнение полученных результатов с данными краевой ведомственной системы экологического мониторинга Минэкологии Красноярского края.

## **МОНИТОРИНГ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ**

**М.Г. Ерунова, О.Э. Якубайлик**

*Институт вычислительного моделирования СО РАН, ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск, Россия*

*e-mail: oleg@icm.krasn.ru*

Рассматриваются методы анализа динамики вегетационного индекса NDVI по спутниковым данным Terra MODIS и Planet Score различного пространственного разрешения. Сочетание методов геоинформационного моделирования и технологий обработки данных дистанционного зондирования позволяет выявить особенности и закономерности пространственно-временного развития сельскохозяйственных культур. Исследования проводились на примере опытного хозяйства ОПХ «Минино» Красноярского научного центра СО РАН; рассматривались данные для отдельных культур – пшеница, ячмень.

## **DYNAMIC OF TRANSBOUNDARY TRANSPORT OF AEROSOLS FROM THE ARAL SEA TO THE SURROUNDING AREAS (IRAN AND RUSSIA)**

**Rashki Alireza**

*Department of Desert and Arid Zones Management, Ferdowsi University of Mashhad, Iran*

*e-mail: arrashki@gmail.com*

Central Asia is usually affected by dust events of various intensity and from various sources. In the last decades, the exposed bottom of the Aral Sea has transformed to a new hot spot of dust emissions and saline-dust storms. Dust plumes from the desiccated lakebed sediments of the Aral Sea mostly travel toward the south, along Uzbekistan, but still have not been well investigated in Iran and Russia. This study analyses the characteristics of the dust events originated from Aral-Sea dry beds from 2002 to 2018, based on meteorological observations in Turkmenistan, Uzbekistan, Russia Iran, HYSPLIT back/forward trajectories and CALIPSO, MSG dust data (RGB) and Aerosol Optical Depth (AOD) at 10 km × 10 km from MODIS and through a new high resolution (1-km) algorithm. The results show the proximity of the southern territories of Russia, and in particular, the south of western Siberia, to the desert belt determines the susceptibility of the southern Russian territories to air transport with an increased aerosol content from the arid regions of Central Asia. In the spring and summer period, the eastern part of Iran and northwestern of Afghanistan are highly effected by dust storms originating from Turkmenistan, while few events from the Aral Sea reach to these regions.

## ОЦЕНИВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЛАЧНОСТИ ПО СПЕКТРАЛЬНЫМ ИЗМЕРЕНИЯМ РАССЕЯННОЙ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

С.В. Никитин<sup>1</sup>, А.И. Чуличков<sup>1</sup>, А.Н. Боровский<sup>2</sup>, О.В. Постыляков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Россия

<sup>2</sup>Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия

e-mail: sv.nikitin@physics.msu.ru, achulichkov@gmail.com, alexander.n.borovski@gmail.com, oleg-postylyakov@yandex.ru

Облачность оказывает существенное влияние на возможности восстановления содержания малых газов (NO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>CO и др.) в нижней тропосфере методами дифференциальной спектроскопии (DOAS). Поскольку имеется большой объем оптических наблюдений методов DOAS, которые не сопровождаются прямыми измерениями ее характеристик, решение задачи определения свойств облачности по самим спектральным измерениям могло бы повысить точности измерения малых газов. В работе рассматриваются задачи определения характеристик облачности (нижняя граница, оптическая толщина и др.) по характеристикам измеренного рассеянного солнечного излучения (оптическая толщина O<sub>4</sub>, индекс цветности, абсолютная интенсивность и др.). В качестве метода решения возникающих нелинейных задач оценивания используется нейронная сеть, точность оценивания определяется на обучающей выборке, а для характеристики согласия результатов оценивания (т.е. то, насколько можно доверять оценке параметров и ее погрешности) используется контрольная выборка.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АЭРОЗОЛЯ В ЮГО-ВОСТОЧНОМ КРЫМУ

М.С. Артамонова<sup>1</sup>, О.Г. Чхетиани<sup>1</sup>, В.А. Лапченко<sup>2</sup>, Л.О. Максименков<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия

<sup>2</sup>Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского – природный заповедник РАН – филиал ФИЦ Института биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН, г. Феодосия, республика Крым, Россия

e-mail: artamonova@ifaran.ru, ochkheti@gmail.com, ozon.karadag@gmail.com, leonidmax@gmail.com

Представлены результаты экспериментальных исследований микрофизических параметров аэрозольных частиц в приземном слое атмосферы в юго-восточном Крыму на станции фонового экологического мониторинга (СФЭМ) Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского – природный заповедник РАН филиал ФИЦ ИнБЮМ, выполненные в сентябре 2018 г. – июне 2019 г. Определен дисперсный состав и значения счетной концентрации аэрозольных частиц в диапазоне 0,15–5 мкм для этого периода. Массовая концентрация аэрозольных частиц определялась расчетным методом и составила для частиц PM<sub>5</sub> от 5 до 80 мкг/м<sup>3</sup>. Сделан химический анализ проб аэрозоля, отобранных на фильтры при первичных измерениях, и определен их элементный состав.

## ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ СОДЕРЖАНИЯ NO<sub>2</sub> В ТРОПОСФЕРЕ С ВЫСОКИМ РАЗРЕШЕНИЕМ ПО ИЗМЕРЕНИЯМ ГСА/Ресурс-П: РЕЗУЛЬТАТЫ И ВАЛИДАЦИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИЗМЕРЕНИЙ

О.В. Постыляков<sup>1</sup>, А.Н. Боровский<sup>1</sup>, К.А. Шукуров<sup>1</sup>, А.А. Макаренков<sup>2</sup>, М.А. Давыдова<sup>3</sup>, Ю.В. Мухартова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия

<sup>2</sup>Рязанский государственный радиотехнический университет, Россия

<sup>3</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Россия

e-mail: oleg-postylyakov@yandex.ru, alexander.n.borovski@gmail.com, s7ran9erx@gmail.com, m.davydova@physics.msu.ru, muhartova@yandex.ru

В 2016–2019 гг. были проведены эксперименты по восстановлению пространственного распределения NO<sub>2</sub> в тропосфере с высоким пространственным разрешением с использованием спектральных измерений аппаратуры ГСА на спутниках серии «Ресурс-П». Авторами доклада разработан алгоритм восстановления интегрального распределения NO<sub>2</sub> с горизонтальным пространственным разрешением, достигающим 2,4 км впервые на мировом уровне и представляемым на сетке с шагом 120 м. Высокое пространственное разрешение космических измерений NO<sub>2</sub> впервые позволило идентифицировать локальные источники загрязнения NO<sub>2</sub> и их шлейфы.

## ОСЛАБЛЕНИЕ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КАК ФУНКЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТИЦ ПО РАЗМЕРАМ МОРСКОГО СОЛЕВОГО АЭРОЗОЛЯ

Г.А. Калошин

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: gkaloshin@iao.ru*

Представлены результаты расчетов спектральных профилей коэффициентов аэрозольного ослабления  $\varepsilon(\lambda)$ , выполненных по программе MaexPro для полных и частичных спектров размера частиц морского солевого аэрозоля (МСА) для характерных, максимальных и минимальных входных параметров в модель. Показаны существенные различия в спектрах  $\varepsilon(\lambda)$  для частичных и для полного спектра размеров частиц  $\Delta r = 0,01$ –100 мкм. Определены условия использования частичных спектров размеров частиц МСА. Так при расчетах энергетики оптического сигнала в диапазоне спектра  $\Delta\lambda = 0,2$ –12 мкм целесообразно использовать данные  $\varepsilon(\lambda)$ , рассчитанные на основе функций распределения частиц по размерам (ФРЧР) для полного спектра размеров частиц МСА  $\Delta r = 0,01$ –100 мкм.

## ВЛИЯНИЕ АЭРОЗОЛЯ НА ВОЗМОЖНОСТИ НАВЕДЕНИЯ ПО ЛАЗЕРНОМУ ПУЧКУ

Г.А. Калошин<sup>1</sup>, С.А. Шишкин<sup>1,2</sup>, В.В. Жуков<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

<sup>2</sup>*АО «НИИ «ЭКРАН», г. Самара, Россия*

<sup>3</sup>*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия*

*e-mail: gkaloshin@iao.ru, shishkin\_s@mail.ru, vl123@tpu.ru*

Обсуждаются возможности дистанционного обнаружения лазерных пучков, распространяющихся в рассеивающей атмосфере, при регистрации вне осевой зоны пучка. Рассмотрена модель для расчета рассеянного излучения в прибрежной зоне, основанная на решениях Ми. Представлены результаты оценки потоков непрерывного лазерного излучения для различных дистанций и метеоусловий. Проведен анализ относительного вклада различных компонентов аэрозоля в энергетику рассеянного излучения в области малых углов рассеяния. Результаты полевых исследований показывают, что при выбранных условиях измерений и типов лазерных пучков наблюдается сильная зависимость контраста яркости от типа пучка и метеорологической дальности видимости.

## АЭРОЗОЛЬНЫЕ ИНДИКАТРИСЫ РАССЕЯНИЯ ПРИБРЕЖНЫХ ДЫМОК

Г.А. Калошин<sup>1</sup>, С.А. Шишкин<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

<sup>2</sup>*АО «НИИ «ЭКРАН», г. Самара, Россия*

*e-mail: gkaloshin@iao.ru, shishkin\_s@mail.ru*

Приводятся результаты расчетов аэрозольных индикатрис рассеяния, выполненных по микрофизической модели аэрозоля приземного слоя морской и прибрежной атмосферы MaexPro. Рассмотрена изменчивость индикатрис, включая ореольную часть, от относительной влажности воздуха, ветрового режима, разгона, высоты и метеорологической дальности видимости. Показана сильная зависимость индикатрис от разгона и скорости ветра. При малых значениях разгона индикатрисы имеют относительно более крутой вид, характерный для прибрежного аэрозоля. С увеличением разгона вид индикатрис становится характерным для морского аэрозоля. Полученные данные показывают сильную зависимость индикатрис от высоты и относительной влажности.

## ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОЗОЛЬНЫХ ВЫПАДЕНИЙ В ОКРЕСТНОСТИ ТЭЦ-5 г. НОВОСИБИРСКА

В.В. Коковкин<sup>1,2</sup>, В.Ф. Рапуга<sup>2,3</sup>, О.В. Шуваева<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН, г. Новосибирск, Россия*

<sup>2</sup>*Новосибирский государственный университет, Россия*

<sup>3</sup>*Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,  
г. Новосибирск, Россия*

Представлены результаты полевых, химико-аналитических и численных исследований аэрозольных выпадений неорганических компонентов снежного покрова в окрестностях Новосибирской ТЭЦ-5 в зимнем сезоне 2018/19 гг. Отбор проб проводился на господствующих направлениях зимней розы ветров на расстояниях

1,0–20 км. После топления пробы анализировали методами атомной абсорбции, атомной эмиссии, капиллярного электрофореза, рН-метрии, кондуктометрии и гравиметрии. Показано, что с удалением от источника по таким параметрам, как осадок, содержание основных макро-, а также микроэлементов в целом наблюдается падение концентраций. С целью выявления принадлежности примесей единому источнику проведен статистический анализ корреляций микроэлементов. Выполнен численный анализ данных мониторинга загрязнения снежного покрова на основе моделей реконструкции слабо оседающих примесей.

## LASER REMOTE GAS ANALYSIS OF THE ATMOSPHERE

**O.A. Romanovskii**

*V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics, SB RAS, Tomsk, Russia  
e-mail: roa@iao.ru*

The measurement complexes of Siberian Lidar Station at V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS (Tomsk) are described. Certain main results of more than 20-year laser monitoring of the atmosphere are considered. A lidar complex for measuring the OVD in the altitude range  $\sim(5-45)$  km has been created. Here, we analyze the results of ozone lidar measurements at wavelengths of 299/341 nm and 308/353 nm at the Siberian Lidar Station (SLS) and compare them with satellite (AURA/MLS and IASI/MetOp) measurements of OVD. The retrieved lidar OVD profiles in the upper troposphere – stratosphere in comparison with AURA/MLS and IASI/MetOp profiles, as well as the stitched OVD profile in comparison with the mid-latitude Kruger model confirm the prospects of using the pairs of ozone sounding wavelengths 299/341 and 308/353 nm.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СПЕКТРАЛЬНОЙ ЗАВИСИМОСТИ СИГНАЛОВ ОБРАТНОГО РАССЕЯНИЯ ОТ АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ НА ДЛИНАХ ВОЛН CO<sub>2</sub>-ЛАЗЕРА

**Чжан Шо<sup>1</sup>, А.А. Карапузиков<sup>2</sup>, А.В. Климкин<sup>1</sup>, Г.П. Коханенко<sup>1</sup>,  
А.Н. Куряк<sup>1</sup>, К.Ю. Осипов<sup>1</sup>, Ю.Н. Пономарев<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

<sup>2</sup>*ООО «Специальные технологии», г. Новосибирск, Россия*

*e-mail: 862238537@qq.com, anton@iao.ru, kokh@iao.ru, kurjak@iao.ru,  
osipov@iao.ru, yuron@iao.ru*

Обсуждаются результаты экспериментов по регистрации обратного рассеяния ИК-излучения от различных аэрозольных образований. Исследования проводились на стенде макетирования лидарных измерений при контролируемой трассе. В качестве модельных сред служили распыленные в кювете вода и растворы в воде триптофана, соли, спирта, глицерина и восстановленного никотинамидадениндинуклеотида (NADH). Для проведения экспериментов стенд был дооборудован источником ИК-излучения – перестраиваемым волноводным CO<sub>2</sub>-лазером, и ИК-приемником – охлаждаемым лазером, и ИК-лазером, и ИК-приемником – охлаждаемым приемником – охлаждаемым жидким азотом КРТ. В результате экспериментов была определена возможность дискриминировать ряд аэрозолей между собой по изменениям в спектре поглощения при перестройке длины волны лазерного излучения по линиям CO<sub>2</sub>-лазером, и ИК-приемником – охлаждаемым лазером, что может быть использовано в дистанционном лазерном зондировании.

## МАКЕТ ОБЪЕКТИВА С ЖИДКОСТНОЙ СИСТЕМОЙ ИЗМЕНЕНИЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ В ДАЛЬНЕЙ ИК-ОБЛАСТИ СПЕКТРА

**В.С. Ефремов, Д.Г. Макарова**

*Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Россия  
e-mail: ews49@mail.ru, diana\_ssga@mail.ru*

Рассмотрена конструкция макета вариообъектива для моделирования процессов и определения проблем в работе жидкостной системы изменения увеличения и поиска оптимальных жидкостей для субмиллиметрового диапазона спектра.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ НИЖНЕЙ АТМОСФЕРЫ НА КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ИЗОТОПОВ ВОДЫ $H_2^{17}O$ И $H_2^{18}O$

С.Ф. Баландин

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: bal@iao*

Исследованы принципиальные возможности использования корреляционной методики для вертикального зондирования изотопов воды  $H_2^{17}O$  и  $H_2^{18}O$  с использованием светочувствительной матрицы в нижнем атмосферном слое на горизонтальной трассе длиной в 1000 м в спектральном ИК-диапазоне 1120–1200  $cm^{-1}$ . Рассчитаны аппаратные функции, определены погрешности измерений.

## МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ СЕРИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ОБЛАЧНОСТИ ПРИ НАБЛЮДЕНИИ С ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ

В.П. Галилейский, А.И. Елизаров, Д.В. Кокарев, А.М. Морозов

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: gvp@iao.ru, alex@iao.ru, kd\_v\_02@iao.ru, moroz@iao.ru*

Рассматриваются методы и алгоритмы, используемые при разработке программно-технических систем регистрации и анализа изображений облачности, при наблюдении с поверхности Земли. Рассматриваются методы предварительной обработки изображений и оценивается возможность определения направления и видимой угловой скорости перемещения облачности на основе серии изображений с целью составления краткосрочного прогноза.

## ОПЕРАТОРНЫЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОБ ИСПАРЕНИИ ДВУХ НАГРЕВАЕМЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ АТМОСФЕРНЫХ АЭРОЗОЛЬНЫХ КАПЕЛЬ С ПРОИЗВОЛЬНЫМИ РАДИУСАМИ

А.С. Хасанов

*РЭУ им. Г.В. Плеханова, г. Москва, Россия  
e-mail: ankhasanov@yandex.ru*

Методами линейных операторов решена задача о протекающем в диффузионном режиме испарении нагрываемых внутренними источниками тепла двух крупных взаимодействующих аэрозольных капель с произвольными радиусами в атмосфере в случае, когда нагрев капель происходит вследствие поглощения, падающего на них монохроматического излучения. Получены формулы для нахождения полей температуры и концентрации вокруг капель, формулы для изучения зависимости радиусов испаряющихся капель от времени.

## RESTORATION OF COMPLEX OF OPTICAL CHARACTERISTICS OF THE CLASS “ATMOSPHERIC SMOKES” OF ALL SEASONS

P.N. Zenkova, S.A. Terpugova, V.V. Polkin, Vas.V. Polkin,  
V.S. Kozlov, M.V. Panchenko, E.P. Yausheva

*V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, Tomsk, Russia  
e-mail: zpn@iao.ru, swet@iao.ru, pmv@iao.ru, victor@iao.ru, pv@iao.ru,  
vkozlov@iao.ru, helen@iao.ru*

Based on the proposed classification of optical and microphysical characteristics according to the types of “aerosol weather”, the complex of optical characteristics of the haze class of all seasons of the year was restored. This paper presents an approach we are developing to the formation and improvement of an empirical model of the optical characteristics of the tropospheric aerosol in Western Siberia, which is based on the results of many years of measurements at the aerosol station of the IAO SB RAS.

**ВЫБРОСЫ ЧЕРНОГО УГЛЕРОДА ОТ КРУПНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ  
В СИБИРИ В 2019 ГОДУ И ИХ ВОЗМОЖНОЕ ВЛИЯНИЕ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ  
АТМОСФЕРЫ И ИЗМЕНЕНИЕ РАДИАЦИОННОГО БАЛАНСА  
НА РЕГИОНАЛЬНОМ И МЕСТНОМ УРОВНЕ**

**В.А. Гинзбург<sup>1,2</sup>, С.В. Кострыкин<sup>1,3</sup>, В.Н. Коротков<sup>1</sup>, А.П. Ревокатова<sup>1,4</sup>,  
П.Д. Полумиева<sup>1</sup>, М.С. Зеленова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Институт глобального климата и экологии им. академика Ю.А. Израэля, г. Москва, Россия*

<sup>2</sup>*Институт географии РАН, г. Москва, Россия*

<sup>3</sup>*Институт вычислительной математики им. Г.И. Марчука РАН, г. Москва, Россия*

<sup>4</sup>*Гидрометцентр России, г. Москва, Россия*

Представленное исследование направлено на оценку выбросов черного углерода от крупных лесных пожаров в русской бореальной тайге летом 2019 г. Проведена оценка их возможного влияния на загрязнение атмосферы и изменение радиационного баланса на региональном и местном уровне.

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СУЛЬФАТНОГО  
АЭРОЗОЛЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГЕОИНЖЕНЕРНОГО МЕТОДА  
СТРАТОСФЕРНЫХ СУЛЬФАТНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ**

**С.В. Кострыкин<sup>1,2,3</sup>, А.П. Ревокатова<sup>2,5</sup>, В.А. Гинзбург<sup>2,4</sup>**

<sup>1</sup>*Институт вычислительной математики им. Г.И. Марчука РАН, г. Москва, Россия*

<sup>2</sup>*Институт глобального климата и экологии им. академика Ю.А. Израэля, г. Москва, Россия*

<sup>3</sup>*Институт физики атмосферы им. Г.И. Обухова РАН, г. Москва, Россия*

<sup>4</sup>*Институт географии РАН, г. Москва, Россия*

<sup>5</sup>*Гидрометцентр России, г. Москва, Россия*

Выполнено сравнение оптических параметров сульфатного аэрозоля из баз данных GADS и HITRAN. Выявлены существенные отличия в некоторых параметрах в ИК-диапазоне. Проведены модельные эксперименты по геоинженерной стабилизации глобальной температуры при разных параметрах распределения аэрозольных частиц по размерам. Распределение, соответствующее наибольшей эффективности метода, близко к предсказанному теоретически, а также к тому, что возникает в результате извержения вулкана. Рассмотренные вариации размеров частиц приводят к тому, что эффективность метода может отличаться от оптимальной на 30%.

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ОПТИЧЕСКИХ СХЕМ  
ПРИЕМНОГО ТЕЛЕСКОПА ЛИДАРА НА ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ  
ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕГИСТРИРУЕМОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

**Р.Е. Эбель, А.А. Дорошкевич**

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия*

*e-mail: romavnet@mail.ru, antdoro@mail.ru*

Корректная интерпретация результатов поляризационного лазерного зондирования требует учета трансформации характеристик излучения, происходящей в оптическом тракте лидара, который может приводит к ослаблению, деполаризации, а иногда и изменению вида поляризации распространяемого в нем излучения. В докладе приводятся результаты оценки влияния приемного телескопа лидара, построенного на различных оптических схемах, на энергетические и поляризационные характеристики излучения.

## **РАСПРЕДЕЛЕНИЕ В ПЛОСКОСТИ РЕГИСТРАЦИИ СТЕПЕНИ ПОЛЯРИЗАЦИИ ЛИДАРНОГО СИГНАЛА ДВУКРАТНОГО РАССЕЯНИЯ ОТ КАПЕЛЬНЫХ АЭРОЗОЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ РАЗЛИЧНОЙ МИКРОСТРУКТУРЫ**

**А.А. Дорошкевич, В.В. Брюханова**

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия  
e-mail: antdoro@mail.ru, leo@mail.tsu.ru*

Распространение оптического излучения в оптически плотных или удаленных аэрозольных образованиях сопровождается многократным рассеянием света, которое приводит не только к ослаблению излучения, но и к его деполяризации. В случае поляризационного лазерного зондирования таких сред особенностью формируемого потока двукратно рассеянного излучения является неравномерное распределение поляризационных характеристик по сечению пучка, поступающего на вход приемной системы лидара. В докладе рассматриваются результаты численного моделирования лидарного сигнала от капельных аэрозольных образований в приближении двукратного рассеяния. Основное внимание уделяется анализу влияния размеров капельных частиц на распределение степеней поляризации лидарного сигнала двукратного рассеяния в плоскости регистрации приемной системы лидара.

## **ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СНЕГОВЫХ ОСАДКОВ, СОПРОВОЖДАЕМЫХ ВЕТРОМ**

**В.В. Кальчихин, А.А. Кобзев, Д.Е. Филатов**

*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: vvk@imces.ru, kaa@imces.ru, dmitrii.04101995@gmail.com*

Рассмотрены традиционные и современные приборы для измерения характеристик снега. Получены и проанализированы данные измерений параметров снеговых осадков. Рассмотрены особенности измерения характеристик осадков виде снега, сопровождаемых ветром. Изложены основные идеи для разработки нового измерителя параметров метелей, отвечающего современным требованиям.

# КОНФЕРЕНЦИЯ D ФИЗИКА ТРОПОСФЕРЫ

## ДИСТАНЦИОННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ ОТ ГРОЗ (НА ПРИМЕРЕ ЯКУТИИ)

М.С. Васильев<sup>1,2</sup>, Р.Н. Бороев<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Институт космических исследований и аэронавтики им. Ю.Г. Шафера СО РАН – обособленное подразделение ФИЦ «Якутский научный центр СО РАН», г. Якутск, Россия

<sup>2</sup>Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия  
e-mail: m.s.vasiliev@ikfia.ysn.ru, boroyev@ikfia.ysn.ru

Рассматривается дистанционный метод определения возникновения лесных пожаров (ЛП) от гроз в Якутии. Данные по ЛП ( $N_{\text{pix}}$  – количество «пожарных» пикселей) получены с помощью спектрорадиометра MODIS/Terra, Aqua (уровень достоверности от 80–100%) системы FIRMS (Fire Information for Resource Management System, <https://earthdata.nasa.gov/data/near-real-time-data/firms>). Данные грозовых разрядов – Мировая сеть локализации молний WWLLN (World Wide Lightning Location Network, <http://wwlln.net/>). Проводился анализ грозовых разрядов за период от 1–10 дней до даты обнаружения пожара. Пространственное сопоставление очагов грозовых разрядов и ЛП проводилось с радиусом окружности 10 км имеющий центр относительно очага горения. Проведено сопоставление процента возникновения ЛП от гроз по данным дистанционного метода с информацией предоставленной ГБУ РС (Я) «Авиалесоохрана».

## ВОЗМОЖНАЯ ПРИЧИНА АНОМАЛЬНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АОТ В КОНЦЕ ЗИМЫ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

М.С. Васильев<sup>1,2</sup>, С.В. Николашкин<sup>1</sup>, С.В. Титов<sup>1</sup>, П.П. Макаров<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт космических исследований и аэронавтики им. Ю.Г. Шафера СО РАН – обособленное подразделение ФИЦ «Якутский научный центр СО РАН», г. Якутск, Россия

<sup>2</sup>Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия  
e-mail: m.s.vasiliev@ikfia.ysn.ru

Приводится анализ обратных траекторий распространения воздушных масс для определения промышленных районов вносящих вклад в загрязнение атмосферного воздуха в Центральной Якутии. Информацией о загрязнении атмосферного воздуха в Центральной Якутии служат аномалии спектрального распределения среднемесячных значений аэрозольной оптической толщи (АОТ) в конце (ноябрь) – начале (февраль) зимы, выявленные в работе [1]. За период ноябрь и февраль месяцы 2004–2017 гг. рассматривались дни со среднемесячными значениями АОТ, относительно которых проводился анализ обратных траекторий распространения воздушных масс по данным HYSPLIT с возможным содержанием загрязняющих веществ.

1. Vasiliev M.S., Nikolashkin S.V., Titov S.V. Special features of the spectral distribution of AOD by measurements in Yakutsk (AERONET) for the period 2004–2017 // Proc. SPIE 11208, 25th International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics, 112086H (18 December 2019). DOI: 10.1117/12.2536520.

## МЕЖГОДОВАЯ ДИНАМИКА РЕГИОНАЛЬНОГО И ТРАНСГРАНИЧНОГО ПЕРЕНОСА ВОЗДУШНЫХ МАСС НА ТЕРРИТОРИИ ПРИБАЙКАЛЬЯ ЗА 2010–2018 гг.

М.Ю. Шиховцев, Е.В. Моложникова

Лимнологический СО РАН, г. Иркутск, Россия  
e-mail: max97irk@yandex.ru, yelena@lin.irk.ru

С помощью модели HYSPLIT исследованы процессы переноса примесей и атмосферной циркуляции на территории Прибайкалья за 2010–2018 гг. Для определения повторяемости неблагоприятных метеорологических ситуаций, способствующих рассеиванию выбросов от крупных региональных источников на акваторию оз. Байкал, был произведен расчет прямых траекторий движения воздушных масс. Для выявления случаев трансграничного переноса указывающих на влияние удаленных источников загрязнения атмосферы на состояние воздушного бассейна над озером были проанализированы обратные траектории движения воздушных масс.

## АНТРОПОГЕННЫЙ ФАКТОР КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

Г.М. Белокуров

*Институт углехимии и химического материаловедения ФИЦ угля  
и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия  
e-mail: belongem@yandex.ru*

Атмосферные циклоны развиваются за счет энергии электрического поля Земли. Тепловая энергия дает лишь толчок на этапе зарождения циклона, насыщая воздух парами воды. Вода имеет большую энергию сродства к электрону. Испаряясь, вода уносит электроны, осуществляя коронацию поверхностного заряда Земли. Высоковольтные линии электропередачи (ЛЭП), радиолокация и радиотелефония, мощными электромагнитными излучениями стряхивают заряженные молекулы воды с поверхности Земли, усиливая процесс испарения и, соответственно, увеличивая концентрацию воды в атмосфере и мощность циклонов. Этот процесс усиливает проникновение теплых масс воздуха к полюсам, а холодных к экватору, вызывая в тропиках снежные бури, а в умеренных широтах ливни и наводнения. Вывод – климатические изменения имеют антропогенное происхождение.

## СЕМИПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ ОЦЕНКИ МАКСИМАЛЬНОГО ПРАВДОПОДОБИЯ В ЗАДАЧАХ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ МИНИ-СОДАРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В АПС

В.А. Симахин<sup>1</sup>, Л.Г. Шаманаева<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>*Курганский государственный университет, Россия*

<sup>2</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

<sup>3</sup>*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия  
e-mail: sva\_full@mail.ru, sima@iao.ru*

Предложен метод нахождения семи параметрических робастных оценок максимального правдоподобия для семейства распределений Тьюки. Метод позволяет получать робастные оценки не только для удаленных, но и внутренних выбросов. Показано, что данные оценки сходятся к оценкам максимального правдоподобия в условиях полупараметрических задач, когда доля и распределение выбросов неизвестны. Полученные оценки использованы для обработки результатов мини-содарных измерений вертикальных профилей компонентов скорости ветра в АПС, в которых, присутствует значительное количество как удаленных, так и внутренних выбросов. На конкретных примерах показана высокая эффективность предложенных оценок.

## АКУСТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ КРУПНЫХ ПОЖАРОВ НА ГАЗОПРОВОДАХ

Ю.С. Рыбнов, А.А. Спивак, Я.О. Романовский, С.П. Соловьев, В.А. Харламов

*Институт динамики геосфер РАН, г. Москва, Россия  
e-mail: rybnov.y@mail.ru, spivak@idg.chph.ras.ru, romanovskii.io17@physics.msu.ru,  
soloviev@idg.chph.ras.ru, kharlamov@idg.chph.ras.ru*

На основе анализа данных инструментальных наблюдений показано, что крупные пожары на газопроводах проявляются в локальных вариациях амплитуды акустических колебаний. Формирование над неподвижным очагом горения сильно нагретой конвективной струи газообразных продуктов обеспечивает интенсивное поступлений в нее холодного воздуха. При этом образование градиентов давления и температуры вблизи факела приводит к образованию вихревых структур в атмосфере и генерации инфразвука. Рассмотрен пример сильного пожара на газопроводе в г. Москва 10.05.2009 г.

## АКУСТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ГОРНЫХ ЛАВИН

В.В. Адушкин, А.А. Спивак

*Институт динамики геосфер РАН, г. Москва, Россия  
e-mail: adushkin@idg.chph.ras.ru, aaspivak100@gmail.com*

Обсуждаются акустические процессы, сопровождающие обрушение горных склонов, а также сход крупных снежных и каменных лавин. Приведены основные характеристики акустических возмущений, вызванных крупными лавинами.

## РОБАСТНЫЕ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ ДАТЧИКИ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН ДЛЯ ОБРАБОТКИ МИНИ-СОДАРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

В.А. Симахин<sup>1</sup>, Л.Г. Шаманаева<sup>2,3</sup>, А.В. Маер<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Курганский государственный университет, Россия

<sup>2</sup>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

<sup>3</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия  
e-mail: sva\_full@mail.ru; sima@iao.ru

Предложены бутстреп-процедуры обработки данных физических экспериментов при решении полунепараметрических задач. Предложен алгоритм построения робастного непараметрического датчика случайных величин, который использован для создания алгоритмов бутстреп-процедур. Полунепараметрические бутстреп-процедуры использованы для обработки результатов мини-содарных измерений компонентов скорости ветра в пограничном слое атмосферы.

## УДАЛЕННЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ЭКСПЛОЗИВНОЙ СТАДИИ ИЗВЕРЖЕНИЯ ВУЛКАНА «СТРОМБОЛИ» 3.07.2019 г., ИТАЛИЯ

С.А. Рябова, Я.О. Романовский, А.А. Спивак

Институт динамики геосфер РАН, г. Москва, Россия

e-mail: riabovasa@mail.ru, romanovskii.io17@physics.msu.ru, aaspivak100@gmail.com

С использованием результатов инструментальных наблюдений показано, что эксплозия вулкана «Стромболи», произошедшая 3.07.2019 г., вызвала вариации напряженности атмосферного электрического поля и амплитуды атмосферного тока на геофизической обсерватории «Михнево» и в Центре геофизического мониторинга г. Москвы ИДГ РАН, расположенных на расстояниях соответственно ~2450 и ~2500 км от источника.

## ПРОЯВЛЕНИЕ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ИЗВЕРЖЕНИЙ В АКУСТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЯХ

В.В. Адушкин, А.А. Спивак, Ю.С. Рыбнов, С.А. Рябова, В.А. Харламов

Институт динамики геосфер РАН, г. Москва, Россия

e-mail: adushkin@idg.chph.ras.ru, aspivak100@gmail.com, rybnov.y@mail.ru,  
riabovasa@mail.ru, kharlamov@idg.chph.ras.ru

Приведены результаты анализа данных, полученных при инструментальных наблюдениях за акустическими эффектами, сопровождающими вулканические извержения.

## ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В ПРИЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЕ, ВЫЗВАННЫЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕМ 24.01.2020 г., ТУРЦИЯ

С.А. Рябова, Ю.С. Рыбнов, Я.О. Романовский, А.А. Спивак, В.А. Харламов

Институт динамики геосфер РАН, г. Москва, Россия

e-mail: riabovasa@mail.ru, rybnov.y@mail.ru, romanovskii.io17@physics.msu.ru,  
aaspivak100@gmail.com, kharlamov@idg.chph.ras.ru

Рассмотрены возмущения магнитного поля, электрических характеристик и микробарических вариаций в приземной атмосфере, вызванные сильным землетрясением, произошедшим в Турции 24.01.2020 г. Эффекты зарегистрированы в обсерватории «Михнево» ИДГ РАН на расстоянии ~1900 км от очага землетрясения.

## ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ КРУПНЫХ ПОЖАРОВ В МОСКОВСКОМ РЕГИОНЕ

А.А. Спивак, Ю.С. Рыбнов, С.А. Рябова, Я.О. Романовский, С.П. Соловьев, В.А. Харламов

Институт динамики геосфер РАН, г. Москва, Россия

e-mail: aaspivak100@gmail.com, rybnov.y@mail.ru, riabovasa@mail.ru,  
romanovskii.io17@physics.msu.ru, soloviev@idg.chph.ras.ru, kharlamov@idg.chph.ras.ru

На основе анализа данных инструментальных наблюдений показано, что крупные пожары проявляются в локальных вариациях электрического поля и амплитуды акустических колебаний. Формирование над областью пожара зоны с измененными термодинамическими характеристиками вызывает в период наиболее интенсивного горения формирование акустико-гравитационных волн с частотой Брента–Вяйсяля. Рассмотрен пример сильного пожара в г. Москва 13.12.2019 г.

## **О СВЯЗИ ВАРИАЦИЙ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ ЗЕМЛИ С МУЛЬТИДЕКАДНЫМИ КОЛЕБАНИЯМИ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ОКЕАНА**

**В.А. Безверхний, А.Н. Груздев**

*Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия  
e-mail: vabezv@mail.ru, a.n.gruzdev@mail.ru*

На основе данных о вариациях среднегодовых величин температуры поверхности океана (SST) в различных регионах в 1870–2018 гг. и о соответствующих вариациях длительности суток (LOD) получено пространственное распределение изменений SST в зависимости от LOD. Установлено, что вариации SST в регионе Эль-Ниньо а также АМО имеют значительное запаздывание относительно LOD. Показано, что мультидекадные вариации (в диапазоне 60–80 лет) осредненного глобального уровня океана (GMSL) запаздывают относительно LOD на 22 года. Есть основания предполагать, что определенная согласованность мультидекадных вариаций LOD, изменений среднего уровня Мирового океана и температуры его поверхностных вод может быть связана с геодинамическими процессами.

## **МЕЖГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ИНТЕГРАЛЬНОГО ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ АТМОСФЕРЫ НА ТЕРРИТОРИИ ЕВРОПЫ, ГЛОБАЛЬНАЯ ЦИРКУЛЯЦИЯ И ЭЛЬ-НИНЬО**

**О.Г. Хуторова, В.Е. Хуторов**

*Казанский федеральный университет, Россия  
e-mail: olga.khutorova@kpfu.ru*

Исследована изменчивость временных рядов интегрального влагосодержания атмосферы для территории Европы по данным реанализа ERA5. Обнаружены нерегулярные, но значимые квазипериодические флуктуации с периодами от 2 до 12 лет, когерентные арктическому колебанию и другим индексам циркуляции. Показано, что локальная вейвлет-корреляция этих вариаций достигает 0,7–0,9. Установлена перемежающаяся значимая когерентность экваториальных процессов и циркуляции северного полушария для квазипериодических вариаций с масштабами 2–6 лет.

## **УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ ПОГОДЫ ЗИМНЕГО ПЕРИОДА ПРИ ВЫХОДЕ ЮЖНОГО ЦИКЛОНА В ПРИЧЕРНОМОРЬЕ**

**Т.Е. Данова**

*Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, Россия  
e-mail: danova8@mail.ru*

Представлен анализ условий реализации опасных явлений погоды зимнего периода при выходе Балканского циклона в район Причерноморья 29.12.2014 г. Рассчитаны влажностно-динамические параметры тропосферы при прохождении циклона. Показано, что в зоне циклонической активности на фоне мощного струйного течения до 29,5 км с максимальной скоростью 89 м/с, наблюдалось формирование правого поворота ветра в нижнем слое от 5 до 145°; в средней и верхней тропосфере – левого поворота ветра от 5 до 15° при значительных вертикальных градиентах. В районе прохождения циклона интегральные значения влагосодержания достигали 18,66 кг/м<sup>2</sup>, в зоне действия мощного струйного течения наблюдалось увеличение значений влагопереноса до 542,5 кг/м · с, что способствовало интенсификации процессов осадкообразования.

## **СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОЛИЧЕСТВА ОБЛАЧНОСТИ В СРЕДИЗЕМНОМОРСКО-ЧЕРНОМОРСКОМ РЕГИОНЕ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ**

**Т.М. Баянкина, Т.Е. Данова**

*Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, Россия  
e-mail: bayankina\_t@mail.ru, danova8@mail.ru*

На основе спутниковых изображений с ИСЗ «Meteosat» сформирован архив по количеству облачности в баллах для Средиземноморско-Черноморского бассейна за период 1984–2009 гг. Выполнена валидация сформированного спутникового архива с архивом спутниковых данных ISCCP D2 и наземных наблюдений архива

SYNOR. Изучены особенности географического распределения годового и сезонного хода облачности. На основе полученного массива данных выявлено, что зона максимума количества облаков над акваторией Черного моря в зимний сезон года свидетельствует об активной стадии черноморской депрессии, с характерным для нее стационарирующим атмосферным фронтом. Максимум поля среднеквадратических отклонений для зимнего периода в районе северной Африки характеризует зону циклогенеза. Результаты Фурье анализа показали наличие квазидвухлетней гармоника, при этом наибольшая амплитуда колебаний свойственна зимнему и весеннему периодам, а наименьшая – летнему периоду.

## ТЕПЛОВЫЕ И МЕДЛЕННЫЕ НЕЙТРОНЫ В АТМОСФЕРЕ У ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

**В.Л. Янчуковский, А.Ю. Белинская, Р.З. Хисамов**

*Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, г. Новосибирск, Россия*  
e-mail: YanchukovskiyVL@ipgg.sbras.ru, BelinskayaAY@ipgg.sbras.ru, karanarim@sibmail.ru

Представлен детектор тепловых и медленных нейтронов для непрерывных наблюдений потока нейтронов у земной поверхности. Приводятся его конструкция и основные характеристики. Рассматриваются результаты мониторинга нейтронного потока у поверхности Земли. По данным непрерывных наблюдений выполнена оценка барометрического эффекта для тепловых и медленных нейтронов у земной поверхности. Рассматриваются сезонные изменения анизотропии потока тепловых и медленных нейтронов у поверхности Земли.

## ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОЗДУХА НА УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ. СЕМАНТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

**А.А. Барт<sup>1</sup>, А.З. Фазлиев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия*  
<sup>2</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*  
e-mail: Bart@math.tsu.rufaz@iao.ru

Предложена модель выделения и описания субъектов загрязнения на территории для решения задач поддержки принятия решений в случаях стихийных бедствий и техногенных аварий. Детально рассмотрены характеристики загрязнения входящие в модель. Для формирования базы знаний СППР в работе использовано онтологическое представление знаний. Работа выполнена в рамках гранта РФФИ (№ 19-71-20042).

## ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ ЗАВИСИМОСТИ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ТУРБУЛЕНТНОСТИ ОТ СКОРОСТИ ВЕТРА

**В.А. Гладких, В.П. Мамышев, И.В. Невзорова, С.Л. Одинцов**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

Рассматривается возможность параметризации зависимости кинетической энергии турбулентности от горизонтальной скорости ветра. Расчеты анализируемых величин проводились на основе экспериментальных данных, полученных с помощью ультразвуковых анемометров-термометров в течение двух лет в разных пунктах наблюдения.

## ИНДЕКСЫ ЦИРКУЛЯЦИИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

**В.В. Метик-Диунова, С.И. Казаков, Ю.В. Симонова, С.А. Майборода, А.С. Богуславский**

*Черноморский гидрофизический подспутниковый полигон ФИЦ МГИ (ЧГПП),  
г. Ялта, нпт. Кацивели, Россия*  
e-mail: margodiu1@rambler.ru, science@bshpg-ras.ru, julia.simonova.0502@gmail.com,  
sergey.mayboroda.72@mail.ru, al\_bhs@mail.ru

Рассмотрены региональные особенности изменчивости экстремальных температур Южного берега Крыма в зимний период. Проанализированы степень и характер влияния на формирование экстремальных аномалий приземной температуры воздуха различных индексов циркуляции, таких как Северо-Атлантическое, Восточно-Атлантическое, Восточно-Атлантическое/Западно-Российское, Скандинавское колебания. Использовались данные многолетних наблюдений за 1981–2018 гг.

## ОСОБЕННОСТИ ГЕОМАГНИТНЫХ ВАРИАЦИЙ В ДИАПАЗОНЕ ПЕРИОДОВ ОТ 12 ДО 17 СУТ ПО ДАННЫМ ОБСЕРВАТОРИИ «МИХНЕВО»

С.А. Рябова<sup>1,2</sup>, С.Л. Шалимов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт динамики геосфер им. академика М.А. Садовского РАН, г. Москва, Россия

<sup>2</sup>Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва, Россия  
e-mail: riabovasa@mail.ru, pmsk7@inbox.ru

С использованием результатов геомагнитного мониторинга на геофизической обсерватории «Михнево» и методов спектрального анализа исследованы спектральные гармоники геомагнитных вариаций в диапазоне периодов от 12 до 17 сут. Выделены: гармоники, связанные с вариацией солнечной активности; гармоники, обусловленные модуляционным воздействием длиннопериодных вариаций на более короткопериодные; гармоники, близкие к периодам приливных волн, и гармоника, близкая к периоду атмосферной планетарной 16-суточной волны.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ САЛЬТАЦИИ АЛЕВРИТОВЫХ И ПЕСЧАНЫХ ЧАСТИЦ В ВЕТРОПЕСЧАНОМ ПОТОКЕ

Г.И. Горчаков<sup>1</sup>, А.В. Карпов<sup>1</sup>, В.М. Копейкин<sup>1</sup>, С.Ф. Мирсаитов<sup>1</sup>, Д.В. Бунтов<sup>1</sup>,  
Г.А. Курбатов<sup>1,3</sup>, Р.А. Гущин<sup>1,2</sup>, О.И. Даценко<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия

<sup>2</sup>МИРЭА – Российский технологический университет, г. Москва, Россия

<sup>3</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, физический факультет, Россия  
email: gengor@ifaran.ru, karpov@ifaran.ru, kopeikin@ifaran.ru, msf25@mail.ru, dbunt@mail.ru, kurbatov\_ga@physics.msu.ru, gushchin@ifaran.ru, datsenko@ifaran.ru

Выполнено исследование динамики сальтации частиц алевритовой и песчаной фракции в ветропесчаном потоке на опустыненной территории. Показано, что конвективные когерентные структуры существенно влияют на интенсивность сальтации. Проанализирована связь концентрации сальтирующих частиц со скоростью ветра в приземном слое атмосферы. В отличие от нижнего слоя в верхнем слое сальтации связь концентрации частиц со скоростью ветра оказалась нелинейной. Изучен режим турбулентности на опустыненной территории при возникновении сальтации. Охарактеризовано различие спектров флуктуаций вертикальной и горизонтальной компонент скорости ветра. Получены вертикальные профили концентраций алевритовых и песчаных частиц и оценено влияние на профили концентраций частиц вариаций скорости ветра. Определены вертикальные градиенты концентраций сальтирующих алевритовых и песчаных частиц.

## ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ КОНЦЕНТРАЦИИ ЧАСТИЦ В ВЕТРОПЕСЧАНОМ ПОТОКЕ ПРИ КВАЗИНЕПРЕРЫВНОЙ САЛЬТАЦИИ

Р.А. Гущин<sup>1,2</sup>, Г.И. Горчаков<sup>1</sup>, А.В. Карпов<sup>1</sup>, О.И. Даценко<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия

<sup>2</sup>МИРЭА – Российский технологический университет, г. Москва, Россия

e-mail: gushchin@ifaran.ru, gengor@ifaran.ru, karpov@ifaran.ru, datsenko@ifaran.ru

Представлены результаты измерений вертикальных профилей суммарной концентрации и дифференциальных счетных концентраций сальтирующих алевритовых и песчаных частиц на опустыненной территории для различных значений скорости ветра. Предложены экспоненциальные аппроксимации вертикальных профилей концентрации в нижнем и верхнем слоях сальтации. Определены логарифмические градиенты концентраций алевритовых и песчаных частиц в условиях квазинепрерывной сальтации.

## ПРОФИЛИ КОНЦЕНТРАЦИИ И ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ПОТОК САЛЬТИРУЮЩИХ ЧАСТИЦ

Г.И. Горчаков<sup>1</sup>, А.В. Карпов<sup>1</sup>, Р.А. Гущин<sup>1,2</sup>, О.И. Даценко<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия

<sup>2</sup>МИРЭА – Российский технологический университет, г. Москва, Россия

e-mail: gengor@ifaran.ru, karpov@ifaran.ru, dbunt@mail.ru, gushchin@ifaran.ru, datsenko@ifaran.ru

Выполнено сопоставление опубликованных результатов исследования вертикальных профилей массовой концентрации и массового потока сальтации в ветровых каналах и на опустыненных территориях. Обсуждаются существующие параметризации интегрального массового потока сальтирующих частиц.

## ВАРИАЦИИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ КОМПОНЕНТЫ СКОРОСТИ ВЕТРА НА ОПУСТЫНЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ

А.В. Карпов<sup>1</sup>, Г.И. Горчаков<sup>1</sup>, Г.А. Курбатов<sup>1,2</sup>,  
Р.А. Гушин<sup>1,3</sup>, О.И. Даценко<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия

<sup>2</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
физический факультет, Россия

<sup>3</sup>МИРЭА – Российский технологический университет, г. Москва, Россия

email: karpov@ifaran.ru, gengor@ifaran.ru, kurbatov\_ga@physics.msu.ru, gushchin@ifaran.ru,  
datsenko@ifaran.ru

Предложена степенная аппроксимация скорости гравитационного осаждения алевритовых частиц. По данным измерений 15.08.2010 г. на опустыненной территории в Астраханской обл. в приземном слое атмосферы турбулентных пульсаций компонент скорости ветра с частотой 50 Гц с помощью акустической метеостанции Metek получена эмпирическая функция распределения вертикальной компоненты скорости ветра. Показано, что в приземном слое атмосферы возможен вертикальный эффективный перенос алевритовых частиц. При снижении частоты измерений турбулентных пульсаций значительная часть информации о возможности вертикального переноса алевритовых частиц становится недоступной.

## ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ПРОФИЛИ ПАРАМЕТРОВ ФУНКЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ САЛЬТРУЮЩИХ ЧАСТИЦ ПО РАЗМЕРАМ

О.И. Даценко<sup>1,2</sup>, Г.И. Горчаков<sup>1</sup>, А.В. Карпов<sup>1</sup>, Д.В. Бунтов<sup>1</sup>, Р.А. Гушин<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия

<sup>2</sup>МИРЭА – Российский технологический университет, г. Москва, Россия

e-mail: datsenko@ifaran.ru, gengor@ifaran.ru, karpov@ifaran.ru,  
dbunt@mail.ru, gushchin@ifaran.ru

По данным измерений на трех уровнях в ветропесчаном потоке получены аппроксимации функции распределения сальтирующих частиц по размерам суммой двух логарифмических распределений. Построены вертикальные профили параметров функции распределения по размерам. Предложены аналитические аппроксимации вертикальных профилей параметров указанной аппроксимации, которые характеризуют среднюю тенденцию изменения концентрации и формы распределения частиц в ветропесчаном потоке в условиях квазинепрерывной сальтации.

## СОПОСТАВЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ОБЛАЧНОСТИ НАД ТЕРРИТОРИЕЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ПО ДАННЫМ MODIS И VIIRS В ДНЕВНОЕ И НОЧНОЕ ВРЕМЯ СУТОК

А.В. Скороходов

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

e-mail: vazime@yandex.ru

Представлены результаты сопоставления характеристик облачности различных типов по данным MODIS и VIIRS, полученным в дневное и ночное время. В качестве целевого региона рассматривается территория Западной Сибири. Приведены результаты оценки достоверности распознавания различных типов облачности по данным указанных спутниковых систем. При этом применяется перекрестное использование наборов эффективных классификационных характеристик. Изложены результаты выделения спектральных особенностей по данным MODIS для различных типов облаков на основе анализа DNB-изображений VIIRS за сходное время. Данный подход основан на определении структуры глобального поля облачности в ночное время над рассматриваемым регионом. Обсуждаются результаты оценки суточной изменчивости характеристик некоторых типов облаков по эпизодам их наблюдения обеими спутниковыми системами.

## **ОЦЕНКА ВКЛАДОВ КОМПОНЕНТОВ ВЕКТОРА ВЕТРА И ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА РАЗНЫХ МАСШТАБОВ В ТУРБУЛЕНТНЫЕ ПОТОКИ ТЕПЛА В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ**

**В.А. Гладких, В.П. Мамышев, И.В. Невзорова, С.Л. Одинцов**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

Обсуждаются результаты анализа смешанных моментов компонентов вектора ветра и температуры воздуха при разложении исходных выборок на «детерминированную», «локальную» и «турбулентную» составляющие. Исходные выборки экспериментальных данных получены с помощью ультразвукового анемометра-термометра в приземном слое атмосферы урбанизированной территории. Основная цель работы заключалась в сопоставлении вкладов «локальных» и «турбулентных» вариаций метеорологических параметров в суммарный поток тепла в летнее время.

## **СТАТИСТИКА КОМПОНЕНТОВ, ФОРМИРУЮЩИХ ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ТУРБУЛЕНТНЫЕ ПОТОКИ ТЕПЛА В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ**

**В.А. Гладких, В.П. Мамышев, И.В. Невзорова, С.Л. Одинцов**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

Обсуждаются результаты статистического анализа вариаций температуры воздуха и вертикального ветра, формирующих величину и знак вертикального турбулентного потока тепла. Анализируется статистика произведения этих вариаций в разное время суток в летний период времени. Исходными для анализа являются результаты измерения метеорологических параметров с помощью ультразвуковых метеостанций в разных пунктах наблюдения на разных высотах в приземном слое атмосферы. Основная цель работы заключалась в выяснении роли различных комбинаций величин, определяющих величину и знаки потока тепла в дневное и ночное время.

## **ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НИЖНЕЙ СЛОИСТООБРАЗНОЙ ОБЛАЧНОСТИ И ОСАДКОВ НАД ТЕРРИТОРИЕЙ СИБИРИ**

**Н.Я. Ломакина, А.В. Лавриненко**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

*e-mail: lnya@iao.ru, gfm@iao.ru*

Приводятся результаты статистического анализа характеристик нижней слоистообразной облачности и осадков, полученные по данным 8-срочных метеорологических наблюдений 62 станций Сибирского региона за последние 50 лет (1969–2018 гг.). Проведены исследования среднесезонных значений количества слоистообразных облаков нижнего яруса ( $Sc$ ,  $St$ ,  $Ns$ ) для четырех сезонов, а также среднесезонных и среднегодовых значений количества осадков на территории Сибири.

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ДОЛГОВРЕМЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА СЛОИСТООБРАЗНЫХ ОБЛАКОВ НИЖНЕГО ЯРУСА НАД СИБИРСКИМ РЕГИОНОМ**

**Н.Я. Ломакина, А.В. Лавриненко**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

*e-mail: lnya@iao.ru, gfm@iao.ru*

Представлены результаты анализа долговременных изменений нижней слоистообразной облачности ( $Sc$ ,  $St$ ,  $Ns$ ) над территорией Сибирского региона за последние 50 лет (1969–2018 гг.), проведенного по данным наземных наблюдений 62 метеорологических станций. Исследование долговременных изменений среднегодовых и среднесезонных значений количества облаков нижнего яруса были проведены с использованием кривых межгодового хода, а также линейных трендов и величин их интенсивности (баллы/10 лет).

## ДИСТАНЦИОННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ МЕТЕООБЪЕКТОВ ТРОПОСФЕРЫ НАЗЕМНЫМ АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ ЛИДАРНО-РАДИОМЕТРИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ (НАЛРК)

**А.П. Величко, М.М. Бахарев, Я.И. Перминов**

*МИРЭА – Российский технологический университет, г. Москва, Россия*  
*e-mail: velap57@yandex.ru, bakharev.mikhail@yandex.ru,*  
*yaperminov@gmail.com*

Актуальной является разработка новых дистанционных средств измерений, в которых применяется программируемая измерительная и вычислительная техника, позволяющая автоматизировать процессы зондирования атмосферы, анализа результатов и выдачи информации в реальном масштабе времени. Основной тенденцией развития такой аппаратуры является полная автоматизация процессов измерения и обработки полученных данных, чтобы свести к минимуму работу оператора, а также возможность передислокации этой аппаратуры в любую доступную для транспорта точку местности. На основе элементной и аппаратурной базы последнего поколения на кафедре РТУ МИРЭА «Приборы и информационно-измерительные системы» создан и апробирован прецизионный и автоматизированный лидарнорadiометрический комплекс дистанционного зондирования наземного базирования для определения характеристик облачности различных типов и контроля метеопараметров атмосферы.

## КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ АТМОСФЕРЫ И АЛЬБЕДО ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ В РОССИЙСКОЙ АРКТИКЕ В АПРЕЛЕ

**А.А. Виноградова<sup>1</sup>, Т.Б. Титкова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия*  
<sup>2</sup>*Институт географии РАН, г. Москва, Россия*  
*e-mail: anvinograd@yandex.ru, ttitkova@yandex.ru*

Анализируется изменчивость температуры приземного воздуха в зависимости от вариаций потока падающей радиации, альbedo подстилающей поверхности, содержания черного углерода в столбе атмосферы, а также от количества твердых и жидких осадков – в четырех тестовых районах вблизи арктического побережья европейской и азиатской частей России. Используются данные реанализа спутниковой информации и измеренных величин MERRA-2 и WATCH для апреля 2010–2016 гг. Изучаются изменения суточных значений указанных параметров в течение месяца (тренды), а также от дня ко дню. Для оценки изменчивости и корреляции рассматриваемых величин применен многофакторный регрессионный анализ. Оценены возможные изменения радиационного форсинга альbedo поверхности в течение апреля в разных районах Российской Арктики.

## ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЙ ЗИМНИХ СРЕДНИХ СУТОЧНЫХ АНОМАЛИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА АЗИАТСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

**Е.А. Кочугова**

*Иркутский государственный университет, Россия*  
*e-mail: kochugovae@mail.ru*

Зимние месяцы вносят наибольший вклад в повышение среднегодовой температуры воздуха на территории Российской Федерации. Данная особенность особенно важна для Сибири, поскольку период быстрого роста температуры в этом регионе на 85–90% был обусловлен смягчением зим. В работе исследованы изменения зимних температур воздуха на территории (50–70° с.ш. и 60–120° в.д.) за период 1947–2017 гг. Выявлен положительный тренд температуры (скорость 0,3 °C/10 лет). Исследовано распределение положительных и отрицательных аномалий температуры воздуха. Очаги наибольшей повторяемости крупных отрицательных аномалий расположены на юге и юго-западе района исследований. Крупные положительные аномалии наблюдались на всей рассматриваемой территории, а экстремально крупные – лишь на 20% станций.

## ДОЛГОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ОСАДКОВ НАД ТЕРРИТОРИЕЙ СИБИРСКОГО РЕГИОНА

Н.Я. Ломакина, А.В. Лавриненко

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г.Томск, Россия  
e-mail: lnya@iao.ru, gfm@iao.ru*

Представлены результаты анализа долговременных изменений количества осадков над территорией Сибирского региона за последние 50 лет (1969–2018 гг.), проведенного по данным наземных наблюдений 62 метеорологических станций. Проведено исследование долговременных изменений среднегодовых и среднесезонных значений количества осадков с использованием кривых межгодового хода, а также линейных трендов и величин их интенсивности (мм/10 лет).

## РАСПРОСТРАНЕНИЕ ДВ-СВ РАДИОВОЛН НАД СТРУКТУРОЙ «ТОЛСТЫЙ ЛЕД – МОРЕ»

Ю.Б. Башкуев, М.Г. Дембелов, Д.Г. Буянова

*Институт физического материаловедения СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия  
e-mail: buddich@mail.ru, mdembelov@mail.ru, dbuy@mail.ru*

Представлены результаты моделирования условий распространения ДВ-СВ радиоволн над импедансной структурой «толстый лед – море» в Северном Ледовитом океане. Рассмотрены методы расчета напряженности поля земной волны на высокоширотных импедансных трассах с толщиной льда от 2 до 9 м. Результаты необходимы для расчетов функции ослабления  $W$  и уровня поля  $E$  радиоволн.

## СТАТИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ХАРАКТЕРИСТИК АТМОСФЕРНЫХ ВНУТРЕННИХ ВОЛН И ИХ СИГНАТУР ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ

А.В. Скороходов<sup>1</sup>, К.В. Курьянович<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

<sup>2</sup>*Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Россия  
e-mail: vazime@yandex.ru, ksuyain@mail.ru*

Представлены результаты построения статистической модели характеристик атмосферных внутренних волн и их сигнатур на основе спутниковых данных и аэрологических измерений. Она формировалась путем определения законов распределения, которыми описываются флуктуации значений параметров исследуемых волновых процессов и их облачных проявлений. В качестве целевого региона рассматривалось Тихоокеанское побережье Российской Федерации. Описание эпизодов наблюдения атмосферных внутренних волн было основано на восстановлении геометрических характеристик их сигнатур и физических параметров самих волновых процессов. При этом использовались спутниковые данные MODIS и результаты аэрологической зондирования сетью наземных метеостанций. Обсуждаются перспективные направления использования результатов построения статистических моделей.

## ДОЛГОПЕРИОДНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ В РАЗЛИЧНЫЕ ЦИКЛЫ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

К.А. Каримов, Р.Д. Гайнутдинова, Г.Ш. Жунушова, Д.Н. Крымская

*Институт физики НАН КР, г. Бишкек, Кыргызская Республика  
e-mail: epfk@rambler.ru, zhunushova.gulnara@mail.ru, dina.krymskaya@yandex.ru*

Исследован температурный режим нижней атмосферы над Кыргызстаном в различные циклы солнечной активности. Выявлена зависимость долгопериодных климатических вариаций приземной температуры от солнечной активности, которая наиболее четко прослеживается на уровнях 2040 и 3700 м. В периоды максимума активности выявлен рост приземной температуры в зимний период и ее уменьшение в минимуме солнечной активности.

## О СОВРЕМЕННОМ ПОВЫШЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В СЕВЕРНОМ ПОЛЯРНОМ РЕГИОНЕ

**П.Г. Ковадло, А.Ю. Шиховцев, С.А. Язев**

*Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск, Россия  
e-mail: kovadlo2006@rambler.ru, ashikhovtsev@mail.iszf.irk.ru,  
SYazev@gmail.com*

Обсуждаются причины ускоренного увеличения температуры в приповерхностном слое атмосферы в полярной области Северного полушария. Анализ физических факторов повышения температуры выполнен на основе осредненных расчетных характеристик противоизлучения атмосферы. В расчетах использованы данные архива NCEP/NCAR Reanalysis за период 1948–2019 гг. и PIOMAS за период 1979–2019 гг. Дана количественная оценка атмосферного и океанического притоков тепла в зимний период. Постепенное освобождение полярных областей северного полушария ото льда является основной причиной наблюдаемого потепления. Рассматриваются детали предложенного механизма и ряд дополнительных условий, влияющих на основной процесс.

## ПОТОКИ И СКОРОСТЬ СУХОГО ОСАЖДЕНИЯ ОЗОНА В ЛЕСНОЙ СРЕДЕ ВБЛИЗИ оз. БАЙКАЛ

**А.С. Заяханов, Г.С. Жамсуева, В.В. Цыдыпов, Т.С. Бальжанов**

*Институт физического материаловедения СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия  
e-mail: azayakhanov@gmail.com, galinazham@gmail.com, tsydypov.vadim@gmail.com,  
tbalzhanov@gmail.com*

Исследованы характеристики газообменных процессов (потoki и скорости сухого осаждения приземного озона) между атмосферой и лесной растительностью на основе микрометеорологических моделей. Для определения потоков и скорости сухого осаждения газовых компонент в лесном массиве применен новый модифицированный микрометеорологический метод с использованием градиентов концентраций озона между уровнями выше и ниже верхней части купола леса (метод MGM). Получены количественные оценки потоков и скорости сухого осаждения озона в лесной среде в регионе оз. Байкал на основе апробированной методики расчета и экспериментальных данных

## ОЦЕНКА ВЫСОТЫ СЛОЯ ИНТЕНСИВНОГО ТУРБУЛЕНТНОГО ТЕПЛООБМЕНА В УСТОЙЧИВО СТРАТИФИЦИРОВАННОМ ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ

**А.П. Камардин, В.А. Гладких, А.С. Дервоедов, В.П. Мамышев, И.В. Невзорова,  
С.Л. Одинцов, И.В. Трофимов**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: kap136@iao.ru, glvl@iao.ru, aleksandr.dervoedov@gmail.com, mvp78ioa@iao.ru,  
nevzorova@iao.ru, odintsov@iao.ru, grenburr@yandex.ru*

Представлены результаты анализа взаимосвязи высоты области интенсивного турбулентного теплообмена с градиентами температуры воздуха и скоростью ветра в устойчиво стратифицированном пограничном слое атмосферы, а также с вертикальным турбулентным потоком тепла в приземном слое. Для анализа использованы экспериментальные данные, полученные с помощью метеорологического акустического локатора (содара), температурного профилемера, ультразвукового анемометра–термометра, размещенных на урбанизированной территории.

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАЛЫХ  
ГАЗОВЫХ ПРИМЕСЕЙ НАД АКВАТОРИЕЙ оз. БАЙКАЛ  
В ПЕРИОД ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ ЛЕТОМ 2019 г.**

**Г.С. Жамсуева<sup>1</sup>, Т.М. Ходжер<sup>2</sup>, А.С. Заяханов<sup>1</sup>, В.В. Цыдыпов<sup>1</sup>,  
А.Л. Дементьева<sup>1</sup>, Т.С. Бальжанов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Институт физического материаловедения СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия*

<sup>2</sup>*Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия*

*e-mail: galinazham@gmail.com, khodzher@lin.irk.ru, azayakhanov@gmail.com,*

*sydypov.vadim@gmail.com, ayunadem@gmail.com, tbalzhanov@gmail.com*

Приведены результаты экспериментальных исследований малых газовых примесей в атмосфере над оз. Байкал в июле – августе 2019 г. с борта научно-исследовательского судна «Академик В.А. Коптюг». Анализируются особенности распределения озона, окислов азота и диоксида серы по акватории озера в зависимости от циркуляции воздушных масс, синоптических условий, пирогенной ситуации и антропогенных выносов в период наблюдений.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ШИРОТНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ СЕЗОННОГО  
ХОДА ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ В ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ  
ПО ДАННЫМ МНОГОЛЕТНИХ СПУТНИКОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ**

**О.А. Томшин<sup>1,2</sup>, В.С. Соловьев<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>*Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН,  
г. Якутск, Россия*

<sup>2</sup>*Северо-восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия  
e-mail: tomshinoa@gmail.com, solovyev@ikfia.sbras.ru*

По данным многолетних спутниковых наблюдений проведено исследование сезонного хода природных пожаров и аномалий температуры воздуха в четырех широтных зонах Восточной Сибири (ВС). Обсуждаются обнаруженные широтные особенности в распределении гарей малых пожаров (0,2–25 га). Проанализированы тренды и корреляции многолетних вариаций количества гарей и аномалий температуры воздуха каждой широтной зоны и месяца пожароопасного сезона (апрель – сентябрь).

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДОЛГОВРЕМЕННОЙ ДИНАМИКИ  
ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БОРЕАЛЬНЫХ ЛЕСОВ СИБИРИ  
ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ**

**Е.В. Варламова<sup>1</sup>, В.С. Соловьев<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>*Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН,  
г. Якутск, Россия*

<sup>2</sup>*Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия  
e-mail: varlamova@ikfia.ysn.ru, solovyev@ikfia.ysn.ru*

Проведены исследования долговременной динамики интегрального значения NDVI и фенологических характеристик хвойных листопадных лесов Сибири по данным спутниковых наблюдений (продукт GIMMS3g) за 1982–2015 гг. Анализ вариаций параметров вегетации за исследуемый период показал, что в субарктической зоне наблюдается положительная динамика интегрального значения NDVI хвойных листопадных лесов и увеличение длительности сезона вегетации на ~28 дней. Увеличение длительности сезона вегетации обусловлено более ранним его началом на ~16 дней и поздним окончанием на ~12 дней. Аналогичные тенденции параметров вегетации наблюдаются и в умеренной зоне произрастания хвойных листопадных лесов, однако темпы роста интегрального NDVI и тренды фенологических характеристик по сравнению с показателями в субарктической зоне ниже в ~2–3 раза. Методы оценки SOS по пороговым значениям NDVI и температуре показали хорошее согласие ( $R = 0,9$ ).

**СУТОЧНЫЙ ХОД КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА  
В АТМОСФЕРЕ АРИДНОЙ ТЕРРИТОРИИ МОНГОЛИИ (СТ. САЙНШАНД)  
В ТЕПЛЫЙ ПЕРИОД 2005–2014 ГГ.**

**В.В. Цыдыпов, А.С. Заяханов, Г.С. Жамсуева, Т.С. Бальжанов,  
А.Л. Дементьева, И.П. Сунграпова, А.В. Стариков**

*Институт физического материаловедения СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия  
e-mail: tsydyпов@inbox.ru, lrf@ipms.bscnet.ru, lmza@mail.ru, tbalzhanov@gmail.com,  
ayunadem@gmail.com, ip.sungrapova@mail.ru, u214st@yandex.ru*

Приведены результаты экспериментальных исследований суточной изменчивости приземной концентрации озона в атмосфере аридной территории Монголии, полученные в ходе научных экспедиций за период 2005–2014 гг. на ст. Сайншанд. Анализируются факторы, приводящие к повышенному содержанию приземного озона, их связи с метеорологическими и турбулентными характеристиками атмосферы. Выявлен особый режим поведения приземного озона, характеризующийся его дневным и ночным увеличением в суточных изменениях.

**АНАЛИЗ ИЗМЕНЧИВОСТИ АТМОСФЕРНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ  
В БАЙКАЛЬСКОМ РЕГИОНЕ**

**А.Л. Дементьева, Г.С. Жамсуева, А.С. Заяханов, В.В. Цыдыпов,  
И.П. Сунграпова, Т.С. Бальжанов, А.В. Стариков**

*Институт физического материаловедения СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия  
e-mail: lmza@mail.ru, ayunadem@gmail.com, ip.sungrapova@mail.ru, tsydyпов@inbox.ru*

Приведены результаты сравнительного анализа микродисперсной фракции аэрозоля, полученные с помощью диффузионного спектрометра аэрозолей в весенне-летний период 2018 г. в береговой зоне оз. Байкал. В утренние и дневные часы наблюдается рост числа частиц нуклеационной моды за счет усиления бризовой циркуляции в этот период, способствующих переносу антропогенных примесей с акватории озера и активизации фотохимических и каталитических реакций между примесными газами. Проведен анализ вариаций аэрозольной оптической толщи атмосферы ст. Торы по результатам семилетних наблюдений (2012–2019 гг.) с помощью солнечного фотометра CE-318 (AERONET). Распределение частиц аэрозоля по размерам показало, что в весенние и летние месяцы доля мелкодисперсного аэрозоля высока.

**ВЫЯВЛЕНИЕ ОБЛАСТЕЙ И ОЦЕНКА ХАРАКТЕРИСТИК НЕЛИНЕЙНЫХ  
СВЯЗЕЙ ПОЛЕЙ ОСНОВНЫХ МЕТЕОВЕЛИЧИН В СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ**

**С.В. Логинов, Е.И. Морару, Е.В. Харюткина**

*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: LogSV13@gmail.com, kh\_ev@mail2000.ru, janey@sibmail.com*

Впервые для Северного полушария получены оценки нелинейных связей полей основных метеовеличин в области экстремальных значений ( $> 3\sigma$ ), и установлены их тенденции для начала XXI в. На основе аппарата анализа кумулянтов распределения вероятности разработан подход, позволяющий идентифицировать нелинейные (негауссовы) климатические системы и определять их характеристики. Показано, что в районах бароклинических возмущений негауссовы процессы значительно проявляются в тропосфере Северного полушария на существенной части территории (80–90%) в весенний и осенний сезоны и реализуются в группе из 3–4 элементов (включающих  $w$ ,  $q$  или  $t$ ) со связью 3–4 порядков. Применение данного метода упрощает вычисление оценок нелинейных связей метеовеличин при решении прогностических задач.

**РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВОДРОСЛИ *Spirogira* В ОЗЕРЕ БАЙКАЛ:  
РЕЗУЛЬТАТЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

**Е.А. Цветова**

*Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,  
г. Новосибирск, Россия  
e-mail: e.tsvetova@ommgp.ssc.ru*

С помощью методов математического моделирования исследуется возможность распространения течениями по всему озеру клеток зеленой нитчатой водоросли *Spirogira* из мест их первоначальной локализации.

Моделирование осуществляется с помощью трехмерной модели гидротермодинамики озера в негидростатическом приближении и модели адвекции-диффузии-реакции для распространения примесей на фоне гидродинамических процессов. Ввиду имеющихся значительных неопределенностей в постановке проблемы используется сценарный подход, позволяющий получить варианты решения в ответах на поставленные вопросы. Приводятся примеры сценариев моделирования.

Работа выполняется в рамках государственного задания ИВМиМГ СО РАН № 00315-2019-004 в части разработки базовых моделей и алгоритмов и при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 20-01-00560) в части реализации специальных сценариев.

## **ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОНТИНЕНТАЛЬНОСТИ КЛИМАТА В СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**А.Ф. Тетерин, К.Л. Антонов**

*Институт промышленной экологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия  
e-mail: taf@ecko.uran.ru, antonov@ecko.uran.ru*

Приводятся результаты исследований пространственного распределения континентальности климата в Свердловской области по данным регулярных метеорологических наблюдений. Для достижения поставленной цели на десяти метеостанциях были рассчитаны годовые амплитуды температуры воздуха и пять многолетних средних индексов континентальности климата по двум климатологическим справочникам. На территории Свердловской области в меридиональном направлении установлено незначительное уменьшение континентальности климата от Бурмантово до Екатеринбурга, далее до Каменска-Уральского отмечено некоторое увеличение. Также выявлено усиление континентальности климата с запада на восток области.

## **ВКЛАД ВАРИАЦИЙ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ И ИНТЕНСИВНОСТИ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ В ИЗМЕНЕНИЯ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ**

**К.А. Каримов, С.В. Крылов, Р.Д. Гайнутдинова**

*Институт физики НАН КР, г. Бишкек, Кыргызская Республика  
e-mail: epfk@rambler.ru, SCIF7771@rambler.ru*

Представлены результаты анализа вариаций солнечной активности и интенсивности космических лучей совместно с вариациями температурного режима на трех уровнях атмосферы за период с 1998 по 2011 г. Рассматривается влияние интенсивности космических лучей и солнечной активности на температурный режим приземной атмосферы.

## **РАДИАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ОБЛАКОВ ВЕРХНЕГО ЯРУСА**

**И.В. Самохвалов<sup>1</sup>, В.В. Брюханова<sup>1</sup>, И.Д. Брюханов<sup>1,2</sup>, С.В. Зуев<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия*

<sup>2</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

<sup>3</sup>*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: lidar@mail.tsu.ru, leo@mail.tsu.ru, plyton@mail.tsu.ru, zuev@imces.ru*

Обсуждаются результаты комплексных лидарных и актинометрических исследований характеристик перистых облаков, содержащих кристаллические частицы льда. Наибольшее внимание было уделено облакам, состоящим из горизонтально ориентированных ансамблей ледяных кристаллов. Оценка ориентации кристаллических частиц в облаках производилась по матрице обратного рассеяния света, которая определялась по данным поляризационного лидара, направленного вертикально в «зенит». Потоки солнечной радиации измерялись по стандартным методикам с помощью актинометра и пиранометра. Показано, что при определенных метеорологических условиях на высоте образования перистых облаков, кристаллики льда способны ориентироваться горизонтально, что существенно влияет на пропускание солнечной радиации.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ МИКРОДИСПЕРСНОГО АЭРОЗОЛЯ НА ЮГО-ВОСТОЧНОМ ПОБЕРЕЖЬЕ оз. БАЙКАЛ (ст. БОЯРСКИЙ)

**И.П. Сунграпова, А.С. Заяханов, Г.С. Жамсуева, В.В. Цыдыпов**

*Институт физического материаловедения СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия*

*e-mail: ip.sungrapova@mail.ru, Lmza@mail.ru*

Представлены результаты измерений микродисперсной фракции аэрозоля в атмосфере юго-восточного побережья оз. Байкал в летний период 2019 г. Установлено, что для суточного хода концентрации аэрозоля характерно увеличение концентрации в дневные и вечерние часы. Среднее значение счетной концентрации микродисперсного аэрозоля за весь период наблюдений составляло 2150 частиц/см<sup>3</sup>. Показано, что в зависимости от температуры окружающего воздуха меняется положение модального диаметра в распределении частиц по размерам.

## ПОДХОДЫ К ИССЛЕДОВАНИЮ КЛИМАТООБРАЗУЮЩИХ ФАКТОРОВ ЗЕМЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ СПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА

**М.С. Зеленова, В.А. Гинзбург, В.П. Седакин, В.А. Воробьев**

*Институт глобального климата и экологии им. академика Ю.А. Израэля, г. Москва, Россия*

*e-mail: mszelenova@gmail.com, veronika.ginzburg@gmail.com, v.sed@live.ru,*

*vvorobiev@rambler.ru*

Доклад посвящен анализу подходов к исследованию климатообразующих факторов земли с использованием данных спутникового мониторинга. Актуальность и задачи исследований обусловлены одной из основных проблем современной климатологии – необходимостью существенного улучшения качества информации о текущем состоянии и изменении газового и аэрозольного состава атмосферы. Именно процессы в тропосфере и нижней стратосфере определяют функционирование всей климатической системы Земли. Создание эффективных методов извлечения информации о концентрациях парниковых газов в тропосфере и нижней стратосфере с использованием данных спутникового мониторинга поможет получить независимую, объективную информацию о естественной и обусловленной антропогенными причинами изменчивости указанных составляющих.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРИМЕСЕЙ ОТ ТОЧЕЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ В УСЛОВИЯХ ЗИМНЕЙ АТМОСФЕРЫ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА

**Э.А. Пьянова<sup>1</sup>, В.В. Пененко<sup>1</sup>, А.В. Гочаков<sup>2</sup>, Л.М. Фалейчик<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,  
г. Новосибирск, Россия*

<sup>2</sup>*Сибирский научно-исследовательский гидрометеорологический институт,  
г. Новосибирск, Россия*

<sup>3</sup>*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия  
e-mail: pyanova@ommgp.sgcc.ru, penenko@sgcc.ru, gochakov@sibnigmi.ru, lfaleychik@bk.ru*

Представлен численный сценарный расчет рассеивания загрязняющих примесей на юге Байкальского региона. Там одним из крупнейших источников атмосферного загрязнения региона является Иркутско-Черемховский промышленный комплекс. Для описания метеорологических процессов в Байкальском регионе мы используем мезомасштабную модель динамики атмосферы ИВМиМГ СО РАН. Она позволяет проводить расчеты с различным пространственным разрешением сеток. Процессы рассеивания выбросов из труб ТЭЦ упрощенно описаны конвективно-диффузионным уравнением для пассивных примесей. При выполнении сценарного расчета для получения начальных распределений метеополей мы используем расчеты прогностической мезомасштабной модели COSMO-SIB6.

Работа в части развития базовых математических моделей выполняется в рамках темы государственного задания ИВМиМГ СО РАН № 0315-2019-0004. Адаптация модели и проведение исследований для Байкальского региона выполнены при поддержке РФФИ № 17-29-05044.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО (ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКОГО) ПРОЦЕССА НА БЕРЕГОВОЙ ЛИНИИ оз. БАЙКАЛ

Ю.Б. Башкуев, Д.Б. Аюров, А.Д. Шунков

*Институт физического материаловедения СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия  
e-mail: buddich@mail.ru, dawu@mail.ru, timofe37@yandex.ru*

На береговой линии оз. Байкал (р-н пос. Горячинск) установлена связь между волновым гидродинамическим и электрическим процессами. Физика явления относится к классу гидроэлектрических эффектов. Фильтрационное естественное электрическое поле связано с движением набегающей байкальской волны в пористом песке. При движении пресной воды в пористой среде (песке) образуется электрическое поле. Рассмотрена аппаратура и методика измерений. Представлены результаты измерений при различных условиях волнового процесса.

## ИЗМЕНЕНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КЛИМАТА И ДОЛГОПЕРИОДНЫХ ВАРИАЦИЙ КОНЦЕНТРАЦИИ САЖЕВОГО АЭРОЗОЛЯ В МОСКВЕ

В.М. Копейкин<sup>1</sup>, Т.Я. Пономарева<sup>2</sup>

*<sup>1</sup>Институт физики атмосферы им А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия  
<sup>2</sup>Гидрометцентр России, г. Москва, Россия  
e-mail: kopeikin@ifaran.ru, ponomareva\_tya@mail.ru*

Исследована изменчивость среднегодовых метеорологических параметров приземного воздуха и содержания сажевого аэрозоля (ВС) в Москве в период 1957–2019 гг. Получена оценка трендов среднегодовых концентраций сажи, температуры воздуха, скорости ветра и атмосферного давления в Москве. Проведен анализ загрязнения сажей воздуха города в январе 2010 и 2020 гг. с поступлением в Москву воздушных масс разного направления. Определены коэффициенты детерминации ежедневных концентраций сажи и метеорологических параметров  $T$ ,  $P$  и  $V$  в зимние сезоны 2010 и 2020 гг.

## ПРИМЕНЕНИЕ СОПРЯЖЕННЫХ УРАВНЕНИЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАДАЧ ОБРАТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА ЗАГРЯЗНЕНИЙ В БАЙКАЛЬСКОМ РЕГИОНЕ

А.В. Пененко<sup>1,2</sup>, В.В. Пененко<sup>1,2</sup>, Э.А. Пьянова<sup>1</sup>, Е.А. Цветова<sup>1</sup>

*<sup>1</sup>Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,  
г. Новосибирск, Россия  
<sup>2</sup>Новосибирский государственный университет, Россия  
e-mail: a.penenko@yandex.ru, penenko@sscc.ru, pianova@ngs.ru,  
e.tsvetova@ommgp.sccc.ru*

Сопряженные уравнения и построенные на их основе операторы чувствительности являются эффективными инструментами для исследования и решения задач обратного моделирования процессов переноса и трансформации примесей в атмосфере. В данной работе рассматриваются их приложения к условиям Байкальского региона. При построении сценариев используются расчеты гидрометеорологических полей, выполненные на основе мезомасштабных моделей. В рамках сценарного подхода оцениваются области наблюдаемости работающих в регионе систем мониторинга, а также уязвимость населения региона по отношению к различным источникам загрязнений в рассматриваемой области. Такие оценки могут использоваться для разработки стратегий тушения лесных пожаров в условиях ограниченных ресурсов и для оценки влияния на здоровье населения тех или иных источников загрязнений.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ № 17-29-05044 (в части моделей переноса пассивной примеси).

## ПОВЕРХНОСТНЫЙ ИМПЕДАНС СТРУКТУРЫ «ТОЛСТЫЙ ЛЕД – МОРЕ» В СДВ–УКВ-ДИАПАЗОНАХ РАДИОВОЛН

Ю.Б. Башкуев<sup>1</sup>, Л.Х. Ангархаева<sup>1</sup>, Д.Г. Буянова<sup>1</sup>, В.П. Мельчинов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт физического материаловедения СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия

<sup>2</sup>Северо-Восточный федеральный университет, г. Якутск, Россия

e-mail: buddich@mail.ru, ludangara@mai.ru, dbuy@mai.ru, melchinovvp@mail.ru

Для расчетов электромагнитного поля над двухслойной структурой «толстый лед – море» определены области применимости импедансных граничных условий для вертикально-поляризованной волны в диапазоне 0,01–120 МГц. Рассмотрены семь моделей ледяного покрова. Толщина льда изменялась от 2 до 9 м. Результаты необходимы для расчетов функции ослабления  $W$  и уровня поля в ДВ–СВ–КВ-диапазонах радиоволн.

## ПОКАЗАТЕЛИ ГЕМОДИНАМИКИ У МОЛОДЫХ МУЖЧИН В ЯКУТИИ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ МОНИТОРИНГЕ И РАЗНОЙ АКТИВНОСТИ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

В.И. Козлов<sup>1</sup>, Г.К. Степанова<sup>2</sup>, М.В. Устинова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт космических исследований и аэронавтики им. Ю.Г. Шафера СО РАН,  
ФИЦ ЯНЦ СО РАН, г. Якутск, Россия

<sup>2</sup>Медицинский институт Северо-восточного государственного университета  
им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия

e-mail: vkozlov@ikfia.ysn.ru, g\_k\_step@mail.ru, caitmi@mail.ru

Обследованы практически здоровые молодые мужчины, в основном студенты Медицинского института Северо-Восточного федерального университета (г. Якутск) возрастом 18–25 лет (якуты). Мониторинг проводился в отдельные месяцы разных сезонов года за 28 лет с 1983 по 2009 г. Существенных изменений межгодовых и межсезонных значений показателей гемодинамики не выявлено. У большей части обследованных мужчин азиатского Севера России показатели вариабельности сердечного ритма находятся в пределах среднеширотного норматива. Умеренно возмущенное состояние магнитного поля (умеренные и сильные бури) не оказало существенного влияния на функциональное состояние организма практически здоровых молодых мужчин-северян. Для очень сильных бурь 11–15.09.2005 г. и 15.12.2006 г. наблюдалось значимое повышение частоты сердечных сокращений и артериального давления.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СНИЖЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ ПРИ СЖИГАНИИ СУСПЕНЗИОННОГО УГОЛЬНОГО ТОПЛИВА

Ю.А. Лобода

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия

e-mail: ysenchurova@yandex.ru

Показано, что эффективным методом снижения содержания оксидов серы при сжигании водоугольного топлива (ВУТ) является метод подачи серопоглощающих агентов (СПА) в зону горения. Установлены оптимальные температурные режимы, требуемые для эффективного снижения оксидов серы в дымовых газах при использовании разных видов СПА.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ УЛИЧНОГО КАНЬОНА НА СТРУКТУРУ ТУРБУЛЕНТНОГО ТЕЧЕНИЯ

Е.А. Данилкин<sup>1,2</sup>, А.В. Старченко<sup>1,2</sup>, Д.В. Лещинский<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия

<sup>2</sup>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

e-mail: ugin@math.tsu.ru, starch@math.tsu.ru, 360flip182@gmail.com

Работа посвящена исследованию аэродинамики потока и переноса примеси, поступающей от точечного источника, в уличном каньоне в зависимости от соотношения высоты и ширины уличного каньона.

## СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ УХОДЯЩЕЙ ДЛИННОВОЛНОВОЙ РАДИАЦИИ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ

**А.А. Караханян, С.И. Молодых**

*Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск, Россия  
e-mail: asha@iszf.irk.ru, sim@iszf.irk.ru*

На основе наблюдательных данных проведен анализ сезонных вариаций уходящей длинноволновой радиации на внешней границе атмосферы и температуры воздуха вблизи поверхности Земли. Показано, что в спокойных геомагнитных условиях в среднем за год наблюдается линейная положительная связь между уходящей длинноволновой радиацией и приповерхностной температурой на широтах выше 30°. В сезонном ходе данная зависимость сохраняется, за исключением зимнего периода. На низких широтах уходящая длинноволновая радиация коррелирует с приповерхностной температурой над сушей, а над океанами рассматриваемые характеристики антикоррелируют в течение всего года.

## ПОЛЕ ЗЕМНОЙ ВОЛНЫ НАД НЕОДНОРОДНЫМИ МЕРЗЛОТНЫМИ РАДИОТРАССАМИ

**М.Г. Дембелов<sup>1</sup>, Ю.Б. Башкуев<sup>1</sup>, В.П. Мельчинов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Институт физического материаловедения СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия*

<sup>2</sup>*Северо-Восточный федеральный университет, г. Якутск, Россия  
e-mail: mdembelov@mail.ru, buddich@mail.ru, melchinovvp@mail.ru*

Рассматривается поле земной волны, которое создается вертикальным электрическим диполем над неоднородной поверхностью Земли. Для неоднородных радиотрасс расчет функции ослабления поля земной волны предлагается выполнять по методу интегрального уравнения Фейнберга, который учитывает подстилающую среду в кусочно-однородном импедансном виде. Данный метод позволяет выполнять расчеты в ДВ–СВ-диапазонах радиоволн над трассами с относительно «плохой» проводимостью среды. На начальном однородном участке трассы функция ослабления рассчитывается по модели «плоской» поверхности Земли с использованием формул Зоммерфельда.

## ВАРИАЦИИ ПРИЗЕМНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ В г. МОСКВА

**А.В. Крашенинников, Д.Н. Локтев, С.П. Соловьев**

*Институт динамики геосфер РАН им. академика М.А. Садовского, г. Москва, Россия  
e-mail: pranfo@gmail.com, dloctev@idg.chph.ras.ru, soloviev@idg.chph.ras.ru*

Представлены исследования вариаций напряженности электрического поля в приземном слое атмосферы, полученные при измерениях в Центре геофизического мониторинга ИДГ РАН в г. Москва с 2015 по 2019 г. Представлено сравнение среднего уровня электрического поля в г. Москва и на ГФО «Михнево», а также сравнение суточного хода в разные времена года в дни «хорошей погоды» в г. Москва.

## РЕГИСТРАЦИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ В ЦЕНТРЕ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ИДГ РАН

**А.В. Крашенинников, Д.Н. Локтев, С.П. Соловьев**

*Институт динамики геосфер РАН им. академика М.А. Садовского, г. Москва, Россия  
e-mail: pranfo@gmail.com, dloctev@idg.chph.ras.ru,  
soloviev@idg.chph.ras.ru*

Приводятся первые, полученные в Центре геофизического мониторинга города Москвы ИДГ РАН, результаты измерений пыли мелкодисперсных фракций – PM<sub>2,5</sub> и PM<sub>10</sub>. Проводится сравнение полученных величин с данными из открытых источников – Мосэкомониторинга и независимой сети датчиков проекта Luftdaten.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ТУРБУЛЕНТНОЙ СТРУКТУРЫ АТМОСФЕРНОГО ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ В МЕЗОМАСШТАБНОЙ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ TSUNM3

А.В. Старченко

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия  
e-mail: starch@math.tsu.ru*

Рассмотрена усовершенствованная негидростатическая мезомасштабная метеорологическая модель TSUNM3 за счет включения моментной схемы замыкания турбулентности, опирающейся на трехпараметрическую модель турбулентности. Представлены результаты этой модели, адаптированной к условиям Сибирского региона. Показана результативность применения модели TSUNM3 для различных сезонов.

## ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЕ МОЛНИИ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНЫХ ГРОЗ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

Л.Д. Тарабукина, В.И. Козлов, Д.Е. Иннокентьев

*Институт космических исследований и аэронавтики им. Ю.Г. Шафера СО РАН,  
обособленное подразделение ФИЦ «Якутский научный центр СО РАН», г. Якутск, Россия  
e-mail: tarabukina@ikfia.ysn.ru, vkozlov@ikfia.ysn.ru, sku089@gmail.com*

Радиотехническими средствами исследованы параметры гроз, произошедших в центральной части Якутии в летние сезоны (июнь – август) в 2009–2019 гг. Обнаружено, что после стадии грозы с максимально высокой частотностью молний происходит возрастание доли положительных молний «облако–земля» относительно частоты в максимуме. Такое увеличение доли положительных молний наблюдается в 70% гроз, длящихся дольше 1 ч. Вероятно, это связано с развитием грозового облака, ослаблением воздушных потоков внутри и смещения верхней положительной заряженной части облака относительно нижней отрицательно заряженной части облака.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ АТМОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ С ПОМОЩЬЮ ПРИБОРНОЙ БАЗЫ ЦКП «АТМОСФЕРА» И МЕЗОМАСШТАБНЫХ МОДЕЛЕЙ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

А.В. Старченко<sup>1,2</sup>, С.Л. Одинцов<sup>1,2</sup>, Л.И. Кижнер<sup>1</sup>, А.А. Барт<sup>1,2</sup>, Е.А. Шельмина<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия*

<sup>2</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

*e-mail: starch@math.tsu.ru, bart@math.tsu.ru, kdm@mail.tsu.ru, odintsov@iao.ru*

Для исследования развития локальных атмосферных процессов над ограниченной территорией в течение суток в различные времена года представлены результаты применения разрабатываемой в ТГУ мезомасштабной метеорологической модели TSUNM3 (TSU Nonhydrostatic Mesoscale Meteorological Model), в которой учитываются различные факторы, имеющие существенное влияние на метеорологическую обстановку в районе крупного населенного пункта или транспортного узла (аэропорта): близкие к штилевым условия или резкие порывы ветра. Для определения исторических дат моделирования в 2019 г. привлекаются результаты наблюдений, полученных с помощью метеоприборов Центра коллективного пользования «Атмосфера» ИОА СО РАН им. В.Е. Зуева: метеорологические температурные профиломеры МТР-5, ультразвуковые метеостанции «Метео-2», метеорологический акустический локатор (содар) «Волна-4М».

## ОСОБЕННОСТИ ВАРИАЦИЙ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИЗЕМНОГО АЭРОЗОЛЯ В ПОДМОСКОВЬЕ

А.А. Исаков, П.П. Аникин, А.В. Тихонов

*Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия  
e-mail: A.A.Isakov@mail.ru, Petr.anikin@gmail.com, Ifaran@yandex.ru*

Проанализирован пятилетний ряд (с разбиением на годовые блоки) измерений величины массовой концентрации приземного аэрозоля на Звенигородской научной станции. Для всех пяти лет метод скользящего среднего и вейвлетный анализ выявляют наличие квазипериодических колебаний всплескового типа величины массовой концентрации  $M$  с характерными периодами около трех и семи недель. Анализ обратных траекторий направлений прихода воздушных масс в Подмоскowie показал, что за 2014–2017 гг. статистика траекторий по сравнению с предыдущими годами заметно изменилась – появились восточно-юго-восточные направления, и усилилось доминирование западного и северо-западного направлений.

## ВЕРИФИКАЦИЯ ИЗОТОПИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОБЩЕЙ ЦИРКУЛЯЦИИ АТМОСФЕРЫ ДЛЯ СТАНЦИИ НАБЛЮДЕНИЯ В г. ЛАБЫТНАНГИ

Н.Ю. Денисова<sup>1,2</sup>, К.Г. Грибанов<sup>1</sup>, М. Вернер<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Уральский Федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>Институт математики и механики им. Н.Н. Красовского УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

<sup>3</sup>Институт полярных и морских исследований им. А. Вегенера, г. Бремерхафен, Германия  
e-mail: kgribanov@remotesensing.ru, n.denisova@wsibiso.ru, martin.werner@awi.de

Для верификации моделей общей циркуляции атмосферы ECHAM5-wiso и ECHAM6-wiso, дополненных изотопными модулями, было выполнено моделирование в режиме релаксации к известным значениям температуры, давления, скорости и направления ветра, полученным из ретроспективного анализа. Было произведено сравнение результатов моделирования с данными по изотопному составу ( $\delta\text{HDO}$  и  $\delta\text{H}_2^{18}\text{O}$ ) водяного пара и осадков на станции мониторинга в г. Лабытнанги (66,660° с.ш., 66,409° в.д.).

## ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ УДЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРИРОДНОЙ ВОДЫ

Д.Г. Буянова, Ю.Б. Башкуев, В.Б. Хаптанов, Л.Х. Ангархаева

Институт физического материаловедения СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия  
e-mail: dbuy@mail.ru, buddich@mail.ru, vkhaptanov@mail.ru, ludang@rambler.ru

Проведены электрометрические исследования водной среды акватории оз. Байкал, р. Селенга, рек, озер и скважин, расположенных в разных районах природной Байкальской территории. Проведено сравнение электрического сопротивления (УЭС) соленых озер региона и морей. Измерены пробы питьевой водопроводной Иркутска, Якутска и Улан-Удэ. Установлена существенная изменчивость УЭС в различных пунктах взятия проб воды из-за ее различной минерализации.

## ТРОПОСФЕРНАЯ РЕФРАКЦИЯ В ПРИПОЛЯРНЫХ ПУНКТАХ НАБЛЮДЕНИЯ

М.Г. Дембелов, Ю.Б. Башкуев

Институт физического материаловедения СО РАН г. Улан-Удэ, Россия  
e-mail: mdembelov@mail.ru, buddich@mail.ru

В нижней атмосфере происходит отклонение траектории радиоволн из-за изменчивости преломления воздуха с высотой. Вертикальный профиль показателя преломления существенно зависит от географического положения, высоты над уровнем моря и времени года наблюдения. Рассматриваются рефракционные свойства тропосферы и тропосферные задержки сигналов в разные сезоны года в ключевых пунктах наблюдения Якутск, Тикси, Норильск, о. Визе. Высотные метеоданные определяются посредством запусков радиозондов на сети Аэрологической службы Росгидромета. Знание вертикального градиента показателя преломления является основой для расчета всех основных углов рефракции и истинного расстояния до объекта, который может располагаться выше уровня тропосферы.

## АППАРАТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛА ОБЛАЧНОСТИ

А.В. Тихонов

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия  
e-mail: ifaran@yandex.ru

Предлагается способ определения балла облачности с использованием  $N$  узкоугольных фотоприемных элементов, направленных на разные участки небосвода. В качестве таких элементов могут быть использованы синие светодиоды с линзами Френеля или аналогичные, обладающие селективной чувствительностью в синей области спектра, включенные в фотогальваническом режиме. Проведенные испытания и измерения показали удовлетворительное соответствие по сравнению с традиционными способами определения балла облачности.

## ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКИ: ВЛИЯНИЕ ВАРИАЦИЙ УРОВНЯ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

А.Н. Груздев, В.А. Безверхний

*Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия*

*e-mail: a.n.gruzdev@mail.ru, vabev@mail.ru*

Анализируются эмпирические данные о давлении на уровне моря (ДУМ), температуре поверхности океана (ТПО) в окрестностях Исландского и Азорского центров действия атмосферы (ЦДА), и данные об индексе Североатлантического колебания (САК). Отклик ДУМ и ТПО на солнечный цикл запаздывает относительно него, и запаздывание сильнее в Азорском ЦДА. Связанные с солнечным циклом вариации ДУМ сопоставимы по амплитуде с вариациями, обусловленными влиянием Эль-Ниньо – Южного колебания (ЭНЮК) и Атлантическим мультидекадным колебанием (АМК), а аналогичные вариации ТПО слабее вариаций за счет АМК, но одного порядка величины с изменениями, обусловленными влиянием ЭНЮК. Связь индекса САК с солнечным циклом знакопеременная и испытывает модуляцию с периодом около 50 лет.

## ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОСВЯЗИ ИНТЕНСИВНОСТИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ОСАДКОВ И ТЕМПЕРАТУРЫ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В 1961–2017 гг.

М.А. Алешина<sup>1,2</sup>, В.А. Семенов<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Институт географии РАН, г. Москва, Россия*

<sup>2</sup>*Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия*

*e-mail: aleshina@igras.ru, vasetenov@mail.ru*

Исследована связь интенсивности суточных сумм осадков в зависимости от температурных условий по данным метеостанций России. Показано, что между интенсивностью экстремальных осадков и температурой существует статистически значимая зависимость разных типов. Во все сезоны года на большинстве станций отмечается рост интенсивности экстремальных осадков, который прекращается при переходе к более высоким температурам. Для Европейской территории России пороговыми значениями температуры летом являются 15–20 °С. Зимой и осенью частым является процесс монотонного увеличения осадков при росте температуры согласно соотношению Клаузиуса–Клапейрона. Строгое уменьшение осадков при росте температуры отмечено только в летний период на нескольких станциях. Полученные выводы согласуются с ранее полученными результатами для других регионов мира.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО- ПЕРИОДИЧЕСКИХ СТАЦИОНАРНЫХ ПОЛЕЙ КОНЦЕНТРАЦИЙ АЭРОЗОЛЕЙ В АТМОСФЕРНОМ ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ

А.Л. Нечаева<sup>1</sup>, О.Г. Чхетиани<sup>2</sup>, М.А. Давыдова<sup>1</sup>, Н.Т. Левашова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Россия*

<sup>2</sup>*Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия*

*e-mail: nechaeva.al15@physics.msu.ru, ochkheti@mx.iki.rssi.ru, m.davydova@physics.msu.ru, natasha@wanaku.net*

Рассмотрена пространственно-периодическая стационарная двумерная модель, описывающая распределение концентрации аэрозоля в роллах и учитывающая диффузию, перенос, оседание и распад аэрозоля. При переходе к безразмерным переменным имеем стационарную сингулярно возмущенную модель типа реакция–диффузия–адвекция, к исследованию которой применимы асимптотические методы. Асимптотическое решение задачи в безразмерных переменных ищется в виде разложения по 1 степеням малого параметра  $1/(Pr Re) D$ . На основе методов, с использованием принципа сравнения, исследованы вопросы существования, единственности и асимптотической устойчивости по Ляпунову стационарного классического решения с построенной асимптотикой. Результаты работы иллюстрированы примерами численного моделирования с использованием полученного асимптотического решения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-29-10080 и Фонда развития теоретической физики и математики «БАЗИС» в рамках гранта № 19-2-6-178-1.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В г. ТОМСКЕ

А.В. Старченко, Е.А. Шельмина, А.А. Барт

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия  
e-mail: starch@math.tsu.ru, eashelmina@mail.ru, bart@math.tsu.ru*

Представлены результаты расчета метеорологических параметров с использованием математической модели и прогноза некоторых показателей загрязнения атмосферного воздуха в городе Томске, полученные на основе мезомасштабной фотохимической модели. Для отдельных исторических дат представлены результаты сравнения численного моделирования с использованием предложенного кинетического механизма с данными наблюдений, выполненными на ТОР-станции ИОА СО РАН.

## СОГЛАСОВАННЫЕ ВАРИАЦИИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН ПРИЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЫ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ИНТЕНСИВНЫХ ЛИВНЕВЫХ ОСАДКОВ

В.В. Кальчихин, А.А. Кобзев, П.М. Нагорский, М.В. Оглезнева,  
К.Н. Пустовалов, С.В. Смирнов, Д.Е. Филатов

*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: vvk@imces.ru, kaa@imces.ru, npt\_sta@mail.ru, oglezneva.m@yandex.ru, const.pv@yandex.ru,  
smirnov@imces.ru, dmitrii.04101995@gmail.com*

Представлены результаты исследований согласованной изменчивости параметров электродного слоя атмосферы и ливневых осадков во время прохождения мощной конвективной облачности. Для серии прохождений *Sb* с интенсивными ливневыми осадками проанализированы высокочастотные (периоды менее 10 мин) флуктуации структуры выпадающих осадков по времени и по спектру размеров, а также установлено соответствие между вариациями потока гидрометеоров, градиентом потенциала  $\nabla\varphi$  напряженности электрического поля и полярными электропроводностями  $\lambda_{\pm}$ .

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ПОЛЕЙ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ПО ДАННЫМ МОНИТОРИНГА ДЛЯ ГОРОДСКИХ СЦЕНАРИЕВ

А.В. Пененко<sup>1,2</sup>, А.В. Гочаков<sup>3</sup>, П.Н. Антохин<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,  
г. Новосибирск, Россия*

<sup>2</sup>*Новосибирский государственный университет, Россия*

<sup>3</sup>*Сибирский региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт,  
г. Новосибирск, Россия*

<sup>4</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: a.penenko@yandex.ru, gochakov@sibnigmi.ru, apn@iao.ru*

Изучается задача идентификации источников загрязнений и реконструкции ненаблюдаемых системами мониторинга полей концентрации загрязняющих веществ в атмосфере. Рассматриваются данные контактных измерений, а также данные в виде снимков полей концентрации отдельных химических веществ. Для восполнения недостающей информации используется модель переноса и трансформации примесей в атмосфере и алгоритмы обратного моделирования на основе операторов чувствительности. Операторы чувствительности строятся на основе решения ансамбля сопряженных уравнений обратной задачи. Анализируя оператор чувствительности, можно, не решая обратную задачу, оценить область наблюдаемости системы мониторинга, а также эффективность последующего решения обратной задачи. Эффективность алгоритмов изучается численно на основе сценариев оценки качества атмосферы в городских условиях с использованием доступной априорной информации.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Новосибирской обл. № 19-47-540011 (в части разработки и исследования городских сценариев обратного моделирования) и РФФИ № 20-01-00560 (в части разработки и анализа алгоритмов продолжения).

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ЧИСЛЕННОГО ПРОГНОЗА ПОГОДЫ ДЛЯ ИНИЦИАЛИЗАЦИИ И ПОДДЕРЖКИ МЕЗОМАСШТАБНОЙ МОДЕЛИ

Н.В. Гольдина, А.В. Старченко

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*  
*e-mail: goldinavi09@gmail.com, starch@math.tsu.ru*

Для инициализации и поддержки локального прогноза мезомасштабной модели TSUNM3 используются результаты расчета модели ПЛИАВ Гидрометцентра РФ. Для интерполяции значений, рассчитанных по модели ПЛИАВ, попадающий в области  $50 \times 50$  и  $200 \times 200$  км для территории Томской обл., использовались различные методы: нуль-мерная интерполяция, билинейная интерполяция, метод обратных расстояний, модифицированный метод Шепарда. Результаты расчетов по модели TSUNM3 с различными методами интерполяции сравнивались между собой и с наблюдениями, полученными с помощью приборов Центра коллективного пользования «Атмосфера» Института оптики атмосферы СО РАН.

## ПОСТРОЕНИЕ ПРОГНОЗОВ В ЗАДАЧАХ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ КАК РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПРОДОЛЖЕНИЯ

В.В. Пененко

*Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,*  
*г. Новосибирск, Россия*  
*e-mail: penenko@sscc.ru*

Прогноз во всех областях деятельности остается первоочередной задачей мирового сообщества на протяжении всей истории его развития. Особенно часто связывают слова «прогноз» и «погода». С тех пор, как для прогноза погоды стали применять методы математического моделирования и вычислительные машины, разработаны различные подходы, основным содержанием которых является совместное использование моделей и данных наблюдений о природных процессах. Данные в наше время поставляются системами мониторинга, однако они не в полной мере обеспечивают информацией о процессах. Все еще остается большое количество неопределенностей, в том числе и в параметрах математических моделей, что затрудняет получение «точных» прогнозов. В докладе обсуждаются постановки задач последовательного продолжения по пространству, времени и параметрам, а также методы их решения с использованием сопряженных задач и функций неопределенности/чувствительности моделей для целей природоохранного прогнозирования.

Работа выполняется в рамках государственного задания ИВМиМГ СО РАН № 00315-2019-004 (в части разработки базовых моделей) и при финансовой поддержке РФФИ № 20-01-00560 (в части разработки алгоритмов продолжения) и РФФИ № 17-29-05044 (в части реализации специальных сценариев).

## ОЦЕНКА ХАРАКТЕРИСТИК МЕЗОМАСШТАБНЫХ КОНВЕКТИВНЫХ КОМПЛЕКСОВ НАД ЮГОМ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ MODIS

Т.С. Кошикова<sup>1</sup>, В.А. Жукова<sup>1,2</sup>, К.Н. Пустовалов<sup>1,2</sup>, П.М. Нагорский<sup>1,2</sup>, И.В. Кужевская<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия*

<sup>2</sup>*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия*  
*e-mail: tkoshikova@gmail.com, jukowa.vera2017@yandex.ru, const.pv@yandex.ru,*  
*npm\_sta@mail.ru, ivk@ggf.tsu.ru*

Получены оценки морфологических и микрофизических характеристик мезомасштабных конвективных комплексов (МКК) на юге Западной Сибири за 2010–2019 гг. Отмечено, что значения протяженностей МКК вдоль широты и долготы в среднем составляют  $\sim 140$  и  $120$  км, а типичные диапазоны их изменения (ограничены 25- и 75-перцентилями)  $120 \div 160$  и  $100 \div 130$  км соответственно. Высота верхней границы МКК в среднем составляет  $12$  км и изменяется, как правило, в диапазоне от  $9$  до  $13$  км. Эффективный радиус облачных частиц в среднем равен  $27$  мкм, а типичные его значения колеблются в диапазоне от  $25$  до  $29$  мкм. Среднее интегральное влагосодержание облачной системы МКК составляет  $1,2$  кг/м<sup>2</sup>, и чаще всего изменяются в диапазоне от  $0,7$  до  $2,1$  кг/м<sup>2</sup>.

## ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АЭРОЗОЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ ОБСЕРВАТОРИИ «ФОНОВАЯ» ИОА СО РАН

П.Н. Антохин, О.Ю. Антохина, М.А. Аршинов, Б.Д. Белан

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: apn@iao.ru, antokhina@iao.ru, michael@iao.ru, bbd@iao.ru*

Проводится сравнение результатов численного моделирования счетной концентрации аэрозоля с результатами измерений, выполненных на территории Обсерватории «Фоновая».

## ВАРИАЦИИ АТМОСФЕРНО-ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ ВО ВРЕМЯ СИЛЬНЫХ МОРОЗОВ НА ТЕРРИТОРИИ СИБИРИ

В.И. Козлов<sup>1</sup>, П.М. Нагорский<sup>2</sup>, К.Н. Пустовалов<sup>2</sup>, С.В. Смирнов<sup>2</sup>, А.А. Торопов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт космических исследований и аэронавтики, ФИЦ ЯИЦ, г. Якутск, Россия*  
<sup>2</sup>*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: v.kozlov@ikfiaa.yzn.ru, npt\_sta@mail.ru, const.pv@yandex.ru,  
smirnov@imces.ru, toropov@ika.yzn.ru*

Рассмотрено влияние сильных понижений температуры в холодный период года, сопровождаемых смогом, на метеорологическое и атмосферно-электрическое состояние городской атмосферы на территории Сибири. Выдвинуто предположение о том, что падение градиента потенциала напряженности поля ( $V\phi$ ) и изменение полярных электропроводностей ( $\lambda_{\pm}$ ) во время сильных морозов обусловлены трансформацией агрегатного состояния аэрозольного состава от жидко-капельной или смешанной дымки (тумана) к кристаллическому, ледяному туману с понижением температуры ниже  $-16^{\circ}\text{C}$  и обезвоживанием при температурах ниже  $-35^{\circ}\text{C}$ .

## СТРУКТУРА ИЗМЕНЧИВОСТИ АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ ВНЕТРОПИЧЕСКОЙ ЗОНЫ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ И МОДЕЛИРОВАНИЯ

В.В. Попова<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Институт географии РАН, г. Москва, Россия*  
<sup>2</sup>*Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия  
e-mail: valeria\_popova@mail.ru*

Исследуется структура изменчивости высоты геопотенциала 500 гПа зимой во внетропической зоне Северного полушария (ВЗСП) по данным наблюдений и моделирования в экспериментах CMIP5. Рассматриваются доли изменчивости, объясненные ЭОФ, поля трех первых ЭОФ (1–3) и соответствующие главные компоненты РС (1–3) в период роста глобальной температуры 1977–1999 гг. Показано, что модели достаточно слабо воспроизводят пространственную и частотно-временную структуру наблюдаемой изменчивости атмосферной циркуляции ВЗСП, главные расхождения связаны с тем, что очаги ЦДА, связанных со структурой мод АО/NAO, воспроизводятся лишь частично, а структура PNA не воспроизводится.

## ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТРАТИФИКАЦИИ НИЖНЕГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ В ПЕРИОД РАЗВИТИЯ АНОМАЛЬНО РАНИХ ГРОЗ И ШКВАЛОВ

В.А. Жукова<sup>1,2</sup>, Н.П. Красненко<sup>1,3</sup>, С.В. Логинов<sup>1</sup>, П.М. Нагорский<sup>1,2</sup>,  
К.Н. Пустовалов<sup>1,2</sup>, А.С. Раков<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия*  
<sup>2</sup>*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия*  
<sup>3</sup>*Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Россия  
e-mail: jukowa.vera2017@yandex.ru, krasnenko@imces.ru, logsv13@imces.ru, npt\_sta@mail.ru,  
const.pv@yandex.ru, dipol@ngs.ru*

Проанализирована пространственно-временная изменчивость температуры нижнего слоя атмосферы в период развития anomalно ранних гроз и шквалов в районе г. Томска на юго-востоке Западной Сибири. Отмечено, что наибольшая плотность разрядов молний во время исследуемого события приходится не над центрами зон с наиболее высокими температурами, а над их периферийными частями, где отмечаются большие

контрасты изменения температур. Временные интервалы, которые предшествовали развитию грозových облаков, соотносятся со значениями вертикального градиента температуры для территории ИМКЭС СО РАН – 2,2°/100 м и 1,4°/100 м для пос. Аникино.

## ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЙТРАЛЬНОГО И УСТОЙЧИВОГО ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯВНОЙ АЛГЕБРАИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НАПРЯЖЕНИЙ РЕЙНОЛЬДСА

**Л.И. Курбацкая**

*Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН  
г. Новосибирск, Россия  
e-mail: L.Kurbatskaya@ommgp.sccc.ru*

Явная анизотропная алгебраическая модель рейнольдсовых напряжений и вектора турбулентного потока тепла тестируется в нейтрально стратифицированном и устойчиво стратифицированном пограничном слое атмосферы (ПСА) над однородной шероховатой поверхностью. Для построения алгебраической модели привлекается трехпараметрическая  $E-\varepsilon-(\theta_2)$  модель турбулентности с помощью которой исследуется эффективность вихревого перемешивания импульса в нейтрально стратифицированном пограничном слое атмосферы. Рассматриваемый вариант алгебраической модели построен на физических принципах RANS (Reynolds Average Navier Stokes) приближения описания стратифицированной турбулентности и показывает правильное воспроизведение основных характеристик нейтрального ПСА – компонент скорости среднего ветра, полного угла поворота ветра, турбулентную статистику. При исследовании устойчиво стратифицированного ПСА модель включает воздействие гравитационных волн, позволяющее учесть поддержание импульса в условиях сильной устойчивости. Сравнение результатов вычислений с имеющимися в литературе данными наблюдений и другими численными моделями показывает, что развитая модель турбулентности способна воспроизвести наиболее важные структурные особенности как для нейтрально стратифицированного ПСА так и для устойчиво стратифицированного ПСА и показывает хорошее согласование с результатами LES-моделирования.

## ВЛИЯНИЕ ДЫМОВЫХ ШЛЕЙФОВ ОТ УДАЛЕННЫХ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ ПРИЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЫ

**К.Н. Пустовалов, П.М. Нагорский, С.В. Смирнов, М.В. Оглезнева**

*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: const.pv@yandex.ru, npm\_sta@mail.ru, smirnov@imces.ru, oglezneva.m@yandex.ru*

Отмечено, что дымовые шлейфы от удаленных лесных пожаров приводят, с одной стороны, к значительному снижению средних значений градиента потенциала электрического поля в приземном слое, а с другой стороны – к сильному увеличению их дисперсии по сравнению с условиями «хорошей погоды». Показано снижение значений электрического поля при увеличении оптической плотности дымового шлейфа.

## ЭФФЕКТЫ СТРАТИФИКАЦИИ И ПАРАМЕТРЫ АТМОСФЕРНЫХ ГРАВИТАЦИОННЫХ ТЕЧЕНИЙ НАД КРУТЫМИ ПОВЕРХНОСТНЫМИ ПРЕПЯТСТВИЯМИ

**М.С. Юдин**

*Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,  
г. Новосибирск, Россия  
e-mail: m.yudin@ommgp.sccc.ru*

Дан обзор последних исследований автора и новых результатов по атмосферным гравитационным потокам над крутыми поверхностными препятствиями; для этого используется конечно-элементная модель сжимаемой атмосферы. Гравитационные течения рассматриваемые в этих исследованиях являются атмосферными фронтами. Эти исследования были проведены с помощью специального уравнения, введенного в модель конечных элементов для описания изменения во времени фронтальной поверхности. Модель была подвергнута различным испытаниям. Скорость фронта рассчитанная по модели в нейтральной атмосфере сравнивается с эмпирической формулой хорошо известной в теории атмосферных течений. В других тестах модель использовалась для обтекания крутых препятствий, таких как долина или холм. Скорость ветра до и после препятствий различной формы была рассчитана и сравнена с имеющимися измерениями и результатами моделирования, выполненного другими авторами. Влияние стратификации на различные параметры распространения

фронта оценивалось по результатам моделирования. Также было изучено влияние на скорость фронта введения слоя инверсии в устойчиво стратифицированную атмосферу. Инверсия изменяет характер распространения фронта за счет уменьшения скорости до и после препятствия, а также скорости распространения над плоской поверхностью. Известное явление характерного различия в поведении поверхностного давления при распространении фронта в устойчивой и нейтральной версиях атмосферной стратификации было получено и сравнено с наблюдениями.

## **ОЦЕНИВАНИЕ ЧИСЛА РИЧАРДСОНА В ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ ПО ДАННЫМ ТЕМПЕРАТУРНОГО РАДИОМЕТРА И ДОПЛЕРОВСКОГО ЛИДАРА**

**В.А. Банах, А.А. Сухарев, А.В. Фалиц, Е.В. Гордеев, И.В. Залозная**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: banakh@iao.ru*

Представлены результаты экспериментальных исследований пограничного слоя атмосферы с использованием когерентного доплеровского ветрового лидара Stream Line и температурного профилемера МТР-5. Измерения проводились в Томске и в прибрежной зоне на западном берегу оз. Байкала в районе пос. Листвянка. Установлено, что на Байкале практически всегда реализовалась устойчивая термическая стратификация с образованием низкоуровневых струйных течений независимо от времени суток. В области струйных течений число Ричардсона становится меньше критического и может принимать значения близкие к нулю. В Томске во время измерений происходила периодическая смена термической стратификации с устойчивой ночью на нейтральную и слабо неустойчивую в дневные часы в нижнем по высоте 200–400-метровом слое атмосферы.

## **МЕЖГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЧАСТОТЫ АНОМАЛЬНЫХ ПОРЫВОВ ВЕТРА НА ЮГЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД 2009–2020 гг.**

**Е.Ю. Мордвин, А.А. Лагутин**

*Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Россия  
e-mail: zion0210@gmail.com, lagutin@theory.asu.ru*

Представлены результаты анализа межгодовой изменчивости частоты аномальных порывов ветра на юге Западной Сибири (49–55° с.ш.; 77–88° в.д.) в зимний период (декабрь–февраль) в 2009–2020 гг. Оценки  $V_{\max}$  были получены в рамках принятого в синоптической метеорологии метода, основанного на данных по полю ветра на изобарической поверхности 850 гПа. Установлено, что максимальное число порывов ветра с  $V_{\max} > 18$  м/с наблюдается в двух (2016/2017 и 2019/2020 гг.) из трех зимних периодов, которым предшествовали минимальные в 2009–2019 гг. осенние площади ледового покрова Северного Ледовитого океана. Этим двум зимним периодам соответствовали положительные месячные индексы Арктических осцилляций и максимальные снегозапасы.

## **ВЛИЯНИЕ ДАЛЬНЕГО ПЕРЕНОСА НА ПРИЗЕМНЫЙ ОЗОН НА ВЫСОКОГОРНОЙ НАУЧНОЙ СТАНЦИИ ИФА РАН (СЕВЕРНЫЙ КАВКАЗ, КИСЛОВОДСК)**

**К.А. Шукуров, И.А. Сеник, О.В. Постыляков**

*Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия  
e-mail: karim.shukurov@ifaran.ru*

С использованием ряда среднесуточной приземной концентрации озона (ПКО), измерявшейся в фоновых условиях Высокогорной научной станции в 20 км от Кисловодска (КВНС) ИФА им. А.М. Обухова РАН в 1989–2012 г., и по данным расчетов с помощью модели NOAA HYSPLIT\_4 обратных траекторий движения воздушных частиц восстанавливаются поля потенциальных источников аномалии ПКО в курортном регионе. Анализируются особенности полей потенциальных источников аномалии ПКО и температуры воздуха в области переноса.

## АНАЛИЗ ВРЕМЕННЫХ МАСШТАБОВ ОТКЛИКА СУБАКВАЛЬНОЙ МЕРЗЛОТЫ НА ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В ЛЕДНИКОВЫХ ЦИКЛАХ

В.В. Малахова<sup>1</sup>, А.В. Елисеев<sup>2,3,4</sup>

<sup>1</sup>*Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,  
г. Новосибирск, Россия*

<sup>2</sup>*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Россия*

<sup>3</sup>*Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия*

<sup>4</sup>*Казанский федеральный университет, Россия*

*e-mail: malax@sscc.ru, eliseev@ifaran.ru*

С использованием физико-математической модели, описывающей термическое состояние грунта, проведен анализ динамики характеристик многолетнемерзлого слоя донных отложений океанического шельфа. Модель дополнена сценариями изменения климата на арктическом шельфе за последние 400 тыс. лет, с использованием различных комбинаций реконструкций температуры воздуха и уровня моря. Оценены временные масштабы отклика субаквальной мерзлоты арктического шельфа на изменение климата в ледниковых циклах. Временной масштаб распространения теплового сигнала в слое многолетнемерзлых пород шельфа составил 5–12 тыс. лет.

## МНОГОЛЕТНИЙ ХОД ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ В ТРОПОСФЕРЕ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ПО ИТОГАМ САМОЛЕТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Б.Д. Белан, Г.А. Ивлев, А.В. Козлов, О.В. Праслова, Т.М. Рассказчикова,  
Д.В. Симоненков, Г.Н. Толмачев

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

*e-mail: bbd@iao.ru, ivlev@iao.ru, artem@iao.ru, pov@iao.ru, rtm@iao.ru,  
simon@iao.ru, tgn@iao.ru*

Почти ежемесячные зондирования тропосферы от 500 до 7000 м над Караканским бором (Новосибирская область) проводятся с 1997 г. и по настоящее время с использованием самолета-лаборатории «Оптик» на базе Ан-30 до 2011 г. и Ту-134 в этом десятилетии. Отбор проб аэрозоля на фильтрах Петрянова АФА-ХП-20 производился на каждой высоте или в слоях: 500–1000, 1500–2000, 3000–4000, 5500–7000 м. Последующий количественный анализ содержания неорганических ионов и следующих элементов в составе аэрозоля: Al, Ba, Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sn, Ti, V, Be, Cd, Si, Co, Cr, Sr, Zn, Zr выполнялся в Лаборатории мониторинга окружающей среды при Томском государственном университете. На основании 1200 образцов проб (на начало 2019 г.) построен годовой ход определявшихся компонентов. Проанализирована их временная изменчивость. В целом, изменчивость концентрации неорганического компонента не превышает 2 порядка. Временная изменчивость концентрации микроэлементов может быть больше пространственной, достигая 4 порядков величины.

## ИЗМЕНЧИВОСТЬ СНЕГОЗАПАСОВ НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ И МОДЕЛИРОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ БАСЕЙНА СЕВЕРНОЙ ДВИНЫ)

В.В. Попова<sup>1</sup>, О.Н. Насонова<sup>2</sup>, Д.В. Турков<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт географии РАН, г. Москва, Россия*

<sup>2</sup>*Институт водных проблем, г. Москва, Россия*

*e-mail: valeria\_popova@mail.ru*

Проведен анализ изменчивости водного эквивалента снега (ВЭС) в бассейне Северной Двины по данным маршрутной снегосъемки и полученным в результате численных экспериментов по расчету ВЭС высокого пространственного разрешения ( $1 \times 1^\circ$ ) на моделях локального теплообмена SWAP и SPONSOR в бассейне Северной Двины. Показано, что применение моделей локального позволяет значительно улучшить описание характеристик снежного покрова и использовать их при прогнозе весеннего стока.

## ОЦЕНКА ВКЛАДА ВНУТРЕННЕЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ И ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ПРИМЕРЕ ЮЖНОГО УРАЛА

Д.Ю. Васильев<sup>1,2</sup>, В.А. Семенов<sup>2,3</sup>, Е.С. Кочеткова<sup>4</sup>, В.В. Водопьянов<sup>1</sup>,  
Н.В. Великанов<sup>1</sup>, А.Н. Елизарьев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Уфимский государственный авиационный технический университет, Россия

<sup>2</sup>Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия

<sup>3</sup>Институт географии РАН, г. Москва, Россия

<sup>4</sup>Российский государственный гидрометеорологический университет, г. Санкт-Петербург, Россия

e-mail: [vasilevdy@ugatu.su](mailto:vasilevdy@ugatu.su), [vasemenov@ifara.ru](mailto:vasemenov@ifara.ru), [kochetkovak@gmail.com](mailto:kochetkovak@gmail.com), [vodop@yandex.ru](mailto:vodop@yandex.ru),  
[velikanovnv@yandex.ru](mailto:velikanovnv@yandex.ru), [elizariev@mail.ru](mailto:elizariev@mail.ru)

Произведен анализ данных приземной температуры воздуха сети метеорологических станций Южного Урала по результатам численных экспериментов с глобальной климатической моделью на временном интервале 1979–2012 гг. С помощью модели общей циркуляции атмосферы (МОЦА) ECHAM5 была произведена попытка оценить прямой парниковый эффект. Установлено что сценарии с постоянными на уровне 1980-х гг., концентрациями CO<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub> лучше описывают реальное состояние температуры приземного слоя воздуха по сравнению со сценариями в которых концентрации парниковых газов изменялась согласно наблюдениям. Полученные результаты позволяют говорить о значительном влиянии естественной климатической изменчивости на температурный режим и возможной трудности в выделении антропогенной составляющей климатических изменений в исследуемом регионе.

## СОВМЕСТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГРОЗОВОЙ АКТИВНОСТИ И ВОЗМУЩЕННОСТИ КРАЙНЕ НИЗКОЧАСТОТНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ФОНА В СИБИРСКОМ РЕГИОНЕ

И.Ю. Цюпа, А.А. Колмаков, С.А. Колесник

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия

e-mail: [tsyupaigor@mail.ru](mailto:tsyupaigor@mail.ru), [kolmakov@mail.tsu.ru](mailto:kolmakov@mail.tsu.ru), [serkol@mail.tsu.ru](mailto:serkol@mail.tsu.ru)

Проведена оценка величины возмущений электромагнитного фона, вызванных региональной грозовой активностью. Построена эмпирическая зависимость величины возмущений горизонтальной компоненты магнитной индукции от расстояния, которая в среднем хорошо аппроксимируется степенной функцией с показателем спада  $-0,66 \pm 0,05$ . Показано, что различные типы грозовых разрядов вызывают различные по величине возмущения горизонтальной компоненты магнитной индукции.

## ВАРИАЦИИ ПЛОТНОСТИ МОЛНИЕВЫХ РАЗРЯДОВ В ТРОПИЧЕСКИХ ЦИКЛОНАХ В ПРИМОРЬЕ В АВГУСТЕ 2016 г.

С.Н. Шабаганова<sup>1</sup>, Л.Д. Тарабукина<sup>2</sup>, В.И. Козлов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Политехнический институт (филиал) Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, г. Мирный, Россия

<sup>2</sup>Институт космических исследований и аэронавтики им. Ю.Г. Шафера СО РАН, обособленное подразделение ФИЦ «Якутский научный центр СО РАН», г. Якутск, Россия  
e-mail: [ssnik@inbox.ru](mailto:ssnik@inbox.ru), [tarabukina@ikfia.ysn.ru](mailto:tarabukina@ikfia.ysn.ru), [vkozlov@ikfia.ysn.ru](mailto:vkozlov@ikfia.ysn.ru)

Представлены результаты исследования грозовой деятельности в структуре тропических циклонов. Рассмотрено семь тропических циклонов, оказавших наибольшее влияние на Приморье и Камчатку в августе 2016 г. Анализ данных показывал, что мощные всплески молниевой активности наблюдаются при переходе от стадии депрессии в стадию шторма при развитии тропического циклона. Переходу в стадию тайфун предшествуют подобные мощные всплески молниевой активности, длительностью не менее часа. При этом повышение молниевой активности обычно опережает резкое усиление ветров и, соответственно, переход тропического циклона в следующую стадию на несколько часов. Также установлено, что в трех, из рассмотренных семи случаев, при диссипации тропического циклона также наблюдается мощный всплеск молниевой активности.

## ДИНАМИКА КОНЦЕНТРАЦИЙ РЯДА МАЛЫХ ГАЗОВЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ И АЭРОЗОЛЯ В ТРОПОСФЕРЕ В РАЗНЫХ ВОЗДУШНЫХ МАССАХ НА ЮГЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ САМОЛЕТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

**М.Ю. Аршинов, В.Г. Аршинова, Б.Д. Белан, Д.К. Давыдов,  
О.В. Праслова, Д.В. Симоненков, Т.М. Рассказчикова**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: arvi@iao.ru, bbd@iao.ru, denis@iao.ru, pov@iao.ru, simon@iao.ru, rtm@iao.ru*

Представлены результаты исследований некоторых малых газовых составляющих за период с 2010 по 2019 г., по данным самолетного зондирования в тропосферном слое 500–7000 м над Караканским бором. Анализируется дисперсный состав аэрозоля и концентрации некоторых газов в различных воздушных массах. Изменчивость концентраций диоксида углерода и озона не является статистически значимой в зависимости от воздушных масс. Для аэрозоля по мелким частицам более близки между собой арктическая и умеренная воздушные массы, а по крупным – умеренная и субтропическая.

## ВЛИЯНИЕ ДЫМА СИБИРСКИХ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В ИЮЛЕ 2019 г. НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ г. КРАСНОЯРСКА ВЗВЕШЕННЫМИ ЧАСТИЦАМИ

**В.В. Заворуев<sup>1</sup>, Е.Н. Заворуева<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Институт вычислительного моделирования СО РАН, г. Красноярск, Россия*

<sup>2</sup>*Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия*

*e-mail: valzav@icm.krasn.ru, zavorueva\_elen@mail.ru*

Проанализировано влияние дыма сибирских лесных пожаров на загрязнение приземного слоя атмосферы г. Красноярск взвешенными частицами  $PM_{2.5}$ . С помощью космического мониторинга (<https://worldview.earthdata.nasa.gov>) установлено, что очаги возгорания находились на расстоянии от 500 до 1100 км в северо-восточном направлении от города. Уровень загрязнения оценивался по данным системы мониторинга воздуха Красноярского научного центра СО РАН (<http://air.krasn.ru>). Среднесуточная концентрация  $PM_{2.5}$  вычислялась по результатам измерения 11 станций мониторинга взвешенных частиц. Показано, что в периоды 13–16 июля и 20–27 июля среднесуточная концентрация  $PM_{2.5}$  достигала значений 69,5 и 77,9  $мкг/м^3$  соответственно.

## СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ ТРОПОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ НА ТЕРРИТОРИИ БОЛОТИСТО-ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

**М.Ю. Аршинов<sup>1</sup>, Б.Д. Белан<sup>1</sup>, С.Б. Белан<sup>1</sup>, Н.Г. Воронцовская<sup>2</sup>, Д.К. Давыдов<sup>1</sup>, А.В. Дьячкова<sup>1</sup>,  
А.С. Козлов<sup>3</sup>, Г.С. Певнева<sup>2</sup>, Д.В. Симоненков<sup>1</sup>, Г.Н. Толмачев<sup>1</sup>, А.В. Фофонов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

<sup>2</sup>*Институт химии нефти СО РАН, г. Томск, Россия*

<sup>3</sup>*Институт химической кинетики и горения СО РАН им. В.В. Воеводского, г. Новосибирск, Россия*

*e-mail: michael@iao.ru, bbd@iao.ru, bsb@iao.ru, voronetskaya@ipc.tsc.ru, denis@iao.ru,*

*alena\_sidlyarova@mail.ru, kozlov@kinetics.nsc.ru, pevneva@ipc.tsc.ru,*

*simon@iao.ru, tgn@iao.ru, alenfo@iao.ru*

Рассматриваются особенности состава органических соединений проб атмосферного аэрозоля, впервые полученные над территорией Большого Васюганского болота в эшелонах 0,5–2 и 3–7 км с борта самолета-лаборатории Ту-134 «Оптик» в сентябре 2018 г., в сравнении с данными приземного пробоотбора одновременно проведенного на территории обсерватории «Фоновая». Районы отбора проб находились в сходной синоптической обстановке и располагались по ходу траекторий движения воздушных масс (по данным карт барической топографии и сайта NOAA). Состав органических соединений определялся посредством газовой хроматографии – масс-спектрометрии. Хромато-масс-спектры сравнивались, как по абсолютному содержанию индивидуальных веществ (нормальные и полиароматические углеводороды), так и статистическими методами. Согласно полученным данным заболоченная поверхность может являться источником тяжелых углеводородов в приземную атмосферу, оказывающим влияние на значительную территорию.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ МНОГОУГЛОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ СПУТНИКОВОГО РАДИОМЕТРА PARASOL ДЛЯ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ АЗИАТСКИХ ПЫЛЕВЫХ БУРЬ НАД МОРСКОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ ВЕСНОЙ 2012 г.**

**П.А. Салюк<sup>1,2</sup>, И.Е. Степочкин<sup>1,2</sup>, К.А. Шмирко<sup>2,3</sup>, И.А. Голик<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток, Россия*

<sup>2</sup>*Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия*

<sup>3</sup>*Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН, г. Владивосток, Россия*  
*e-mail: pavel.salyuk@gmail.com, fizeg@gmail.com, shmirko.konstantin@gmail.com, primorochka@mail.ru*

Работа посвящена оценке возможностей совместного использования спутниковых фотометрических измерений MODIS-Aqua и многоугловых поляризационных измерений PARASOL для детектирования пылевых событий над морской поверхностью на примере пылевой бури, наблюдавшейся над Желтым морем в апреле 2012 г. Совместный анализ данных, фотометрических RGB-изображений и диаграмм рассеяния «степень поляризации – фазовый угол», позволил выделить области на морской поверхности, подверженные воздействию пыли и выносу терригенных веществ.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ В г. ТОМСКЕ С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИ SAMx**

**Е.А. Стребкова, А.А. Барт, А.В. Старченко**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*  
*e-mail: kateks93@mail.ru, bart@math.tsu.ru, starch@math.tsu.ru*

Представлены результаты численного моделирования концентраций малых составляющих загрязняющих веществ атмосферного воздуха в г. Томске, полученные с помощью модели SAMx. Для отдельных дат представлены результаты сравнения моделирования с использованием модели SAMx с данными измерений, выполненными на ТОР-станции ИОА СО РАН.

## **РАДИОФИЗИЧЕСКИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ «МИХНЕВО» ИДГ РАН**

**Б.Г. Гаврилов, Ю.И. Зецер, Ю.В. Поклад, В.М. Ермак, В.А. Рыбаков, А.Н. Ляхов, Д.В. Егоров, И.А. Ряховский**

*Институт динамики геосфер РАН им. академика М.А. Садовского, г. Москва, Россия*  
*e-mail: boris.gavrilov34@gmail.com*

В Институте динамики геосфер им. академика М.А. Садовского на протяжении многих лет выполняются экспериментальные исследования процессов в системе геосфер – от литосферы до магнитосферы. Первичные координированные измерительные данные поступают от высокочастотных приемников сигналов глобальных навигационных спутниковых систем, радиоприемных комплексов КВ-, ДВ-, СДВ-диапазона, высокочастотной прецизионной магнитометрии СНЧ–КНЧ–НЧ-диапазона, электрофизических и акустических измерительных приборов. Все вместе составляет единый радиофизический измерительный комплекс ИДГ РАН «Михнево».

В докладе представлены параметры измерительной аппаратуры, подробно представлены процедуры доступа к первичным и графическим данным регистрации на сайте Геофизической обсерватории «Михнево» <http://idg.chph.ras.ru/mikhnevo.php>.

Обсерватория «Михнево» была создана в 1955 г. С начала 2000 г. начались работы по развитию радиофизической компоненты исследований. За прошедшие годы были получены важные научные результаты, доказывающие необходимость учета межгеосферных взаимодействий в задачах описания ионосферы и распространения радиоволн. Выполненные исследования привели к формулировке нового понятия – «Геофизическая вертикаль» – проведение координированных наблюдений в диапазоне от литосферы до магнитосферы. Наш опыт, и представленные в докладе примеры, показывает, что научный потенциал однопозиционных обсерваторий далеко не исчерпан, и, при реализации вертикального разреза измерений, способен по-прежнему конкурировать с пространственно-разнесенными сетями наблюдений и спутниковыми обсерваториями.

## МОДЕЛЬ ОЦЕНИВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДЫМОВОГО ШЛЕЙФА ОТ ВЫСОТНЫХ ИСТОЧНИКОВ

А.А. Леженин<sup>1</sup>, В.Ф. Рапута<sup>1,2</sup>, Т.В. Ярославцева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, г. Новосибирск, Россия*

<sup>2</sup>*Новосибирский институт гигиены Роспотребнадзора, Россия*  
*E-mail: lezhenin@ommfao.ssc.ru, raputa@ssc.ru, tani-ta@list.ru*

Представлены результаты построения моделей оценивания и численных исследований динамики распространения в нижней атмосфере дымовых выбросов ТЭЦ с использованием спутниковой информации. Спутниковые снимки дымовых шлейфов от труб тепловых станций позволяют в удобном виде оперативно получать визуальную информацию о текущих процессах их подъема. В качестве дополнительных условий в моделях оценивания используются уравнения гидротермодинамики атмосферы. Предложена численная модель восстановления характеристик активной фазы подъема дымового шлейфа от высотных источников. Представлены результаты расчетов параметров активной стадии подъема дымовых шлейфов от труб ТЭЦ г. Новосибирска. Показана эффективность использования предложенного подхода в зимний период времени, для которого характерны большие объемы выбросов дымовых смесей и обеспечивается контрастность теней шлейфов на земную поверхность. Проводимые исследования позволяют в текущем режиме отслеживать негативное влияние промышленных предприятий на окружающую природную среду, оценивать риски здоровью населения.

## ЭМИССИЯ ПЫЛЕВОГО АЭРОЗОЛЯ НА ОПУСТЫНЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ

Г.И. Горчаков<sup>1</sup>, А.В. Карпов<sup>1</sup>, В.М. Копейкин<sup>1</sup>, Д.В. Бунтов<sup>1</sup>,  
Р.А. Гущин<sup>1,2</sup>, О.И. Даценко<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия*

<sup>2</sup>*МИРЭА – Российский технологический университет, г. Москва, Россия*  
*e-mail: gengor@ifaran.ru, karpov@ifaran.ru, kopeikin@ifaran.ru, dbunt@mail.ru,*  
*gushchin@ifaran.ru, datsenko@ifaran.ru*

Представлены результаты измерений характеристик эмиссии пылевого аэрозоля на опустыненной территории: суммарной концентрации и функции распределения частиц пылевого аэрозоля по размерам на высотах 2 м и 20 см, вертикальных турбулентных потоков пылевого аэрозоля. Показано, что скорость выноса пылевого аэрозоля с подстилающей поверхности достигала 5 см/с. Изучены вариации напряженности электрического поля, токов сальтации и скорости переноса заряженных частиц пылевого аэрозоля. Установлено, что поверхностная плотность зарядов на опустыненной территории достигала +25 нКл/м<sup>2</sup>.

# КОНФЕРЕНЦИЯ Е ФИЗИКА СРЕДНЕЙ И ВЕРХНЕЙ АТМОСФЕРЫ

## ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ВАРИАЦИИ ВЕРХНЕЙ ПОЛЯРНОЙ СТРАТОСФЕРЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДИНАМИКИ ПОЛЯРНОГО ВИХРЯ

**В.В. Зуев, Н.Е. Зуева, Е.С. Савельева, А.В. Павлинский**

*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: vzuev@list.ru, n11.zueva@yandex.ru, p.vortices@gmail.com, wf@inbox.ru*

Весеннее усиление полярного вихря приводит не только к понижению температуры в нижней стратосфере, но и к ее повышению в верхней стратосфере в пределах вихря. Над Антарктикой эта зависимость проявляется на протяжении всего сезонного хода южного полярного вихря: в верхней стратосфере внутри вихря наблюдаются более высокие температуры, чем за его пределами, что особенно усиливается весной. Над Арктикой в многолетних средних полях температуры полярный вихрь прослеживается слабо, что вероятно связано с его высокой межгодовой изменчивостью. Однако повышение температуры в верхней арктической стратосфере наблюдается в случае усиления северного полярного вихря.

## ВЛИЯНИЕ ДИНАМИКИ СТРАТОСФЕРНОГО ПОЛЯРНОГО ВИХРЯ НА ДИНАМИКУ ТРОПОСФЕРНОГО ВИХРЯ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

**В.В. Зуев, Н.Е. Зуева, Е.С. Савельева**

*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: vzuev@list.ru, n11.zueva@yandex.ru, p.vortices@gmail.com*

Влияние стратосферного полярного вихря на тропосферный вихрь начинает проявляться в ноябре, значительно усиливается с декабря по февраль и ослабляется в марте. Сильный и центрированный стратосферный полярный вихрь способствует усилению тропосферного вихря, который в этот период в значительной степени повторяет форму и расположение стратосферного вихря. Сильный и смещенный относительно полюса стратосферный полярный вихрь способен приводить к расщеплению тропосферного вихря. И наконец, расщепление стратосферного полярного вихря в зимний период способствует существенному ослаблению тропосферного вихря.

## ОСЛАБЛЕНИЕ АНТАРКТИЧЕСКОГО ПОЛЯРНОГО ВИХРЯ ПРИ Понижении температуры нижней субтропической стратосферы

**В.В. Зуев<sup>1</sup>, Е.С. Савельева<sup>1</sup>, И.В. Боровко<sup>2,3</sup>, В.Н. Крупчатников<sup>2,3,4</sup>**

<sup>1</sup>*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия*

<sup>2</sup>*Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,  
г. Новосибирск, Россия*

<sup>3</sup>*Сибирский региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт,  
г. Новосибирск, Россия*

<sup>4</sup>*Новосибирский государственный университет, Россия  
e-mail: vzuev@list.ru, p.vortices@gmail.com, irina.borovko@yandex.ru,  
vkrupchatnikov@yandex.ru*

В сентябре 2002 г., в результате расщепления полярного вихря, над Антарктикой наблюдалось внезапное стратосферное потепление (ВСП). Аномально раннее разрушение антарктического полярного вихря весной 2002 г. произошло в результате повышенной активности вертикально распространяющихся планетарных волн. В докладе рассмотрена динамика южного полярного вихря в период ВСП 2002 г. В качестве причины ослабления полярного вихря, предшествовавшего его расщеплению под действием планетарных волн, рассмотрено аномальное понижение температуры нижней субтропической стратосферы, способствовавшее уменьшению стратосферного меридионального температурного градиента.

## СВЯЗЬ МЕЖДУ СРЕДНЕШИРОТНЫМ $K_p$ ИНДЕКСОМ И ПАРАМЕТРАМИ МЕЖПЛАНЕТНОЙ СРЕДЫ НА ГЛАВНОЙ ФАЗЕ МАГНИТНЫХ БУРЬ ВО ВРЕМЯ CIR И ICME СОБЫТИЙ

Р.Н. Бороев<sup>1,2</sup>, М.С. Васильев<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Институт космических исследований и аэронавтики им. Ю.Г. Шафера СО РАН – обособленное подразделение ФИЦ «Якутский научный центр СО РАН», г. Якутск, Россия

<sup>2</sup>Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия  
e-mail: boroyev@ikfia.ysn.ru, m.s.vasiliev@ikfia.ysn.ru

В работе по данным OMNI за период 1979–2017 гг. проведен анализ корреляционных связей между  $K_p$  (AE) индексами и вариациями  $D_{st}$ , а также с параметрами межпланетной среды на главной фазе магнитных бурь, индуцированных CIR и ICME событиями. Полученные результаты подтверждают зависимость вариаций геомагнитных индексов от типа межпланетного источника и высокую эффективность электрического поля солнечного ветра.

## ПРИЗНАКИ АНОМАЛЬНОГО ПОВЕДЕНИЯ ИОНОСФЕРЫ В 2003–2014 гг. (ИРКУТСК)

Г.П. Кушнаренко, О.Е. Яковлева, Г.М. Кузнецова

Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск, Россия  
e-mail: kusch@iszf.irk.ru, yakovleva@iszf.irk.ru, kuz@iszf.irk.ru

Обнаружено аномальное превышение электронной концентрации  $N_e$  в зимние месяцы в Иркутске в отдельные годы периода 2003–2014 гг. Эффект проявился при сравнении экспериментальных значений, полученных с помощью Иркутского ионозонда (520° с.ш., 1040° в.д.), с модельными расчетами на высотах слоя F1 (120), с модельными расчетами на высотах слоя F1 (120–200 км). Были найдены 2 аномальные временные зоны. Первая включает в себя 2003–2006 гг. и прилегает к минимуму солнечной активности. В этой зоне 2003 г. – год максимального проявления зимней аномалии по всему периоду исследования. Вторая аномальная зона – 2012, 2013, 2014 гг. – включает в себя год максимума солнечной активности. Мы исследовали возможные причины, влияющие на изменение  $N_e$  зимой во все рассматриваемые годы. Обнаружено, что основным фактором, вызывающим зимнюю аномалию, являются значительные геомагнитные возмущения в отмеченные временные зоны.

## ВЛИЯНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЛЯРНОГО ВИХРЯ И ФАЗЫ КДЦ НА РАЗРУШЕНИЕ ОЗОНА НАД АРКТИКОЙ

В.В. Зуев, Н.Е. Зуева, Е.С. Савельева

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: vzuev@list.ru, n11.zueva@yandex.ru, p.vortices@gmail.com

Разрушение стратосферного озона происходит в результате реализации полного цикла гетерогенных и фотохимических реакций внутри полярного вихря при наличии частиц полярных стратосферных облаков (ПСО) в присутствии солнечного излучения с конца зимы по весну. Однако остается непонятным почему в некоторые годы в условиях существования в весенний период сильного полярного вихря с достаточным количеством частиц ПСО и соединений хлора озоновая аномалия не регистрировалась. Основываясь на спутниковых данных NASA GSFC и данных реанализа ERA-Interim, показано, что в формировании весенней озоновой аномалии важную роль играет устойчивость полярного вихря не только в текущий момент времени, но и в предшествующие зимние месяцы.

## ПОЛУГODOВАЯ ВАРИАЦИЯ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ И ИОНОСФЕРЫ

В.Л. Янчуковский, А.Ю. Белинская

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск, Россия  
e-mail: YanchukovskiyVL@ipgg.sbras.ru, BelinskayaAY@ipgg.sbras.ru

Рассматриваются полугодовая компонента сезонной вариации слоя F2 ионосферы и полугодовая вариация интенсивности космических лучей. В анализе использованы данные ионосферных наблюдений на среднеширотных станциях MW26P (южное полушарие) и NS355 (северное полушарие) и данные мировой сети нейтронных мониторов за период с 1969 по 2019 г. Выявлена полугодовая вариация параметра foF2 ионосферы. Она повторяет полугодовую вариацию интенсивности космических лучей. Причина возникновения полугодовой вариации в ионосфере не однозначна. Тем не менее, эксперимент указывает, что такая вариация существует. Предлагается возможный механизм ее возникновения.

## **МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ МЕЗОМАСШТАБНЫХ ВОЛН ПО ДАННЫМ ДРЕЙФОВЫХ И РАДИОМЕТЕОРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В КОЛЛМЕ, ГЕРМАНИЯ**

**Н.М. Гаврилов<sup>1</sup>, К. Якоби<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра физики атмосферы, Россия*

<sup>2</sup>*Лейпцигский университет, Институт метеорологии, Германия*

*e-mail: n.gavrilov@spbu.ru, jacobi@rz.uni-leipzig.de*

Определена интенсивность мезомасштабных вариаций скорости ветра с периодами 1,7–5,6 ч путем цифровой фильтрации данных измерений на высотах 80–110 км методом дрейфа ионосферных неоднородностей в 1983–2008 гг. и метеорным радаром в 2004–2018 гг. в обсерватории Коллм (51,3° с.ш., 13,0° в.д.) Лейпцигского университета. Это позволило получить непрерывный ряд измерений для интервала 1983–2018 гг. Изучены междугодовые изменения на высоте 88 км. Среднегодовой зональный ветер был направлен на восток в 1983–2018 гг. и рос от 3 до 10 м/с. Меридиональный ветер южного направления достигал минимума 2 м/с в 2002 г. и максимума 10 м/с в 2012 г. Интенсивность мезомасштабных волн изменялась в пределах до 10%.

## **ЭФФЕКТЫ НЕЛИНЕЙНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ СПЕКТРАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТ АКУСТИКО-ГРАВИТАЦИОННЫХ ВОЛН В АТМОСФЕРЕ**

**Н.М. Гаврилов<sup>1</sup>, С.П. Кшевецкий<sup>2</sup>, Р.О. Мануйлова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра физики атмосферы, Россия*

<sup>2</sup>*Балтийский федеральный университет им. И. Канта, кафедра теоретической физики,  
г. Калининград, Россия*

*e-mail: n.gavrilov@spbu.ru, renger@mail.ru*

Трехмерная численная модель высокого разрешения применена для изучения нелинейных акустико-гравитационных волн (АГВ), распространяющихся от земной поверхности в верхнюю атмосферу. Волновые источники содержат суперпозицию двух гармоник АГВ с разными периодами, длинами волны и фазовыми скоростями. Длиннопериодные АГВ изменяют фоновые условия для распространения короткопериодных волновых мод и могут модулировать амплитуды последних. В частности, взаимодействия двух волн могут обострять вертикальные температурные градиенты и облегчать разрушение волн и генерацию турбулентности. Мелкомасштабные волны могут усиливать диссипацию и изменять крупномасштабные моды. Исследованы амплитуды, волновые потоки импульса, энергии и тепла. Рассмотрено влияние взаимодействия двух волн на изменение среднего ветра и температуры.

## **УТОЧНЕНИЕ МОДЕЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ КРИТИЧЕСКОЙ ЧАСТОТЫ ИОНОСФЕРЫ ДЛЯ ТЕКУЩИХ УСЛОВИЙ ПО ДАННЫМ О РАЗНОСТИ ИОНОСФЕРНЫХ ЗАПАЗДЫВАНИЙ СИГНАЛОВ ОТ ДВУХ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВ**

**С.Н. Колесник, В.И. Сажин, А.С. Тимофеев, В.Е. Унучков**

*Иркутский государственный университет, Россия*

*e-mail: kyf\_2001@mail.ru, sazhin@physdep.isu.ru, wernayk@yandex.ru,  
vlad.unuchkov@yandex.ru*

Проведено уточнение значений критических частот, получаемых из модели IRI, для конкретного часа в отдельных точках пространства, близко расположенных к пункту, по которому имеются данные вертикального зондирования ионосферы. Уточнение выполнено по данным о разностях ионосферного запаздывания сигналов от двух навигационных спутников, принимаемых в один момент времени. В качестве опорных использованы значения разностей, рассчитываемые по значениям полного электронного содержания ионосферы, получаемых из карт IONEX. По данным для 20 пар спутников величина среднего значения относительного отличия уточненного значения критической частоты от измеренного составила 9,8%.

## СРАВНЕНИЕ КОНЕЧНО-РАЗНОСТНЫХ И МОДОВЫХ МЕТОДОВ В ЗАДАЧЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН В НИЖНЕЙ ИОНОСФЕРЕ

**А.Н. Ляхов, Е.С. Гончаров, Т.В. Лосева**

*Институт динамики геосфер им. академика М.А. Садовского РАН, г. Москва, Россия  
Центр Фундаментальных и прикладных исследований ВНИИА им. Духова, г. Москва, Россия  
e-mail: alyakhov@idg.chph.ras.ru, eggoncharov@yandex.ru, losseva@idg.chph.ras.ru*

Изучение процессов в нижней ионосфере Земли представляет исключительную важность для корректного моделирования глобальных изменений климата. Возможный вклад солнечно-земных связей в атмосферные процессы, реализуемый через воздействие жесткого ионизирующего излучения, требует верификации глобальных моделей в части пространственно-временного распределения электронов и ионов. Такая верификация должна выполняться на основе данных радиомониторинга СДВ–ДВ-радиостанций. Надежность верификации будет зависеть от точности решения задачи распространения радиоволн в неоднородной анизотропной ионосфере. В докладе представлены результаты сравнения наиболее популярных и доступных методов решения этой задачи.

## СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫЕ СВЯЗИ И ПРОЦЕССЫ В СРЕДНЕЙ АТМОСФЕРЕ

**А.Н. Ляхов, Ю.А. Корсунская**

*Институт динамики геосфер им. академика М.А. Садовского РАН, г. Москва, Россия  
e-mail: alyakhov@idg.chph.ras.ru, jukor1@yandex.ru*

Современные трехмерные динамические модели атмосферы Земли включают мезосферу, как неотъемлемый элемент. Несмотря на включение тысяч элементарных химических процессов и заявленный учет горизонтальной и вертикальной динамики качество этих моделей не удовлетворяет требованию верификации по данным распространения радиоволн. В докладе рассматривается необходимый дополнительный физический механизм солнечно-земных связей, действующий на среднюю атмосферу. В моделях необходимо учитывать фоновые фотопроцессы, вызванные жестким, сверхжестким и гамма-излучением Солнца. Реанализ спутниковых данных показал, что в годы максимума солнечной активности фоновый поток жесткого электромагнитного излучения постоянно превышает уровень, соответствующий солнечным вспышкам С-класса. Представлены статистические характеристики излучения и расчетные показатели интенсивности фотопроцессов, в сравнении с используемыми в современных моделях.

## УДАЛЕННЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ И ИОНОСФЕРНЫЕ ЭФФЕКТЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ В ГРЕЦИИ 24 МАЯ 2014 г.

**Б.Г. Гаврилов, Ю.В. Поклад, Ю.С. Рыбнов, И.А. Ряховский, И.А. Санина**

*Институт динамики геосфер им. академика М.А. Садовского РАН, г. Москва, Россия  
e-mail: boris.gavrilov34@gmail.com, poklad@mail.ru, ryakhovskiy88@yandex.ru, irina@idg.chph.ras.ru*

Работа посвящена исследованию атмосферных, электромагнитных и ионосферных эффектов, зарегистрированных на расстоянии 1850 км от очага землетрясения в Греции 24 мая 2014 г. геофизической обсерваторией «Михнево». Один из механизмов, обеспечивающих возмущения геофизических полей на значительных расстояниях от источника, связан с генерацией акустических волн, вызванных поверхностной сейсмической волной. Распространяясь в атмосферу и ионосферу, акустические колебания вызывают вариации плотности нейтрального газа и электронной концентрации в ионосфере. В D-области это приводит к изменению проводимости и модуляции горизонтальных ионосферных токов, регистрируемых на поверхности Земли в виде вариаций геомагнитного поля. Полученные результаты подтверждают возможность регистрации акустических и электромагнитных эффектов на значительных расстояниях от очага землетрясения.

## ОСОБЕННОСТИ ВЕРИФИКАЦИИ МОДЕЛЕЙ НИЖНЕЙ ИОНОСФЕРЫ ПО ДАННЫМ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СДВ ВО ВРЕМЯ РЕНТГЕНОВСКИХ ВСПЫШЕК

**С.З. Беккер, И.А. Ряховский**

*Институт динамики геосфер им. академика М.А. Садовского РАН, г. Москва, Россия  
e-mail: susanna.bekker@gmail.com*

Предлагается способ верификации моделей нижней ионосферы во время рентгеновских вспышек различного класса по данным наземных радиофизических измерений. Показано, что нормировка значений амплитуды радиоволны по экспериментальным данным, полученным во время спокойной гелиогеофизической обстановки, позволяет избежать привязки к мощности передатчика СДВ-сигнала. Такой подход позволяет оценить

прогностические возможности модели среды во время вспышек С-, М-, Х-класса не только качественно, но и количественно. В результате верификации 5-компонентной модели D-области ионосферы было получено, что среднеквадратическое отклонение теоретических результатов от экспериментальных менее 1 дБв ~ 80% случаев.

## О ВЛИЯНИИ КОСМИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ НА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

**Е.М. Лемешко, С.И. Казаков, С.А. Майборода, Ю.В. Симонова,  
В.В. Метик-Диунова, А.С. Богуславский**

*Черноморский гидрофизический подспутниковый полигон ФИЦ МГИ РАН,  
г. Ялта, пгт. Кацивели, Россия*

*e-mail: director@bshpg-ras.ru, science@bshpg-ras.ru, sergey.mayboroda.72@mail.ru,  
julia.simonova.0502@gmail.com, margodiu1@rambler.ru, al\_bhs@mail.ru*

Рассмотрены зависимости метеорологических параметров (общей и нижней облачности, температуры и относительной влажности воздуха) от вариаций потока космического излучения и солнечной активности на Южном берегу Крыма в районе мыса Кикинеиз (пгт. Кацивели). Определены основные вариации космического излучения, солнечной активности и рассмотренных метеорологических параметров, выявлены корреляционные взаимосвязи между ними. Представленные данные подтверждают факт значимого влияния интенсивности космического излучения и солнечной активности на формирование облачности, температуры и влажности воздуха на синоптических, сезонных и межгодовых масштабах временной изменчивости.

## КОРРЕКТИРОВКА ПАРАМЕТРОВ ИОНОСФЕРЫ ПО ДАННЫМ ВЕРТИКАЛЬНОГО И ВОЗВРАТНО-НАКЛОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ НЕПРЕРЫВНЫМ ЛЧМ-СИГНАЛОМ

**С.Н. Пономарчук, В.П. Грозов, Г.В. Котович, В.И. Куркин,  
А.А. Науменко, А.В. Ойнац, А.В. Подлесный**

*Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск, Россия*

*e-mail: spon@iszf.irk.ru, grozov@iszf.irk.ru, kotovich@iszf.irk.ru, kurkin@iszf.irk.ru,  
naym@iszf.irk.ru, oinats@iszf.irk.ru, pav@iszf.irk.ru*

Представлены методы определения и корректировки параметров ионосферы по оперативным данным вертикального и возвратно-наклонного зондирования (ВЗ и ВНЗ) непрерывным ЛЧМ-сигналом. Входными данными являются прогнозные параметры ионосферы и результаты обработки и интерпретации ионограмм ВЗ и ВНЗ: высотно-частотная характеристика (ВЧХ) ВЗ и передний фронт сигнала ВНЗ. По переднему фронту сигнала ВНЗ рассчитываются ВЧХ ВЗ в заданных точках на сфере в секторе зондирования. По трекам ВЧХ производится отсчет ионосферных параметров. На основе экстраполяции отношения реальных и прогнозных значений критических частот ионосферного слоя с учетом геометрических параметров слоя проводится корректировка параметров ионосферы в заданных точках на сфере.

## К ВОПРОСУ О ПРОЯВЛЕНИИ ТУРБУЛЕНТНОСТИ ВО ВРЕМЕННЫХ РЯДАХ СОДЕРЖАНИЯ ОЗОНА И АЭРОЗОЛЯ В СТРАТОСФЕРЕ

**О.Е. Баженов<sup>1</sup>, А.В. Невзоров<sup>1</sup>, Н.С. Сальникова<sup>1</sup>, А.В. Ельников<sup>2</sup>, В.А. Логинов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

<sup>2</sup>*Сургутский государственный университет, Россия*

*e-mail: andreyeln@mail.ru*

Представлены временные ряды общего содержания озона и интегрального коэффициента обратного аэрозольного рассеяния в стратосфере, полученные в Томске на Сибирской лидарной станции. Проведен их анализ на предмет проявления в их спектре инерционного масштаба турбулентности, в котором энергия вариаций от больших масштабов к меньшим должна спадать по закону  $-5/3$  и сопутствующим ему внешнего и внутреннего масштабов турбулентности. Из временного ряда ОСО оказалось, что линейный участок аппроксимируется прямой с наклоном  $-1,23$ , а не  $-1,67$  как следует из закона Колмогорова–Обухова. Предположено, что дополнительным источником энергии в инерционном интервале служат фотохимические реакции образования озона.

## ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ И МНОГОЦВЕТНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ МИКРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛЕДЯНЫХ ЧАСТИЦ В СТРАТОСФЕРЕ И МЕЗОСФЕРЕ ЗЕМЛИ

О.С. Угольников<sup>1</sup>, И.А. Маслов<sup>1</sup>, Б.В. Козелов<sup>2</sup>, А.В. Ролдугин<sup>2</sup>, С.В. Пильгаев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Институт космических исследований РАН, г. Москва, Россия*

<sup>2</sup>*Полярный геофизический институт, г. Анатиты, Россия*

*e-mail: ougolnikov@gmail.com, imaslov@iki.rssi.ru, Boris.Kozelov@gmail.com,  
roldugin\_a@pgia.ru, pilgaev@pgia.ru*

Увеличение содержания парниковых газов и, как следствие, негативные температурные тренды в атмосфере выше 10–15 км все чаще создают условия для кристаллизации льда и образования полярных стратосферных (перламутровых) и мезосферных (серебристых) облаков. Появление частиц оказывает влияние на физическое и химическое состояние этих слоев атмосферы, в частности, стимулирует разрушение стратосферного озона. Поляризационные измерения фона радиации, рассеянной частицами, ровно как и анализ интенсивности фона в разных длинах волн, позволяют определить характерные размеры и форму частиц, проследить их связь с температурными трендами и другими причинами, влияющими на образование частиц (например, метеорной активности). В работе обсуждаются результаты измерений мезосферных облаков поляризационными и многоцветными камерами всего неба в Подмоскowie и Ловозеро (Мурманская обл.), проводимые с 2015 г., а также первые результаты поляризационных измерений ярких стратосферных облаков в Ловозеро зимой 2019–2020 гг.

## ВЛИЯНИЕ СТРАТОСФЕРНЫХ ПОТЕПЛЕНИЙ НА ОБРАЗОВАНИЕ СПОРАДИЧЕСКИХ СЛОЕВ НАД АЗИАТСКИМ РЕГИОНОМ РОССИИ

В.И. Куркин, Н.М. Полех, Н.А. Золотухина

*Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск, Россия*

*e-mail: kurkin@iszf.irk.ru, polekh@iszf.irk.ru, zolot@iszf.irk.ru*

На базе данных наклонного зондирования, полученных на трех трассах, расположенных на территории Сибири и Дальнего Востока, были исследованы вероятности появления спорадических слоев во время стратосферных потеплений в 2009–2013 гг. Показано, что во время стратосферных потеплений увеличивается вероятность появления спорадических слоев, особенно в годы низкой солнечной активности.

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПЕРЕНОСА ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ЧИСЛЕННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ СИЛЬНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ В АТМОСФЕРЕ

Т.В. Лосева

*Институт динамики геосфер им. академика М.А. Садовского РАН, г. Москва, Россия*

*e-mail: losseva@idg.chph.ras.ru*

Работа посвящена эффективному методу численного решения уравнений переноса излучения (уравнений многогрупповой диффузии) используемому при численном моделировании сильных возмущений в атмосфере. Представлены конечно-разностные аппроксимации системы этих уравнений, основанные на точных аналитических решениях уравнений диффузии внутри каждого слоя разностной сетки в предположении постоянства газодинамических параметров внутри слоя для всех одномерных геометрий. Приводятся результаты тестовых расчетов и результаты применения методики для численного моделирования ряда актуальных задач.

## ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЧИВОСТИ СОДЕРЖАНИЯ ФОНОВОГО АЭРОЗОЛЯ В СТРАТОСФЕРЕ НАД ТОМСКОМ ПО ДАННЫМ ЛИДАРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В 2016–2019 гг.

В.Н. Маричев, Д.А. Бочковский

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

*e-mail: marichev@iao.ru, moto@iao.ru*

Проводится анализ данных внутригодовой изменчивости вертикально-временной структуры аэрозоля и его интегрального наполнения в стратосфере, полученные на лидарном комплексе станции высотного зондирования атмосферы ИОА СО РАН за период 2016–2019 гг. В качестве первичной информации для анализа использовался массив данных из 357 суммарных сигналов, накопленных в отдельные ночи указанных годов.

Интервал зондируемых высот простирался от 10 до 50–60 км, пространственное разрешение составляло 192 м, время накопления суммарного сигнала – 2 ч. По результатам наблюдений, как и в предыдущие годы, установлена устойчивая тенденция роста накопления стратосферного аэрозоля с середины года с максимальным содержанием в январе и убыванием до практического отсутствия в июне–июле. В верхней стратосфере (30–50 км) в течение всего года фоновый аэрозоль отсутствует.

## **ЛИДАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЯВЛЕНИЙ ЗИМНИХ СТРАТОСФЕРНЫХ ПОТЕПЛЕНИЙ НАД ТОМСКОМ В 2016–2020 гг.**

**В.Н. Маричев, Д.А. Бочковский**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
e-mail: marichev@iao.ru, moto@iao.ru*

В настоящее время в исследованиях термического режима средней атмосферы широкое применение находят лидарные технологии. Подобные исследования в мониторинговом режиме в институте оптики атмосферы СО РАН были начаты с 1994 г. и продолжаются в настоящее время. Особое внимание уделяется изучению проявления внезапных возмущений в средней стратосфере, вызываемых зимними стратосферными потеплениями (СП). В настоящей статье представлены исследования вертикального распределения температуры над Томском в периоды проявления СП в 2016–20 гг.

## **ОПТИЧЕСКИЕ СВЕЧЕНИЯ СТРУИ ВЗРЫВНОГО ГЕНЕРАТОРА ПЛАЗМЫ, РАСШИРЯЮЩЕЙСЯ В РАЗРЕЖЕННОЙ ИОНОСФЕРЕ**

**Ю.И. Зецер, Б.Г. Гаврилов, Т.В. Лосева, А.Н. Ляхов, Ю.В. Поклад**

*Институт динамики геосфер им. академика М.А. Садовского РАН, г. Москва, Россия  
e-mail: zetzer@idg.chph.ras.ru, boris.gavrilov34@gmail.ru, losseva@idg.chph.ras.ru,  
alyakhov@idg.chph.ras.ru, poklad@idg.chph.ras.ru*

Рассматриваются данные оптических излучений в диапазоне 0,1–26 микрон, полученные в активных ракетных экспериментах на высотах 140–260 км при расширении доальфвеновской ( $MA \approx 0,04$ ) струи, инжектируемой взрывными плазменными генераторами. Показано, что характерные спектры зарегистрированного в указанном диапазоне излучения, определяются кроме жесткого излучения, испускаемого собственно струей, процессами взаимодействия струи с окружающей ионосферой. Тот факт, что характерной особенностью взрывных генераторов плазмы является наличие двух последовательно воздействующих на среду факторов: плазменной струи и взрыва химического ВВ, определяет широкий спектр регистрируемого излучения. Представлены данные по динамике развития процессов взаимодействия, полученные спутниковыми, бортовыми и наземными оптическими приборами в интервале от миллисекунд до десятков секунд.

## **МОДУЛЯЦИЯ МЕРИДИОНАЛЬНОГО ПЕРЕНОСА ОЗОНА ЮЖНЫМ КОЛЕБАНИЕМ (ENSO) В ПЕРИОД ЗАПОЛНЕНИЯ АНТАРКТИЧЕСКОЙ ОЗОНОВОЙ ДЫРЫ**

**В.Б. Кашкин, Т.В. Рублева, А.А. Романов**

*Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия  
e-mail: rtcvbk@rambler.ru, tvrubleva@mail.ru, aaromanov@sfu-kras.ru*

Исследована корреляционная связь между рядами общего содержания озона в начале октября в полярных широтах Южного полушария, скорости зонального ветра на  $60^\circ$  ю.ш. и индексов Эль Ниньо/Ла Нинья за период с 1979 по 2018 г. Обнаружена тесная корреляция между скоростью зонального ветра и содержанием озона, между скоростью зонального ветра и индексами Эль Ниньо/Ла Нинья. Явление Эль Ниньо/Ла Нинья через изменение скорости зонального ветра контролирует время начала заполнения Антарктической озоновой дыры при меридиональном переносе масс озона из средних широт Южного полушария в полярную область в октябре каждого года.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СРЕДНЕМАСШТАБНЫХ ПЕРЕМЕЩАЮЩИХСЯ ИОНОСФЕРНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ НАД АЗИАТСКИМ РЕГИОНОМ РОССИИ В 24 ЦИКЛЕ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

**В.И. Куркин<sup>1</sup>, И.В. Медведева<sup>1</sup>, А.А. Науменко<sup>1</sup>, А.В. Подлесный<sup>1</sup>,  
Л.В. Чистякова<sup>1</sup>, А.И. Поддельский<sup>2</sup>, Ю.А. Теслюк<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск, Россия*

<sup>2</sup>*Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН,  
Камчатский край, пос. Паратунка*

*e-mail: kurkin@iszf.irk.ru, ivmed@iszf.irk.ru, naym@mail.iszf.irk.ru, podd-igor@yandex.ru,  
pav1986@rambler.ru, labfiz@vzm.kht.ru, chist@iszf.irk.ru*

На основе данных системы радиотрасс ЛЧМ-зондирования на средних и субавроральных широтах исследованы особенности проявления среднемасштабных перемещающихся ионосферных возмущений (СМПИВ) над азиатским регионом России в 24 цикле солнечной активности. Выявлены характерные сезонные зависимости и суточные вариации вероятности появления и времени регистрации СМПИВ на однокачковых радиотрассах различной ориентации.

## РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОГО И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СТРУКТУРЫ ТУРБУЛЕНТНОСТИ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ

**И.А. Ботыгин<sup>1,2</sup>, А.Я. Богушевич<sup>2</sup>, В.С. Шерстнев<sup>1</sup>, А.И. Шерстнева<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия*

<sup>2</sup>*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия*  
*e-mail: bia@tpu.ru, bay@imces.ru, vss@tpu.ru, sherstneva@tpu.ru*

Представлены результаты по разработке математического и программного обеспечения для экспериментальных исследований структуры турбулентности поверхностного слоя атмосферы. В качестве данных использованы высокочастотные измерения ультразвукового термоанемометра. Обработка данных и расчет параметров атмосферной турбулентности проводились по схемам дискретизации и масштабирования изучаемых метеорологических параметров с использованием полуэмпирических методов описания потоков тепла, влаги, количества движения в приземном слое и теории подобия Монина–Обухова. Рассчитанные прогностические значения параметров достаточны для оценки динамического режима турбулентности в приземном слое атмосферы, включая оценки возможности образования в атмосфере температурных инверсий и определение класса устойчивости атмосферной стратификации.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНЖЕКЦИИ В ВЕРХНЮЮ АТМОСФЕРУ АЛЮМИНИЕВОЙ ПЛАЗМЕННОЙ СТРУИ ВЗРЫВНОГО ГЕНЕРАТОРА НА НАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ АКТИВНОГО ГЕОФИЗИЧЕСКОГО РАКЕТНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

**М.Ю. Кузьмичева, И.Б. Косарев**

*Институт динамики геосфер им. академика М.А. Садовского РАН, г. Москва, Россия*  
*e-mail: mukuzmgm@gmail.com, kosarev@idg.chph.ras.ru*

Рассматривается задача о моделировании инъекции алюминиевой струи плазменного генератора в верхнюю атмосферу при проведении Активного Геофизического эксперимента. Высокоскоростная струя представляет собой калиброванный источник воздействия. Были определены газодинамические параметры струи, было показано, что в быстро разлетающейся струе возникает нарушение термодинамического равновесия, приводящее к «замораживанию» ионного состава. В дальнейшем плазма струи взаимодействует с атмосферой и геомагнитным полем, вызывая свечение, образование «диамагнитной каверны», генерацию электромагнитных полей.

## ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛЮМИНИЕВОЙ ПЛАЗМЫ

**И.Б. Косарев**

*Институт динамики геосфер им. академика М.А. Садовского РАН, г. Москва, Россия  
e-mail: kosarev@idg.chph.ras.ru*

На основе квантово-механических расчетов и данных, собранных из современных литературных источников, составлен банк спектроскопических характеристик компонент алюминиевой плазмы в широком диапазоне величин газодинамических параметров. Рассчитаны таблицы коэффициентов поглощения, групповые и полные Росселандовы и Планковские пробеги излучения в диапазоне плотностей от  $10^{-5}$  до  $100 \text{ кг/м}^3$  и температур от 0,3 до 100 кК. Составленные таблицы оптических свойств алюминиевой плазмы использовались при численном моделировании активных геофизических экспериментов с выбросом горячей алюминиевой струи в ионосферу.

## МЕХАНИЗМЫ НАГРЕВА ИОНОВ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ПЛАЗМЕННОЙ СТРУИ ПРИ ЕЕ РАСШИРЕНИИ В ИОНОСФЕРЕ В ПРИСУТСТВИИ ФОНОВОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

**И.Х. Ковалева, А.Т. Ковалев**

*Институт динамики геосфер им. М.А. Садовского РАН, г. Москва, Россия  
email: ikhkov@idg.chph.ras.ru, akoval@idg.chph.ras.ru*

Рассмотрены данные активного ионосферного эксперимента «Северная Звезда». В эксперименте плазменная струя была инжектирована в ионосферную плазму поперек геомагнитного поля. Наблюдалось длительное свечение возникшего плазменного облака. Наблюдалась аномальная ионизация, низкочастотные волны и нагрев плазмы. Асимметричное азимутальное распределение сверхтепловых электронов свидетельствует о присутствии интенсивного поперечного электростатического поля. Изменение динамики плазменной струи под влиянием этого поля рассмотрено в настоящей статье. Внешнее электростатическое поле и электростатические ионно-циклотронные дрейфовые волны на градиенте плотности/температуры вдоль поперечного электростатического играют роль в нагреве плазмы.

## РЕЗОНАНСНОЕ РАССЕЙЯНИЕ КАК ПРИЧИНА РЕГИСТРАЦИИ МНИМЫХ АЭРОЗОЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В СРЕДНЕЙ АТМОСФЕРЕ

**В.В. Бычков, И.Н. Середкин**

*Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН,  
пос. Паратунка Камчатского края, Россия  
e-mail: vaisily.v.bychkov@gmail.com, seredkin@ikir.ru*

Представлен более подробный анализ данных лидарной станции Камчатки, полученных в осенний сезон 2017 г. Подтверждены основные выводы о причинах и механизме формирования, а также основных свойствах профиля обратного рассеяния в присутствии дополнительных источников ионизации атмосферы. Показано, что аэрозольные образования в средней атмосфере могли быть мнимыми и вызываться резонансным рассеянием на возбужденных ионах атомарного азота и кислорода. Показана возможность оценки энергии высвобождавшихся электронов. Приводятся результаты экспериментов по «сшиванию» основного и ослабленного сигналов, полученных от одного приемника, с целью получения непрерывного сигнала обратного рассеяния в области высот 10–600 км. Необходимость в использовании этого метода вызвана большим динамическим диапазоном сигнала обратного рассеяния.

## НАБЛЮДЕНИЯ ПЛАНЕТАРНЫХ ВОЛН ПО ИЗЛУЧЕНИЮ ОН (6, 2) НА СТАНЦИИ МАЙМАГА

**В.И. Сивцева, П.П. Аммосов, Г.А. Гаврильева, И.И. Колтовской, А.М. Аммосова**

*Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН,  
г. Якутск, Россия  
e-mail: verasivtseva@gmail.com, ammosov@ikfia.ysn.ru, gagavrilyeva@mail.ru,  
koltigor@mail.ru, ammosovaam@mail.ru*

Исследованы данные температуры области мезопаузы, полученные за период 1999–2016 гг. на станции Маймага ( $63,04^\circ \text{ с.ш.}$ ,  $129,51^\circ \text{ в.д.}$ ). Регистрация спектров осуществлялась с помощью светочувствительных инфракрасных спектрографов СП-50, регистрирующих полосу ОН (6, 2). В качестве характеристики активности планетарных волн приняты стандартные отклонения температуры  $\sigma_{pw}$  от ее среднемесячного значения после вычета сезонного хода температуры.

## УНИПОЛЯРНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ И ВЕРТИКАЛЬНЫХ АТМОСФЕРНЫХ ТОКОВ (ПО ДАННЫМ ГФО «МИХНЕВО»)

**В.А. Рыбаков, Б.Г. Гаврилов, В.М. Ермак, Ю.В. Поклад, И.А. Ряховский, К.В. Бабайкина**

*Институт динамики геосфер РАН, г. Москва, Россия*  
e-mail: rybak1946@yandex.ru, boris.gavrilov34@gmail.com, poklad@mail.ru,  
ermakvladimir@mail.ru, ryakhovskiy88@yandex.ru

Приведены результаты измерений напряженности электрического поля и вертикальных атмосферных токов в условиях «хорошей погоды» и их сравнение с кривой Карнеги. Показаны особенности данных измерений, связанные с обнаружением вечернего максимума напряженности электрического поля.

## ЗАВИСИМОСТЬ ВАРИАЦИИ ПАРАМЕТРОВ D-СЛОЯ ИОНОСФЕРЫ ВО ВРЕМЯ РЕНТГЕНОВСКИХ ВСПЫШЕК M И X КЛАССОВ ОТ ИХ ЭНЕРГЕТИКИ

**Ю.В. Поклад, Б.Г. Гаврилов, В.М. Ермак, А.Н. Ляхов, В.А. Рыбаков, И.А. Ряховский**

*Институт динамики геосфер РАН, г. Москва, Россия*  
e-mail: poklad@mail.ru, ermakvladimir@mail.ru, ryakhovskiy88@yandex.ru

Представлены вариации параметров D-слоя ионосферы во время рентгеновских вспышек M и X классов на трассе распространения сигналов от СДВ передатчиков GQD и GBZ, и принятых в ГФО «Михнево». Показано, что в рамках двухпараметрической модели Фергюссона–Уайта эффективная высота отражения ОНЧ-сигнала  $H$  и градиент нарастания электронной концентрации  $\beta$  на переднем фронте вспышки связаны с энергией рентгеновского излучения в диапазоне 0,05–0,4 нм.

## МЕТОДИКА ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКОЙ РЕГИСТРАЦИИ СМ ПИВ ПО ДАННЫМ НАКЛОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

**В.А. Иванова<sup>1</sup>, А.В. Подлесный<sup>1</sup>, А.А. Науменко<sup>1</sup>, А.И. Поддельский<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск, Россия*

<sup>2</sup>*ИКИР ДВО РАН, г. Иркутск, Россия*

e-mail: moshkova@iszf.irk.ru, pav1986@rambler.ru, naym13@mail.ru, podd-igor@yandex.ru

Предлагается методика полуавтоматической регистрации среднемасштабных перемещающихся ионосферных возмущений (СМ ПИВ) по Z-образному перегибу на верхнем луче ионограммы наклонного зондирования. Методика опробована для спокойного дня 26.03.2017 г. Проводится сравнение случаев регистрации СМ ПИВ с регистрацией крупномасштабных перемещающихся ионосферных возмущений (КМ ПИВ) по вариациям максимальных наблюдаемых частот.

## МЕЗОМАСШТАБНЫЕ ВАРИАЦИИ ВРАЩАТЕЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ГИДРОКСИЛА ПО НАБЛЮДЕНИЯМ НА РОССИЙСКИХ СТАНЦИЯХ

**Н.М. Гаврилов<sup>1</sup>, А.А. Попов<sup>1</sup>, В.И. Перминов<sup>2</sup>, Н.Н. Перцев<sup>2</sup>, И.В. Медведева<sup>2,3</sup>,  
П.П. Аммосов<sup>4</sup>, Г.А. Гаврильева<sup>4</sup>, И.И. Колтовской<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>*Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра физики атмосферы, Россия*

<sup>2</sup>*Институт физики атмосферы РАН им. А.М. Обухова, г. Москва, Россия*

<sup>3</sup>*Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск, Россия*

<sup>4</sup>*Институт космических исследований и аэронавтики им. Ю.Г.Шафера СО РАН,  
г. Якутск, Россия*

e-mail: n.gavrilov@spbu.ru, andrew.popovix@gmail.com, v.i.perminov@rambler.ru, n.pertsev@bk.ru,  
ivmed@iszf.irk.ru, ammosov@ikfia.ysn.ru, gagavrilyeva@ikfia.ysn.ru, koltik@ikfia.ysn.ru

Простая цифровая фильтрация применена для изучения мезомасштабных вариаций вращательной температуры возбужденного гидроксила (ОН\*) на высотах 85–90 км по данным спектральных измерений в обсерваториях Звенигород (56° с.ш., 37° в.д.) в 2004–2016 гг., Торы (52° с.ш., 103° в.д.) в 2012–2017 гг. и Маймага (63° с.ш., 130° в.д.) в 1999–2015 гг. Получены среднемесячные значения и дисперсии возмущений температуры ОН\* с периодами 0,8–11 ч, которые могут отражать интенсивность внутренних гравитационных волн (ВГВ) в области мезопаузы. Фильтрация мезомасштабных вариаций осуществлялась путем вычисления разностей между измеренными значениями температуры ОН\*, разделенными интервалами продолжительностью от 0,5 до 2 ч. Исследованы сезонные и межгодовые изменения мезомасштабных дисперсий температуры в указанных пунктах наблюдений.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМЫ СИГНАЛА ВОЗВРАТНО-НАКЛОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ИОНОСФЕРЫ НЕПРЕРЫВНЫМ ЛЧМ-СИГНАЛОМ

С.Н. Пономарчук, В.И. Куркин, А.В. Ойнац

*Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск, Россия  
e-mail: spon@iszf.irk.ru, kurkin@iszf.irk.ru, oinats@iszf.irk.ru*

Приводятся результаты исследования формы сигнала возвратно-наклонного зондирования ионосферы (ВНЗ) в зависимости от условий распространения радиоволн и электрических свойств земной поверхности. Анализировались экспериментальные данные ВНЗ, полученные в различные сезоны года на базе многофункционального ЛЧМ-ионозонда, разработанного в ИСЗФ СО РАН. Для анализа и интерпретации сигналов ВНЗ на ионограммах привлекались результаты моделирования характеристик ЛЧМ-сигналов при возвратно-наклонном зондировании ионосферы в рамках волноводного подхода. Были выявлены наиболее характерные типы ионограмм и установлены условия появления того или иного типа в зависимости от времени суток, сезона, направления зондирования, состояния среды.

## ЭФФЕКТЫ КОЛЬЦЕОБРАЗНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЗАТМЕНИЙ 20–21 МАЯ 2012 г. И 26 ДЕКАБРЯ 2019 г. В ФАЗОВЫХ ВАРИАЦИЯХ ОНЧ-СИГНАЛОВ РАДИОСТАНЦИЙ

А.А. Корсаков, В.И. Козлов, Р.Р. Каримов

*Институт космических исследований и аэронавтики им. Ю.Г. Шафера СО РАН –  
обособленное подразделение ФИЦ «Якутский научный центр СО РАН», г. Якутск, Россия  
e-mail: korsakova@ikfia.ysn.ru, vkozlov@ikfia.ysn.ru, karimov@ikfia.ysn.ru*

Повышение фазовой задержки радиосигнала NWC при регистрации в Якутске во время солнечных затмений 20–21.05.2012 и 26.12.2019 г. составило 0,652 рад (22:07:12 UT) и 0,48 рад (06:07:30 UT) соответственно. Нормировочный коэффициент, связывающий изменение эффективной высоты волновода Земля–ионосфера и логарифм отношения потока солнечного излучения во время затмения к полному потоку в дневное время для затмения 20–21.05.2012 г. равен  $2,597 \pm 0,136$  км, для затмения 26.12.2019 г.:  $2,284 \pm 0,178$  км. Изменение эффективной высоты волновода Земля–ионосфера во время максимального затенения радиотрассы NWC – Якутск (20.05.2012 г. 22:13:30 UT): 4,71 км, а для 26 декабря 2019 г. (06:09:36 UT): 4,29 км.

## ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ТРЕКОВ ИОНОГРАММЫ ВЕРТИКАЛЬНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В ПЕРЕХОДНОЙ ФАЗЕ ИХ СЛИЯНИЯ С ОСНОВНЫМ ТРЕКОМ

О.А. Ларюнин, С.Н. Пономарчук

*Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск, Россия  
e-mail: laroleg@inbox.ru, spon@iszf.irk.ru*

Целью настоящей работы является численное моделирование дальностно-частотных характеристик при вертикальном зондировании в условиях горизонтально-неоднородной ионосферы. Рассмотрено ионосферное возмущение в F2-слое, смещенное по горизонтали от точки зондирования. С наличием такого рода возмущения связаны неперпендикулярные отражения и соответственно многолучевость распространения. Исследован дополнительный трек на ионограмме, который образуется за счет неперпендикулярных траекторий. Рассмотрены вариации амплитуды возмущения и связанные с этим изменения формы дополнительного трека. Представлены характерные лучевые траектории, формирующие дополнительные треки ионограммы.

## ВЛИЯНИЕ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ НА ФЛУКТУАЦИИ ЭЛЕКТРОННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ В ИОНОСФЕРЕ ЗЕМЛИ ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВОЙ МИССИИ SWARM В 2014 г.

Л.А. Волобоев<sup>1</sup>, В.И. Захаров<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, физический факультет, Россия*

<sup>2</sup>*Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия  
e-mail: l.voloboev@mail.ru, zvi\_555@list.ru*

В данной работе на основе базы данных индексов  $K_p$  и AE магнитного поля рассматривается влияние солнечной активности на флуктуации электронной концентрации в ионосфере Земли по данным спутниковых *in situ* измерений в 2014 г. Рассчитаны геофизические индексы S4 и RODI, получены коэффициенты их корреляции в случаях со спокойной и возмущенной геомагнитными обстановками. Вычислены и построены недельные (с 6 по 12 января 2014 г.) полярные карты обозначенных индексов.

## ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ШУМАНОВСКИХ РЕЗОНАНСОВ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ ВО ВРЕМЕННОЙ ОБЛАСТИ С УЧЕТОМ РЕАЛЬНОГО ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

Е.С. Гончаров<sup>1</sup>, А.Н. Ляхов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Духова, г. Москва, Россия*

<sup>2</sup>*Институт динамики геосфер РАН, г. Москва, Россия*  
*e-mail: eggoncharov@yandex.ru, alyakhov@idg.chph.ras.ru*

Сферическая полость между Землей и нижней ионосферой образует резонатор для электромагнитных волн КНЧ (3–40 Гц) диапазона, а глобальная грозная активность формирует подобные резонансные электромагнитные колебания, известные как Шумановские резонансы. На сегодняшний день разработано большое количество моделей для численного расчета параметров Шумановских резонансов. Существующие численные модели позволяют проводить расчеты при различных геофизических параметрах, однако расчет параметров Шумановских резонансов с учетом реального геомагнитного поля не проводился. В данной работе реализован модуль расчета параметров глобальных электромагнитных резонансов методом конечных разностей во временной области, который позволяет проводить расчет резонансных параметров с учетом реального геомагнитного поля.

## СТРУКТУРНОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ВЫСОКО- И СРЕДНЕШИРОТНОЙ ИОНОСФЕРЫ ПО ДАННЫМ РАДИОТОМОГРАФИИ В ВОСТОЧНОМ И ЗАПАДНОМ ПОЛУШАРИЯХ

Е.С. Андреева, М.О. Назаренко, А.М. Падохин,  
Н.А. Терешин, Ю.С. Туманова

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Россия*  
*e-mail: es\_andreeva@mail.ru, m.o.nazarenko@mail.ru, padokhin@physics.msu.ru,*  
*nikita.tereshin@gmail.com, 88julia88@mail.ru*

Анализируются реконструкции высоко- и среднеширотной ионосферы методами низко- и высокоорбитальной радиотомографии (НОРТ и ВОРТ) в разных регионах. Представлены примеры НОРТ реконструкций, отражающие локальные ионосферные особенности (десятки километров) различной формы, ориентации и локализации, а также крупные неоднородности порядка сотен километров с регулярными и нерегулярными структурными компонентами. ВОРТ реконструкции демонстрируют морфологическое разнообразие структур порядка сотен-тысяч километров. Приведены примеры выявленных методами радиотомографии многоэкстремальных структур, пятен ионизации (блобы, пэтчи), вариаций положения и глубины провалов ионизации, квазиволновых возмущений, «стеночных» высокоградиентных областей ионизации. Обсуждаются ионосферные эффекты высыпаний. Проводится качественное сопоставление РТ реконструкций с данными DMSP по потокам ионизирующих частиц.

## ВАРИАЦИИ АМПЛИТУДЫ СИГНАЛА СДВ-РАДИОСТАНЦИИ NWC 19,8 кГц С 21 ПО 15 СЕНТЯБРЯ 2018 г. ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ НАД ЭПИЦЕНТРОМ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

М.Р. Готовцев, А.А. Корсаков, В.В. Аргунов

*Институт космических исследований и аэронавтики им. Ю.Г. Шафера СО РАН –  
обособленное подразделение ФИЦ «Якутский научный центр СО РАН», г. Якутск, Россия*  
*e-mail: GotovcevMR@ikfia.ysn.ru, argunovVV@mail.ru, KorsakovAA@ikfia.ysn.ru*

Возмущения нижней ионосферы сопровождающие землетрясения возможно исследовать по наблюдениям сигналов сверхдлинноволновых (СДВ) радиостанций. Рассматриваются вариации амплитуды сигнала СДВ-радиостанции NWC (19,8 кГц) при регистрации в Якутске в период с 21 августа по 15 сентября 2018 г. для выявления возмущений нижней ионосферы в результате литосферного возмущения магнитудой 6,6 и глубиной 35 км на о-ве Хоккайдо (42,686° с.ш., 141,929° в.д.) 5 сентября 2018 г. В день землетрясения проявился эффект в виде повышения амплитуды СДВ-радиосигнала.

## ИЗМЕНЕНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО КИСЛОРОДА И ГИДРОКСИЛА МЕЗОСФЕРЫ И НИЖНЕЙ ТЕРМОСФЕРЫ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ В ЗВЕНИГОРОДЕ В 2000–2019 гг.

В.И. Перминов<sup>1</sup>, Н.Н. Перцев<sup>1</sup>, П.А. Далин<sup>2,3</sup>, Ю.А. Железнов<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия

<sup>2</sup>Институт космических исследований РАН, г. Москва, Россия

<sup>3</sup>Swedish Institute of Space Physics, Kiruna, Sweden

<sup>4</sup>Институт электрофизики и электроэнергетики РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

e-mail: v.i.perminov@yandex.ru, n.pertsev@bk.ru, pdalin@irf.se, academ@lot-qd.com

По данным наземных спектральных наблюдений собственного излучения в ближней ИК-области на Звенигородской научной станции ИФА им. А.М. Обухова РАН в 2000–2019 гг. исследуются межгодовые изменения в интенсивности эмиссий излучения молекулярного кислорода (полоса O<sub>2</sub>A (0–1) 0,865 мкм) и гидроксила (полоса OH (6–2) 0,84 мкм). Показано, что обе эмиссии имеют высокую корреляцию между собой ( $r = 0,92$ ), значительный отрицательный тренд и положительный отклик на воздействие 11-летнего цикла солнечной активности, в качестве параметра которой взят поток излучения в линии Лайман-альфа. В спектре их межгодовых гармонических вариаций обнаружены статистически значимые кваздекадные и квазидвухдекадные осцилляции.

## ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ ГНСС ДЛЯ МОНИТОРИНГА БЫСТРЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ИОНОСФЕРЫ

В.Б. Пудловский

*Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений, р.п. Менделеево, Солнечногорский р-н, Московская обл., Россия*  
e-mail: pudlovskiy@vniiftri.ru

Прием и обработка сигналов глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) позволяют определять полное электронное содержание и мониторинг параметров ионосферы. Анализ приемников используемых российскими специалистами для оценки ПЭС показывает, что темп измерений параметров сигналов ГНСС и необходимость первичной обработки сигналов в аппаратуре не позволяют фиксировать быстропротекающие (менее 0,2 с) процессы в ионосфере. Для оценки различных возмущений ионосферы предлагается запись сигналов ГНСС на высокой частоте до этапа первичной обработки с последующей программной обработкой записанных данных. Предложены варианты построения такого аппаратно-программного комплекса для оценки быстрых процессов в ионосфере. Предлагаемый подход позволяет преодолеть разночтения в трактовке измерений и калибровочных поправок для приемников ГНСС.

## ИНФРАКРАСНЫЕ СПЕКТРОГРАФЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВРАЩАТЕЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ГИДРОКСИЛА

И.И. Колтовской, П.П. Аммосов, Г.А. Гаврильева, А.М. Аммосова, В.И. Сивцева

*Институт космофизических исследований и аэронауки СО РАН, г. Якутск, Россия*  
e-mail: koltigor@mail.ru

Представлены современные инфракрасные спектрографы Shamrock фирмы Andor Technology, которые регистрируют полосы гидроксила OH(3,1) в далекой инфракрасной области (около 1,5 мкм), излучающиеся на высоте ~87 км. Вращательная температура полос гидроксила OH(3,1) оцененная методом подгонки модельных спектров, построенных с учетом аппаратной функции прибора для различных заранее заданных температур, к реально измеренному спектру соответствует температуре области мезопаузы на данной высоте. С целью исследования вариаций температуры мезопаузы и волновых процессов с широтой создана меридиональная сеть, состоящая из инфракрасных спектрографов на трех оптических станциях: Тикси (71,6° с.ш.; 128,7° в.д.), Маймага (63° с.ш.; 129,5° в.д., возле Якутска) и Нерюнгри (56,7° с.ш.; 124,7° в.д.).

## ТОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ ВЕРТИКАЛЬНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

**В.А. Иванова, С.Н. Пономарчук, А.В. Подлесный**

*Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск, Россия  
e-mail: moshkova@iszf.irk.ru, spon@iszf.irk.ru, pav1986@rambler.ru*

Проводится оценка точностных характеристик работы комплекса автоматической интерпретации данных вертикального зондирования для июня 2014 г. Оцениваются относительные ошибки комплекса автоматической интерпретации, приводятся суточные хода ручной и автоматической обработки по параметрам foF2, foF1 и foEs. Средние относительные ошибки программы автоматической интерпретации в июне 2014 г. не превышали 1,5%, а СКО составляло 5–6%.

## О НАБЛЮДЕНИИ SAR-ДУГИ НА ИСЗ POLAR И ЕЕ СВЯЗИ С ОБЛАСТЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ЭЛЕКТРОНОВ В СУБАВРОРАЛЬНОЙ ИОНОСФЕРЕ

**И.А. Голиков<sup>1</sup>, А.Ю. Гололобов<sup>2</sup>, Д.Г. Баишев<sup>1</sup>, Г.А. Макаров<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Институт космических исследований и аэронавтики им. Ю.Г. Шафера СО РАН, ФИЦ ЯНЦ СО РАН, г. Якутск, Россия*

<sup>2</sup>*Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия  
e-mail: golikovia@ikfia.ysn.ru, golart87@gmail.com, baishev@ikfia.ysn.ru, gmakarov@ikfia.ysn.ru*

На основе фотометрических наблюдений SAR-дуги, полученных с помощью спутника POLAR и численных расчетов на модели высокоширотной ионосферы показана возможность исследования области повышения температуры электронов в субавроральной ионосфере в глобальном масштабе.

## ИОНОСФЕРНЫЕ ЭФФЕКТЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ В НОВОЙ ЗЕЛАНДИИ 13 НОЯБРЯ 2016 г.

**А.Б. Ишин<sup>1</sup>, С.В. Воейков<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия*

<sup>2</sup>*Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск, Россия  
e-mail: ishin.artem@yandex.ru, serg3108@iszf.irk.ru*

Представлены результаты анализа вариаций ПЭС, полученных по данным наземных приемников глобальных навигационных спутниковых систем в Новой Зеландии в день землетрясения 13 ноября 2016 г. Показано, что в северном и северо-восточном направлениях от эпицентра землетрясения распространялась N-волна, при этом в других азимутальных направлениях возмущение не регистрировалось. Амплитуда волны составляла порядка 0,7 TECU, а длительность 8 мин.

## ДОПЛЕРОВСКОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ИОНОСФЕРЫ В КОМПЛЕКСНОМ ИССЛЕДОВАНИИ ЛИТОСФЕРНО-АТМОСФЕРНО-ИОНОСФЕРНЫХ СВЯЗЕЙ ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ M4,2–7,8

**Н.М. Салихов<sup>1</sup>, Г.Д. Пак<sup>1</sup>, А.Л. Щепетов<sup>2</sup>, В.В. Жуков<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Институт ионосферы АО НЦКИТ, г. Алматы, Республика Казахстан*

<sup>2</sup>*Физический институт им. И.П. Лебедева РАН, г. Москва, Россия  
e-mail: N1\_Nazyf@mail.ru, Gpak1@yandex.ru, ashep@tien-shan.org, vzh@mail.ru*

Комплекс наземных наблюдений, включающий регистрацию доплеровского сдвига частоты ионосферного сигнала на наклонной радиотрассе, электромагнитного излучения VLF-диапазона (атмосферики) и интенсивности потока гамма-квантов, применен для изучения распространения возмущений от литосферы до высот ионосферы при землетрясениях M4,2 и M5,5. За 6–7 дней до землетрясений зарегистрировано появление возмущений в ионосфере одновременно с возникновением аномалий в вариациях потока гамма-квантов в подпочвенных слоях горных пород (в скважине) и приземной атмосфере. Доплеровским ионозондом на удалении 1771 км от эпицентра M7,8 землетрясения в Непале 25.04.2015 г. удалось зарегистрировать значительное повышение интенсивности вспышек ионизации в ионосфере накануне, во время землетрясения, при афтершоках, и отклик в ионосфере на прохождение сейсмической волны Релея.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕНОСА ТЕПЛА В ИОНОСФЕРЕ И ПЛАЗМОСФЕРЕ

**А.В. Тащилин**

*Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск, Россия  
e-mail: avt@iszf.irk.ru*

На основе численной модели ионосферно-плазмозферного взаимодействия проведено исследование особенностей распределения температур ионов и электронов в ионосфере и плазмозфере, обусловленных модификацией коэффициентов теплопроводности в областях сильно разреженной плазмы.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ КРУПНЫХ ТРОПИЧЕСКИХ ЦИКЛОНОВ НА ИОНОСФЕРУ

**В.И. Захаров**

*Московский государственный университет им. Ломоносова, Россия  
Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия  
e-mail: zvi\_555@list.ru*

Обсуждаются вопросы передачи возмущений в ионосфере, инициированных крупными событиями в атмосфере – тропическими тайфунами или циклонами. В качестве экспериментальных использованы результаты измерений электронной концентрации, проведенные на спутниках ЕСА SWARM. Обработаны все крупнейшие (4 и 5 категории по шкале Саффира–Симпсона) события 2014 г. Используемые методы выделяют как волноподобные отклики от циклона в ионосфере, так и возмущения, которые могут быть связаны с полевыми механизмами передачи возмущения. Эти отклики проявляются в виде электростатических шумов или вариациях магнитного поля, часто регистрируемых бортовой аппаратурой современных ИСЗ.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРОВ СИГНАЛОВ ГРОЗОВЫХ РАЗРЯДОВ, РАСПРОСТРАНЯЮЩИХСЯ В ВОЗМУЩЕННОМ ВОЛНОВОДЕ ЗЕМЛЯ–ИОНОСФЕРА

**В.В. Аргунов, М.Р. Готовцев**

*Институт космических исследований и аэронавтики им. Ю.Г. Шафера СО РАН  
e-mail: argunovVv@mail.ru, GotovcevMR@ikfia.ysn.ru*

Проведено модельное рассмотрение амплитудно-спектральных вариаций низкочастотных сигналов, распространяющихся в волноводе «Земля–ионосфера», при возникновении сейсмических возмущений на верхней стенке волновода – в нижней ионосфере. По результатам сопоставления с экспериментальными данными наблюдений ОНЧ-сигналов, рассмотрены возможные характеристики сейсмических возмущений в нижней ионосфере, обуславливающие наблюдаемые амплитудные вариации сигналов. Результаты расчетов зависимости спектров низкочастотных сигналов от параметров волновода «Земля–ионосфера», распространяющихся по трассам с возмущениями в ионосфере, показывают, что регистрирующиеся в эксперименте возрастания амплитуды сигналов в периоды сильных сейсмических событий могут быть объяснены увеличением крутизны профиля электронной и/или повышением высоты волновода.

## ЗИМНЯЯ ДИНАМИКА ВЕТРА И ТЕМПЕРАТУРЫ В ВЕРХНЕЙ АТМОСФЕРЕ НАД ЮГОМ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

**О.С. Зоркальцева<sup>1,2</sup>, Р.В. Васильев<sup>1,2</sup>, Н.С. Домбровская<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск, Россия*

<sup>2</sup>*Иркутский государственный университет, Россия*

*e-mail: meteorologist-ka@yandex.ru*

В работе мы оценили временную динамику температуры и скорости ветра, приливные и планетарные волны в зимние периоды с 2016 по 2019 г. и сопоставили с динамикой стратосферы. По нашим оценкам над Восточной Сибирью ветер на высотах МНТ в спокойных условиях имеет преимущественно западное направление, во время потеплений он резко ослабевает и меняет направление на восточное. Также внезапные стратосферные потепления оказывают существенное влияние на приливы в верхней атмосфере, однако реакция приливов зависит от характера потепления (высокое/низкое, мажорное/минорное).

Работа выполнена при поддержке РНФ (проект № 19-77-00009). Измерения проводились на приборе Центра общего пользования «Ангара» [<http://ckp-rf.ru/ckp/3056>]. Авторы с благодарят ECMWF за доступ к данным ERA-Interim.

## ВАРИАЦИИ ПОЛНОГО ЭЛЕКТРОННОГО СОДЕРЖАНИЯ СРЕДНЕШИРОТНОЙ ИОНОСФЕРЫ В ПЕРИОД С 2016 ПО 2019 г. ПО ДАННЫМ ПРИЕМНИКОВ ГНСС, РАСПОЛОЖЕННЫХ В ГФО «МИХНЕВО»

М.О. Плаксина, И.А. Ряховский, Б.Г. Гаврилов, Ю.В. Поклад, С.З. Беккер

*Институт динамики геосфер РАН, г. Москва, Россия*  
*e-mail: plaksina.maria@gmail.com, ryakhovskiy88@ya.ru, boris.gavrilov34@gmail.com,*  
*poklad@mail.ru, susanna.bekker@gmail.com*

Представлены результаты многолетних измерений вертикального значения полного электронного содержания (ПЭС) в геофизической обсерватории «Михнево». При анализе длительных рядов данных величины ПЭС были выявлены годовые вариации ПЭС и убывающий тренд величины ПЭС, связанный со спадом солнечной активности в период наблюдений. Спектральный анализ позволил выделить 27 дневные вариации ПЭС, наличие которых напрямую может быть связано с периодом вращения Солнца вокруг своей оси. Также было построено распределение значения ПЭС от потока солнечного излучения в ультрафиолетовом диапазоне. Линейная зависимость величины ПЭС от потока ультрафиолета может быть объяснена тем, что солнечное излучение в УФ-диапазоне является основным агентом ионизации F-области ионосферы.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МЕТОДА SSA ПРИ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ РЯДОВ НАБЛЮДЕНИЙ

И.А. Ботыгин<sup>1,2</sup>, К.В. Новицкая<sup>1</sup>, В.А. Тартаковский<sup>2</sup>,  
 В.С. Шерстнев<sup>1</sup>, А.И. Шерстнева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия*

<sup>2</sup>*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия*  
*e-mail: bia@tpu.ru, nov.kri@yandex.ru, trtk@list.ru,*  
*vss@tpu.ru, sherstneva@tpu.ru*

Представлены результаты исследования метеорологических рядов наблюдений с использованием методологии сингулярно-спектрального анализа. В качестве данных использованы высокочастотные измерения ультразвуковых метеостанций, расположенных на испытательном полигоне ИМКЭС СО РАН. Обработка метеорологических данных включала два взаимодополняющих этапа – декомпозицию и реконструкцию. На этапе декомпозиции метеорологический ряд наблюдений преобразовывался в многомерный путем образования траекторной матрицы и ее разложением на сингулярные векторы – наборы аддитивных компонентов. На этапе реконструкции различными группировками компонентов формировались восстановленные ряды, интерпретируемые как трендовая, гармоническая и шумовая составляющие структуры метеорологического ряда.

## ОСОБЕННОСТИ НИЗКОЧАСТОТНЫХ ВАРИАЦИЙ СРЕДНИХ ЗОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦИРКУЛЯЦИИ СТРАТОСФЕРЫ И МЕЗОСФЕРЫ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

Н.С. Домбровская<sup>1</sup>, О.С. Зоркальцева<sup>1,2</sup>, В.И. Мордвинов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск, Россия*

<sup>2</sup>*Иркутский государственный университет, Россия*  
*e-mail: ndombrovskaya@inbox.ru, olgak@mail.iszf.irk.ru,*  
*v\_mordv@mail.iszf.irk.ru*

Для исследования динамических процессов в стратосфере и мезосфере были использованы данные архива ERA-Interim и модельные расчеты циркуляции с помощью модели средней и верхней атмосферы (МСВА). По данным наблюдений и модельным расчетам выполнен анализ вариаций средних зональных характеристик атмосферы. В диапазоне 10–30 сут выделены синхронные колебания в температуре и давлении, занимающие протяженные зоны по широте и по вертикали. Знак вариаций меняется по горизонтали в области струйных течений, по вертикали смена знака происходит в областях стратопазузы и мезопазузы. Колебания имеют глобальный масштаб и напоминают колебания в меридиональных ячейках циркуляции со сменой знака вертикальных скоростей через 15–20 сут.

## **ВЛИЯНИЕ ЗИМНИХ СТРАТОСФЕРНЫХ ПОТЕПЛЕНИЙ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ МЮОНОВ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ**

**С.В. Титов, С.В. Николашкин, П.П. Гололобов**

*Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН,  
г. Якутск, Россия*

*e-mail: stitov@ikfia.ysn.ru, nikolashkin@ikfia.ysn.ru, gpeter@ikfia.ysn.ru*

Представлены результаты экспериментального исследования влияния зимнего стратосферного потепления на интенсивность мюонов космических лучей. В работе проведено сравнение результатов радиозондовых и лидарных измерений температуры стратосферы над Якутском и данные вертикальной мюонной компоненты (на уровне 40 м водного эквивалента) якутского спектрографа космических лучей им. А.И. Кузьмина. Нами выбран зимний период 2009–2010 и 2010–2011 гг., так как данный период приходится на минимум солнечной активности и, соответственно, был минимален вклад Форбуш-эффектов на вариации интенсивности мюонов космических лучей. Показано существование прямой связи интенсивности счета мюонов с температурой зимней атмосферы во время ее внезапного потепления. Наиболее эффективной в образовании мюонов оказалась температура на уровне тропопаузы.

## **МОБИЛЬНАЯ КАМЕРА ВСЕГО НЕБА**

**С.В. Николашкин, П.П. Макаров**

*Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН,  
г. Якутск, Россия*

*e-mail: nikolashkin@ikfia.ysn.ru, makarovpp@ikfia.ysn.ru*

С целью мониторинга оптических эффектов запуска космических аппаратов с космодрома «Восточный», а также падений метеоров, болидов, полярных сияний с выездом на определенные точки наблюдений нами разработана мобильная камера для полного обзора неба. Камера создана на основе миниатюрной астрономической камеры T7 (ZWO) с разрешением 1280 × 960 пикселей, объектива типа «рыбий глаз» 1/3" 1,25 мм, микрокомпьютера Raspberry 3. Камера заключена в термостабилизирующий кожух с электрообогревом и акриловым куполом. Управление камерой осуществляется автоматически при помощи встроенного ПО и контролируется при помощи Wi-Fi. Запись снятых данных ведется на внутренний накопитель, емкостью 32 Гб и могут быть оперативно просмотрены и скачаны дистанционно по сети.

Работа поддержана грантом РФФИ № 18-45-140034 p\_a.

## **МОБИЛЬНАЯ ЛИДАРНАЯ СТАНЦИЯ**

**С.В. Титов, С.В. Николашкин**

*Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН,  
г. Якутск, Россия*

*e-mail: nikolashkin@ikfia.ysn.ru, stitov@ikfia.ysn.ru*

Представлена мобильная лидарная станция для зондирования температурной и аэрозольной стратификации средней атмосферы. Станция размещена в специально оборудованном 20-футовом контейнере и может быть транспортирована в любой район для проведения наблюдений. Лидар оснащен Nd:YAG-лазером, работающим на длине волны 532 нм и приемным телескопом с диаметром зеркала 600 мм и позволяет вести измерения температуры атмосферы по рэлеевскому рассеянию до 60 км. В настоящее время лидарная станция установлена на оптическом полигоне «Маймага», расположенном в 130 км севернее г. Якутска.

## **НАЗЕМНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ПРОТОННЫХ СИЯНИЙ И ГЕОМАГНИТНЫХ ПУЛЬСАЦИЙ ОДНОВРЕМЕННО СО СПУТНИКОВОЙ РЕГИСТРАЦИЕЙ ЭМИЦ ВОЛН**

**С.Г. Парников, И.Б. Иевенко, Д.Г. Баишев**

*Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН,  
г. Якутск, Россия*

*e-mail: parnikov@ikfia.ru*

Наземная регистрация протонных сияний, весьма затруднительна ввиду того, что их интенсивность, гораздо ниже интенсивности сияний вызванных вторжениями электронов. В этой работе представлено событие наблюдения SAR-дуги и протонных сияний в эмиссии H $\nu$  цифровой камерой всего неба на станции Маймага

одновременно с наземной и спутниковой регистрации ЭМИЦ волн. Показано, что наблюдаемая в зените станции узкая ( $\sim 1^\circ$  широты) дуга, экваториальнее широкой протонной полосы, является следствием ионно-циклонной неустойчивости в области перекрытия внешней плазмосферы энергичными протонами.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-45-140063 p\_a.

## **ХАРАКТЕРИСТИКИ СТИВА, ВПЕРВЫЕ ЗАРЕГИСТРИРОВАННОГО НА МЕРИДИАНЕ ЯКУТСКА**

**С.Г. Парников, И.Б. Иевенко**

*Институт космических исследований и аэронавтики им. Ю.Г. Шафера СО РАН,  
г. Якутск, Россия  
e-mail: parnikov@ikfia.ru*

В последние несколько лет, в новостных лентах сообществ любителей фотографировать полярные сияния все чаще и чаще стали появляться сообщениями об обнаружении необычного типа сияний. Наблюдаемая на субавроральных широтах узкая лента свечения фиолетового оттенка, часто сопровождаемая зелеными образованиями в виде частогокола, простирающаяся с запада на восток, получила название «Стив» (STEVE). Вслед за первооткрывателями (фотографами-любителями), вопросами происхождения нового свечения занялись специалисты в области полярных сияний. На данный момент, физика явления окончательно не раскрыта, но ясно одно, Стив – новый вид субаврорального свечения. В этой работе представлены данные первых наблюдений Стива цифровой камерой всего неба на субавроральной станции Маймага. Рассмотрены динамические, пространственные и спектральные характеристики свечения.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-45-140063 p\_a.

## **ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ МЕТЕОРНОГО СЛЕДА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДВУХПОЗИЦИОННЫХ ОПТИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ**

**Т.Е. Сыренова, А.Б. Белецкий, Р.В. Васильев, А.В. Михалев**

*Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск, Россия  
e-mail: angata@mail.iszf.irk.ru, beletsky@mail.iszf.irk.ru, vasilyev@mail.iszf.irk.ru, mikhalev@iszf.irk.ru*

Представлен метод определения высоты долгоживущего метеорного следа (ДМС) и создания его трехмерной картины. Наблюдения проводились в обсерваториях ИСЗФ СО РАН, расположенных на расстоянии 150 км друг от друга. Метеорный след наблюдался 18.11.2017 г. в течение  $\sim 35$ –40 мин одновременно двумя широкоугольными камерами. Методика идентификации метеорного следа и определения его параметров включала калибровку камер по звездам, преобразование угла места и азимута в географические координаты, процедуру сопоставления координат на полученных проекциях. Определены основные пространственные характеристики ДМС.

## **КОМПЛЕКСНЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ И РАДИОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ ЗЕМЛИ. ВОЗМОЖНОСТИ СУЩЕСТВУЮЩИХ И НОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ИСЗФ СО РАН**

**Р.В. Васильев, М.Ф. Артамонов, А.Б. Белецкий, Е.С. Комарова, И.В. Медведева,  
А.В. Михалев, С.В. Подлесный, К.Г. Ратовский, Т.Е. Сыренова, И.Д. Ткачев**

*Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск, Россия  
e-mail: roman\_vasilyev@iszf.irk.ru*

Для проведения комплексных исследований создается Национальный Гелиогеофизический Комплекс, состоящий из инструментов, предназначенных для наблюдения за Солнцем, околоземным космическим пространством и атмосферой Земли. Комплекс инструментов создается на базе существующих наработок в этой области, объединяя усилия различных институтов и организаций. В докладе рассказывается о некоторых прототипах оптических инструментов, демонстрируются результаты исследований, выполненных с их помощью. Основное внимание уделяется широкоугольным камерам, работающим в узком спектральном диапазоне, дифракционным спектрометрам с высоким спектральным разрешением, интерферометру Фабри–Перо, адаптированному для проведения аэронавических исследований, быстрым фотометрическим устройствам на основе ПЗС-матриц и фотоумножителей. Исследования, выполненные совместно с широкоугольными камерами, приемниками глобальных навигационных спутниковых систем, ионозондами и радаром некогерентного рассеяния, показали возможности для определения ряда характеристик свечения атмосферы на примере зарегистрированного долгоживущего метеорного следа, SAR-дуги во время сильной геомагнитной бури, искусственных образований, вызываемых мощными радиоволнами и космическими аппаратами. Данные дифракционных

спектрометров совместно со сведениями, полученными на ионозонде, позволили оценить вариативность на различных высотных уровнях по время внезапных стратосферных потеплений. Таким образом, можно сказать, что объединенный комплекс оптических и радиофизических инструментов НГК является эффективным средством исследования атмосферы Земли и околоземного космического пространства для задач, связанных с событиями космической погоды.

## **ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ РЕЗОНАНС В РАЗЛИЧНЫХ ГЕОСФЕРАХ И ЕГО ВКЛАД В ДОЛГОВРЕМЕННУЮ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ИХ ПАРАМЕТРОВ**

**В.М. Захаров<sup>1</sup>, Г.М. Крученицкий<sup>1,2</sup>, К.А. Статников<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Центральная аэрологическая обсерватория, г. Долгопрудный, Россия*

<sup>2</sup>*Московский физико-технический институт, г. Долгопрудный, Россия*

*e-mail: oom@cao-rhms.ru, kos1301@mail.ru*

Проанализирована долговременная изменчивость процессов в различных геосферах, обусловленная параметрическим резонансом их значений с периодическим изменением параметров этих геосфер с медленными приливными колебаниями, вызванными осцилляциями плоскости орбиты Луны, и колебаниями расстояния от Солнца до центра масс Солнечной системы под влиянием планет гигантов. Результаты анализа полностью численно объясняют наблюдаемую долговременную изменчивость как глобальной температуры, так и параметров озоносферы, что ставит под сомнение антропогенную обусловленность указанных изменчивостей, зафиксированную в Киотском протоколе, Парижских соглашениях, а также в Монреальском протоколе и развивающих его соглашениях. В таких условиях представляется целесообразным более взвешенно подойти к весьма обязывающим в экономическом отношении ограничениям, налагаемым перечисленными международными соглашениями, имеющим природоохранный характер.

## **ОТКЛИК ТЕМПЕРАТУРЫ ОБЛАСТИ МЕЗОПАУЗЫ И МАКСИМУМА ЭЛЕКТРОННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ НА СОЛНЕЧНУЮ АКТИВНОСТЬ В ТЕКУЩЕМ СОЛНЕЧНОМ ЦИКЛЕ**

**И.В. Медведева<sup>1,2</sup>, К.Г. Ратовский<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск, Россия*

<sup>2</sup>*Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия*

*e-mail: ivmed@iszf.irk.ru, ratovsky@iszf.irk.ru*

Представлены результаты анализа вариаций температуры области мезопаузы и максимума электронной концентрации  $N_m F_2$  в зависимости от уровня солнечной активности в текущем 24-м солнечном цикле по данным спектрометрических и радиофизических наблюдений в Восточной Сибири на инструментах Института солнечно-земной физики СО РАН. Для анализируемого временного интервала 2008–2017 гг. отклик температуры мезопаузы на солнечную активность составляет 1,5 K/100 SFU. Анализ вариаций максимума электронной концентрации ( $N_m F_2$ ) и солнечной активности ( $F_{10.7}$ ) выявил высокую степень их корреляции.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТОВ ЗИМНЕГО ВНЕЗАПНОГО СТРАТОСФЕРНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ НА ВЫСОТАХ МЕЗОПАУЗЫ И F2-ОБЛАСТИ ИОНОСФЕРЫ ПО ДАННЫМ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ И РАДИОФИЗИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ**

**И.В. Медведева<sup>1,2</sup>, К.Г. Ратовский<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск, Россия*

<sup>2</sup>*Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия*

*e-mail: ivmed@iszf.irk.ru, ratovsky@iszf.irk.ru*

Представлены результаты анализа проявления эффектов зимнего внезапного стратосферного потепления (ВСП) в январе 2019 г. в верхней атмосфере Восточной Сибири. Исследование проведено с использованием экспериментальных данных о вращательной температуре молекулы гидроксидов и о максимуме электронной концентрации  $N_m F_2$ . Обнаружено, что в период ВСП наблюдалось значительное усиление проявления активности атмосферных волн различных временных масштабов на высотах мезопаузы и F2-области ионосферы, однако его характер был различным. Наиболее значительные эффекты в области мезопаузы заключались в увеличении внутрисуточной изменчивости температуры, обусловленной влиянием приливов и внутренних гравитационных волн. В F2-области ионосферы наблюдалась интенсификация межсуточной изменчивости максимума электронной концентрации, которая может быть обусловлена влиянием планетарных волн.

**РЕГИСТРАЦИЯ ВГВ НА ДВУХ ВЫСОТНЫХ УРОВНЯХ  
ПО КАМЕРАМ ВСЕГО НЕБА**

**И.И. Колтовской, П.П. Аммосов, Г.А. Гаврильева, С.Г. Парников**

*Институт космофизических исследований и аэронауки СО РАН, г. Якутск, Россия  
e-mail: koltigor@mail.ru*

Представлена визуализация внутренних гравитационных волн (ВГВ) при помощи двух камер всего неба, регистрирующих эмиссии ночного неба на двух разных высотах мезопаузы (87 и 97 км). Первая камера регистрирует эмиссии полос молекулы гидроксила в ближней инфракрасной области, которые излучаются на высоте 87 км. Вторая камера регистрирует ВГВ в видимой области спектра по зеленой эмиссии атомарного кислорода (557,7 нм) излучающейся на высоте 97 км. Обе камеры установлены на высокоширотной оптической станции Маймага (63° с.ш., 129,5° в.д.).

## Авторский указатель

<b>А</b>			
Абрамочкин В.Н.	15	Белан С.Б.	111
Аверкиев А.А.	12	Белецкий А.Б.	131
Агафонцев М.В.	28, 35	Белинская А.Ю.	87, 115
Агеев Б.Г.	39	Белов А.М.	38
Адушкин В.В.	84, 85	Белов В.В.	15, 21, 30
Азязов В.Н.	11	Белов М.Л.	38, 44
Айрапетян В.С.	60	Белокуров Г.М.	84
Аксенов В.А.	33	Белоусов В.Н.	18
Аксенов В.П.	30, 33	Белякова И.А.	48, 53
Алешина М.А.	103	Бирюков Р.Ю.	71
Алтынцев М.А.	28	Благоднаров В.К.	31
Альков С.В.	38	Бланк А.В.	24, 25
Аммосов П.П.	122, 123, 126, 133	Блинов Д.В.	6
Аммосова А.М.	122, 126	Бобровников С.М.	51
Ангархаева Л.Х.	99, 102	Богачев В.А.	32, 37
Андреева Е.С.	125	Богомолов А.В.	64
Аникин П.П.	73, 101	Богуславский А.С.	87, 118
Антонов К.Л.	54, 96	Богушевич А.Я.	60, 121
Антохин П.Н.	104, 106	Большасова Л.А.	25
Антохина О.Ю.	106	Бордонский Г.С.	20
Антошкин Л.В.	26	Борзилов А.Г.	26
Аргунов В.В.	125, 128	Борков Ю.Г.	12
Артамонов М.Ф.	131	Боровко И.В.	114
Артамонов Ю.В.	42	Боровой А.Г.	19, 49, 54, 55, 67
Артамонова М.С.	77	Боровский А.В.	23, 69
Артемьев В.А.	66, 70	Боровский А.Н.	50, 77
Артюшина А.В.	6	Бороев Р.Н.	83, 115
Аршинов М.А.	106	Бороноев В.В.	54, 62
Аршинов М.Ю.	13, 111	Ботыгин И.А.	121, 129
Аршинова В.Г.	111	Бочковский Д.А.	119, 120
Афанасьев А.Л.	23, 33, 58	Бродников А.Ф.	36
Афанасьев В.П.	28	Брюханов И.Д.	63, 96
Ахлестин А.Ю.	13, 14	Брюханова В.В.	66, 82, 96
Аюров Д.Б.	98	Будак В.П.	27, 28
<b>Б</b>		Буднев Н.М.	55
Бабайкина К.В.	123	Букин И.О.	61
Бабушкин П.А.	37	Букин О.А.	61
Баженов О.Е.	64, 118	Булдырева Ж.В.	10
Байков А.Н.	48, 53	Бунтов Д.В.	88, 89, 113
Баишев Д.Г.	127, 130	Буркатовская Ю.Б.	30
Баландин С.Ф.	47, 80	Бурнашов А.В.	37
Балин Ю.С.	44, 65, 70	Буянова Д.Г.	92, 99, 102
Бальжанов Т.С.	93, 94, 95	Быков А.Д.	8
Банах В.А.	21, 23, 25, 33, 63, 65, 69, 108	Бычков В.В.	122
<b>В</b>			
Баранов Н.А.	19	Валиев А.В.	44
Барановская Ю.Л.	14	Вареник А.В.	73
Барт А.А.	87, 101, 104, 112	Варламова Е.В.	94
Басов А.Ю.	28	Васильев Д.Ю.	110
Бахарев М.М.	91	Васильев М.С.	83, 115
Башкуев Ю.Б.	92, 98, 99, 100, 102	Васильев Р.В.	128, 131
Баянкина Т.М.	86	Великанов Н.В.	110
Безверхний В.А.	85, 103	Величко А.П.	91
Беккер С.З.	117, 129	Величко Т.И.	8
Белан Б.Д.	13, 17, 106, 109, 111	Веретенников В.В.	60, 74
		Веретехин И.Д.	30

Верещагин А.А.	31, 32	Губанова Д.П.	73
Вернер М.	102	Гук Д.Е.	31, 32
Виноградова А.А.	91	Гуляев Е.А.	54
Водопьянов В.В.	110	Гурулев А.А.	20
Воейков С.В.	127	Гущин Р.А.	51, 88, 89, 113
Волков М.В.	31, 32, 37	Д	
Волков Н.В.	55	Давыдов Д.К.	111
Волков С.Н.	63	Давыдова А.Ю.	29
Волков Ю.В.	60	Давыдова М.А.	68, 77, 103
Волобоев Л.А.	124	Далин П.А.	126
Ворновских П.А.	27, 36	Данилкин Е.А.	99
Воробьев В.А.	97	Данова Т.Е.	86
Воронецкая Н.Г.	111	Даценко О.И.	51, 88, 89, 113
Воронин Б.А.	9, 10, 12, 13	Дейчули В.М.	7
Воронина Ю.В.	9	Дембелов М.Г.	92, 100, 102
Вострецов Н.А.	20	Дементьева А.Л.	94, 95
Г		Денисова Н.Ю.	102
Гаврилов Б.Г.	112, 117, 120, 123, 129	Дервоедов А.С.	93
Гаврилов Н.М.	116, 123	Десинов Л.В.	73
Гаврильева Г.А.	122, 123, 126, 133	Джафарова О.А.	48, 53
Газизов И.Ш.	46	Долгий С.И.	45
Гайнутдинова Р.Д.	92, 96	Домбровская Н.С.	128, 129
Галактионов И.В.	18, 24	Домышева В.М.	57
Галилейский В.П.	80	Дорошкевич А.А.	81, 82
Гаранин С.Г.	32	Дубцов С.Н.	74
Гармаев Б.З.	54, 62	Дударенок А.С.	10, 12
Гармашов А.В.	66	Дутов А.И.	35
Гейнц Ю.Э.	16, 22	Дьяченко А.В.	71
Герасимов В.В.	29, 58	Дьячкова А.В.	111
Герасимова Л.О.	22, 24	Е	
Гинзбург В.А.	81, 97	Евстигнеев В.П.	70
Глаголев В.А.	71	Егоренко М.П.	38
Гладких В.А.	87, 90, 93	Егоров Д.В.	112
Глухов М.А.	31, 32	Еланский Н.Ф.	50, 68, 73
Глуховец Д.И.	70	Елизаров А.И.	80
Голик И.А.	112	Елизарьев А.Н.	110
Голик С.С.	23, 61, 69	Елисеев А.В.	109
Голиков И.А.	127	Елохов А.С.	42, 43
Голобокова Л.П.	38, 52	Ельников А.В.	118
Головушкин Н.А.	56	Емельянов Н.М.	9
Гололобов А.Ю.	127	Ермак В.М.	112, 123
Гололобов П.П.	130	Ерунова М.Г.	76
Гольдин В.Д.	7	Ефимова Т.В.	17, 40
Гольдина Н.В.	105	Ефременко Д.С.	28
Гончаренко И.В.	57	Ефремов В.С.	38, 79
Гончаров Е.С.	117, 125	Ж	
Гордеев Е.В.	25, 35, 42, 69, 108	Жамсуева Г.С.	93, 94, 95, 97
Горлов Е.В.	51	Жарков В.И.	51
Городничев В.А.	38	Железнов Ю.А.	126
Горчаков Г.И.	51, 88, 89, 113	Животенюк И.В.	63
Горячев Б.В.	11, 12	Жуков А.Ф.	20
Государева О.И.	50	Жуков В.В.	78, 127
Готовцев М.Р.	125, 128	Жукова В.А.	105, 106
Гочаков А.В.	97, 104	Жунушова Г.Ш.	92
Грибанов К.Г.	69, 102	Журавлева Т.Б.	6, 19
Гриднев Ю.В.	13, 43	Жученко Н.А.	39
Гримайло А.В.	27	З	
Грицуга А.Н.	25	Заворуев В.В.	75, 111
Гришин А.И.	69	Заворуева Е.Н.	75, 111
Гришин И.А.	59	Задворных И.В.	69
Грозов В.П.	118	Зайцев Н.Г.	42, 51
Груздев А.Н.	39, 42, 43, 86, 103		

Заковряшин А.В.	26	Кираснов А.А.	50
Залозная Е.Д.	27	Киселев А.В.	34
Залозная И.В.	108	Клемашева М.Г.	44, 65
Зарипов А.Р.	9	Климентьев А.С.	28
Захаров В.И.	11, 69, 124, 128	Климешина Т.Е.	7
Захаров В.М.	132	Климкин А.В.	79
Захарова С.А.	68	Кобелев В.О.	71
Заяханов А.С.	93, 94, 95, 97	Кобзев А.А.	58, 60, 82, 104
Зеленова М.С.	81, 97	Коваadlo П.Г.	34, 36, 93
Землянов А.А.	16, 22	Ковалев А.Т.	122
Зеневич С.Г.	46	Ковалева И.Х.	122
Зенкова П.Н.	64, 68, 74, 80	Козелов Б.В.	119
Зецер Ю.И.	112, 120	Козлов А.В.	109
Зимовая А.В.	21	Козлов А.С.	111
Зобов Н.Ф.	12	Козлов В.И.	99, 101, 106, 110, 124
Золотов Д.В.	71	Козлов В.С.	43, 44, 47, 60, 61, 62, 64, 66, 74, 76, 80
Золотухина Н.А.	119	Козлова Т.И.	32
Зоркальцева О.С.	128, 129	Кокарев Д.В.	80
Зубарева А.М.	71	Коковкин В.В.	78
Зуев В.В.	114, 115	Колесник С.А.	110
Зуев С.В.	63, 96	Колесник С.Н.	116
Зуева Н.Е.	114, 115	Колмаков А.А.	110
<b>И</b>		Колобов Д.Ю.	34
Иванов А.Ю.	73	Коломейцев А.А.	41
Иванова В.А.	123, 127	Колосов В.В.	33
Ивахов В.М.	59	Колтовской И.И.	122, 123, 126, 133
Ивлев Г.А.	17, 109	Колтыгин М.О.	31, 32
Иглакова А.Н.	37	Комарова Е.С.	131
Иевенко И.Б.	130, 131	Коновалов Б.В.	73
Ильин А.А.	69	Коновалов И.Б.	56, 74
Илюшин Я.А.	17	Коновальцов М.И.	32
Имасу Р.	69	Коношонкин А.В.	6, 19, 37, 49, 54, 55, 67
Иннокентьев Д.Е.	101	Копалкин А.В.	32
Ионов Д.В.	59	Копейкин В.М.	51, 88, 98, 113
Иорданский М.А.	73	Копылов Е.А.	25
Исаков А.А.	50, 101	Коровецкий Д.А.	61
Ишин А.Б.	127	Корольков В.А.	60
<b>К</b>		Коротков В.Н.	81
Кабанов Д.М.	40, 41, 47	Корсаков А.А.	124, 125
Каблукова Е.Г.	15, 18, 19	Корсунская Ю.А.	117
Кадочников А.А.	76	Корчемкина Е.Н.	58, 72
Казаков Д.В.	36	Косарев И.Б.	121, 122
Казаков С.И.	87, 118	Костенко М.А.	20
Калашникова Д.А.	48	Кострыкин С.В.	81
Калинская Д.В.	50, 73	Косцов В.С.	11
Калошин Г.А.	78	Котович Г.В.	118
Кальчихин В.В.	60, 82, 104	Коханенко Г.П.	44, 65, 70, 79
Камардин А.П.	93	Кохановский А.А.	28
Кан В.А.	27, 36	Кочеткова Е.С.	110
Канев Ф.Ю.	30	Кочугова Е.А.	91
Карапузиков А.А.	79	Кошикова Т.С.	105
Караханян А.А.	100	Кравцов Д.А.	38
Каргин Б.А.	19	Кравцова Н.С.	42
Каримов К.А.	92, 96	Красненко Н.П.	30, 106
Каримов Р.Р.	124	Крашенинников А.В.	100
Карпов А.В.	51, 88, 89, 113	Креков М.Г.	59
Касымов Д.П.	35	Круглинский И.А.	40, 47
Катаев М.Ю.	64, 65	Крупчатников В.Н.	114
Кашкин В.Б.	120	Крученицкий Г.М.	132
Кижнер Л.И.	101	Крылов С.В.	96
Ким А.А.	19	Крымская Д.Н.	92
Ким Д.Х.	63		

Крючков А.В.	59, 69	Лукьянов А.К.	64, 65
Кудерина Т.М.	73	Лю Е.Р.	27, 36
Кудинов О.Б.	42	Ляхов А.Н.	112, 117, 120, 123, 125
Кудрявцев А.Н.	15	<b>М</b>	
Кудряшов А.В.	18, 24, 33	Маер А.В.	95
Кужевская И.В.	105	Майборода С.А.	87, 118
Кузиков О.А.	31	Майор А.Ю.	23, 61, 69
Кузин Р.С.	31, 32	Макаренков А.А.	77
Кузнецова Г.М.	115	Макаров В.И.	67, 68
Кузнецова И.Н.	56	Макаров Г.А.	127
Кузьмичева М.Ю.	121	Макаров П.П.	83, 130
Кукушкин А.С.	39	Макарова Д.Г.	79
Куликов С.М.	32	Макарова М.В.	11, 13, 59
Кураков С.А.	60	Макеев А.В.	60
Курбатов Г.А.	88, 89	Макеев А.П.	43, 45, 75
Курбацкая Л.И.	107	Максименков Л.О.	77
Куркин В.И.	118, 119, 121, 124	Макштас А.П.	47, 48
Курьянович К.В.	92	Малахова В.В.	109
Куряк А.Н.	79	Малыгина Н.С.	70, 71
Курятникова Н.А.	70, 71	Мамышев В.П.	48, 53, 87, 90, 93
Кусков В.В.	23, 25	Мануйлова Р.О.	116
Кустова Н.В.	19, 49, 54, 55, 67	Маньковская Е.В.	56, 72
Кучеренко М.А.	26	Маньковский В.И.	56
Кушнарченко Г.П.	115	Маракасов Д.А.	21, 23, 33
Кшевещкий С.П.	116	Маринайте И.И.	39, 45, 52
Кырмагенов Д.А.	62	Маричев В.Н.	119, 120
Кюберис А.А.	12	Маркелов Ю.И.	54
<b>Л</b>		Мартынов П.С.	35
Лаврентьев Н.А.	10, 13, 14	Маслов И.А.	46, 119
Лаврентьева Н.Н.	10, 12	Матвиенко Г.Г.	37, 69
Лавриненко А.В.	90, 92	Матвиенко О.В.	11, 28
Лавринов В.В.	25, 26, 27, 36	Магросов И.И.	9
Лавринова Л.Н.	26, 36	Магульян Ю.А.	10
Лагутин А.А.	55, 108	Медведева И.В.	121, 123, 131, 132
Лапченко В.А.	77	Мельчинов В.П.	99, 100
Ларюнин О.А.	124	Меньщикова С.С.	60, 74
Лагушкин А.А.	42, 55, 66	Метик-Диюнова В.В.	87, 118
Лебедев Р.С.	32	Минина О.В.	22
Левашова Н.Т.	103	Мирсаитов С.Ф.	88
Леженин А.А.	113	Митрофанова Е.Ю.	70, 71
Лемешко Е.М.	72, 118	Михайленко С.Н.	8
Лещинский Д.В.	99	Михайлов И.О.	18
Ли Р.И.	72	Михалев А.В.	131
Липинская Н.А.	65	Мовчан В.В.	47
Лисенко А.А.	59, 69	Моисеева Н.А.	40, 70
Лисица В.В.	23, 69, 75	Моисеева Н.В.	17
Литвиненко С.А.	41	Молодых С.И.	100
Литвинова А.Е.	11	Моложникова Е.В.	47, 48, 54, 83
Лобода Е.Л.	28, 35	Морару Е.И.	95
Лобода Ю.А.	28, 99	Мордвин Е.Ю.	55, 108
Логинов В.А.	118	Мордвин Н.Н.	16
Логинов С.В.	95, 106	Мординов В.И.	129
Локтев Д.Н.	100	Морозов А.М.	80
Ломакин П.Д.	39, 41	Му Ц.	19
Ломакина Н.Я.	90, 92	Мухартова Ю.В.	68, 77
Лосева Т.В.	117, 119, 120	Мыслина М.А.	73
Лоскутова М.А.	47	<b>Н</b>	
Лубо-Лесниченко К.Е.	40, 43, 47	Нагорский П.М.	104, 105, 106, 107
Лугиня В.С.	19	Нагуслаева И.В.	54, 62
Луговской А.А.	9	Надеев А.И.	42, 51
Лукин В.П.	25, 34, 35, 36	Назаренко М.О.	125
Лукин И.П.	15, 16, 18, 19	Насонов С.В.	44, 65, 70

Насонова О.Н.	109	Петрова Т.М.	7
Насртдинов И.М.	6, 19	Пильгаев С.В.	119
Науменко А.А.	118, 121, 123	Плаксина М.О.	129
Нахаев М.И.	56	Поберовский А.В.	11, 59
Невзоров А.А.	42, 43, 45	Поддельский А.И.	121, 123
Невзоров А.В.	42, 43, 45, 75, 118	Подлесный А.В.	118, 121, 123, 127
Невзорова И.В.	87, 90, 93	Подлесный С.В.	131
Невзорова Т.А.	10, 12	Познахарев Е.С.	15, 21
Нецветаева О.Г.	39, 47, 48, 52, 54	Поклад Ю.В.	112, 117, 120, 123, 129
Нечаева А.Л.	103	Полев Н.М.	119
Ни Е.В.	63	Половцева Е.Р.	8
Никитин А.В.	13	Полумиева П.Д.	81
Никитин А.Н.	18, 37	Полькин В.В.	41, 53, 61, 62, 64, 80
Никитин С.В.	77	Полькин Вас.В.	61, 62, 64, 74, 76, 80
Никифорова О.Ю.	48, 53	Полянский О.Л.	12
Николашкин С.В.	83, 130	Пономарев Ю.Н.	48, 53, 79
Никонов А.И.	44	Пономарева Т.Я.	51, 98
Новицкая К.В.	129	Пономарчук С.Н.	118, 124, 127
Новоселов М.М.	44, 65	Попов А.А.	123
Носов В.В.	34, 35	Попова В.В.	106, 109
Носов Е.В.	34, 35	Попова С.А.	67, 68
<b>О</b>		Поповичева О.Б.	44, 71
Оболкин В.А.	52	Попп Е.А.	28
Овсянников Р.И.	12	Постыляков О.В.	50, 53, 68, 77, 108
Оглезнева М.В.	104, 107	Потемкин В.Л.	45
Одинцов С.Л.	87, 90, 93, 101	Почуфаров А.О.	41, 67
Одинцова Т.А.	5	Празукин А.В.	55
Ойнац А.В.	118, 124	Праслова О.В.	75, 109, 111
Омпоков В.Д.	54, 62	Привезенцев А.И.	13, 14
Онищук Н.А.	38, 39, 48, 52, 54	Пригарин С.М.	15, 18, 26
Орлов А.Е.	19	Приходько Л.И.	24
Орлов А.О.	20	Проценко Д.Ю.	61
Орлов К.Е.	35	Пташник И.В.	5
Осипов К.Ю.	52, 79	Пудловский В.Б.	126
Осипова Н.А.	52	Пупышева Н.В.	54, 62
Отрубянникова О.В.	18	Пууствалов К.Н.	104, 105, 106, 107
Охлопкова О.В.	75	Пьянова Э.А.	97, 98
Ошлаков В.Г.	18	<b>Р</b>	
Ошлаков В.К.	37	Радионов В.Ф.	40, 41, 43, 47
<b>П</b>		Разенков И.А.	37, 65
Павлинский А.В.	114	Размоллов А.А.	5
Павлов А.Н.	75	Райкин Р.И.	55
Падохин А.М.	125	Раков А.С.	106
Пак Г.Д.	127	Рапута В.Ф.	78, 113
Панина Е.К.	16	Рассказчикова Т.М.	109, 111
Панченко М.В.	53, 57, 60, 61, 62, 64, 66, 80	Ратовский К.Г.	131, 132
Папкина А.С.	50	Ревокатова А.П.	81
Парамонова Н.Н.	59	Рейно В.В.	28, 35
Парников С.Г.	130, 131, 133	Ривин Г.С.	6
Певнева Г.С.	111	Ризе Д.Д.	41, 67
Пененко А.В.	98, 104	Ростов А.П.	67
Пененко В.В.	97, 98, 105	Родимова О.Б.	7, 13
Пеннер И.Э.	44, 45, 65, 70	Родин А.В.	46
Перминов В.И.	123, 126	Рокотян Н.В.	11
Перминов Я.И.	91	Ролдугин А.В.	119
Перцев Н.Н.	123, 126	Романов А.А.	120
Першин А.А.	11	Романовский О.А.	42, 43, 79
Першин Д.П.	71	Романовский Я.О.	84, 85
Пестунов Д.А.	57	Романюк К.А.	11
Петров Д.В.	6, 9, 20	Россомахина Н.Е.	42
		Ростов А.П.	10, 23

Ростовцева В.В.	57	Стариков А.В.	95
Рублева Т.В.	120	Стариков Ф.А.	31, 32, 37
Рукоусев А.Л.	18, 37	Старченко А.В.	99, 101, 104, 105, 112
Русских И.В.	34	Статников К.А.	132
Русскова Т.В.	30, 37	Стельмах Л.В.	51
Рыбаков В.А.	112, 123	Степанова Г.К.	99
Рыбнов Ю.С.	84, 85, 117	Степочкин И.Е.	17, 112
Рычков Д.С.	29	Столярчук С.Ю.	75
Рябова С.А.	85, 88	Стребкова Е.А.	112
Ряховский И.А.	112, 117, 123, 129	Сулакшина О.Н.	12
<b>С</b>		Сунграпова И.П.	95, 97
Савельева Е.С.	114, 115	Суслин В.В.	17, 40
Савин К.В.	35	Суторихин И.А.	41
Савиных В.В.	53	Сухарев А.А.	21, 23, 69, 108
Садовников С.А.	42, 43	Сухарева Н.А.	24, 25
Сажин В.И.	116	Сущенко А.А.	27, 36
Сазанович В.М.	23, 34	Сыренова Т.Е.	131
Сакерин С.М.	40, 41, 43, 47, 67	<b>Т</b>	
Сакирко М.В.	57	Таловская А.В.	52
Салихов Н.М.	127	Таничев А.С.	9
Сальников В.Г.	28	Тарабукина Л.Д.	101, 110
Сальникова Н.С.	118	Тараканова В.А.	35
Салюк П.А.	66, 70, 112	Тарасенков М.В.	15, 21
Самаркин В.В.	18, 33	Тартаковский В.А.	129
Самойлова С.В.	44, 65, 70	Тащилин А.В.	128
Самохвалов И.В.	63, 96	Тельминов А.Е.	58, 60
Санина И.А.	117	Терешин Н.А.	125
Сапожникова В.А.	39	Терлеева Н.В.	73
Седякин В.П.	97	Терпугова С.А.	60, 61, 62, 64, 66, 80
Селин А.А.	25, 27	Теслюк Ю.А.	121
Семенов В.А.	103, 110	Тетерин А.Ф.	96
Семутникова Е.Г.	51	Течко О.Л.	32
Сеник И.А.	108	Тимофеев А.С.	116
Сердюков В.И.	8, 9, 10, 13, 14	Тимофеев Д.Н.	6, 19, 49, 54
Середкин И.Н.	122	Тинин М.В.	23
Серигова И.М.	70	Титкова Т.Б.	91
Сиверцева И.В.	18	Титов С.В.	83, 130
Сивцева В.И.	122, 126	Тихомиров А.А.	60
Сидорова О.Р.	40, 43	Тихонов А.В.	101, 102
Симахин В.А.	84, 85	Ткачев И.Д.	131
Симоненков Д.В.	75, 109, 111	Тогоо Р.	55
Симонова А.А.	5	Токарев А.В.	74
Симонова Г.В.	48	Толмачев Г.Н.	109, 111
Симонова Ю.В.	87, 118	Толстоногова Ю.С.	23, 69
Синица Л.Н.	8, 9, 10, 14	Томберг И.В.	47
Скляднева Т.К.	17	Томшин О.А.	94
Скорникова С.А.	9	Топорков А.А.	33
Скороход А.И.	73	Топоровский В.В.	33
Скороход Е.Ю.	17, 40	Торбин А.П.	11
Скороходов А.В.	89, 92	Торгаев А.В.	34, 35
Скрипалева Е.А.	42	Торопов А.А.	106
Смалихо И.Н.	63, 65, 69	Третьяков М.Ю.	5
Смирнов С.В.	104, 106, 107	Трифонов Д.А.	51
Сограби Т.В.	45	Трифонова-Яковлева А.М.	7
Соин Е.Л.	25	Троицына Л.	10
Соловьев В.С.	94	Трофимов И.В.	93
Соловьев С.П.	44, 84, 85, 100	Трубачев С.А.	68
Солодов А.А.	7	Тужилкин Д.А.	42
Солодов А.М.	7	Туманова Ю.С.	125
Сороковикова Л.М.	47	Турков Д.В.	109
Спивак А.А.	84, 85		
Спиридонов М.В.	46		

Турчинович Ю.С.	41, 47, 48	Чеснокова Т.Ю.	5, 7, 9, 11
Тютин С.В.	32	Чехленок А.А.	61
<b>У</b>		Чжан Шо	79
Угольников О.С.	46, 119	Чистякова Л.В.	121
Ужегов В.Н.	64, 74, 76	Чубарова Н.Е.	6
Унучков В.Е.	116	Чуличков А.И.	77
Урдаева Т.Н.	48	Чупина О.С.	58
Устинова М.В.	99	Чурбанов Д.В.	46
<b>Ф</b>		Чурилова Т.Я.	17, 40
Фазлиев А.З.	13, 14, 87	Чхетиани О.Г.	77, 103
Фалейчик Л.М.	97	<b>Ш</b>	
Фалиц А.В.	21, 63, 65, 108	Шаббаганова С.Н.	110
Федирко А.В.	42	Шабурова А.В.	60
Федосов А.В.	15	Шалимов С.Л.	88
Федотов Ю.В.	38, 44	Шаманаев В.С.	59, 69
Филатов Д.Е.	82, 104	Шаманаева Л.Г.	30, 84, 85
Филимонов Г.А.	33	Шамрин А.М.	57
Филинюк О.В.	48, 53	Шапарев Н.Я.	74
Фирсов К.М.	5	Шатунова М.В.	6
Фирсов Ю.К.	55	Шелдакова Ю.В.	18, 24, 33
Фока С.Ч.	59	Шелехов А.П.	58
Фофанов А.В.	111	Шелехова Е.А.	58
<b>Х</b>		Шельмина Е.А.	101, 104
Хазинс В.М.	44	Шерстнев В.С.	121, 129
Хаптанов В.Б.	102	Шерстнева А.И.	121, 129
Харламов В.А.	84, 85	Шерстобитов А.М.	65
Харченко О.В.	42, 43, 45	Шерстобитов М.В.	34
Харюткина Е.В.	95	Шестернин А.Н.	23
Хасанов А.С.	80	Шефер Н.А.	67
Хацевич Т.Н.	16	Шибанов Е.Б.	72
Хисамов Р.З.	87	Широков И.А.	24
Хлебников А.А.	37	Шиховцев А.Ю.	34, 36, 83, 93
Хлебников Д.В.	73	Шишигин С.А.	47, 52
Хлестова Ю.О.	6	Шишкин С.А.	78
Ходжер Т.В.	38, 39, 45, 52	Шишко В.А.	6, 19, 49, 55
Ходжер Т.М.	94	Шмаргунов В.П.	60, 61, 62, 66, 74, 76
Хорошун С.А.	39	Шмирко К.А.	30, 75, 112
Хохлов С.В.	31, 32	Шнягин Р.А.	31, 32
Храпко А.Н.	70	Шпартко В.И.	67
Хуриганова О.И.	38, 52	Штанько Е.И.	18
Хуторов В.Е.	86	Шуваева О.В.	78
Хуторова О.Г.	86	Шукуров К.А.	75, 77, 108
<b>Ц</b>		Шульга Т.Я.	40
Цветова Е.А.	57, 95, 98	Шунков А.Д.	98
Цвык Р.Ш.	23, 34	<b>Щ</b>	
Цороев И.М.	26	Щелканов Н.Н.	68
Цыганова М.В.	72	Щепетов А.Л.	127
Цыдыпов В.В.	93, 94, 95, 97	Щербаков А.А.	20
Цыкин В.С.	32	Щербаков А.П.	8, 13, 14
Цыренжапов С.В.	20	Щодро А.Е.	51
Цюпа И.Ю.	110	<b>Э</b>	
<b>Ч</b>		Эбель Р.Е.	81
Чанкина О.В.	67	Энгель М.В.	21
Ченцов А.В.	5, 11	<b>Ю</b>	
Чепыженко А.А.	39, 41, 46, 51, 55	Юдин М.С.	107
Чернов Д.Г.	43, 47, 61, 62, 66, 74	Юрчик В.Ф.	61
Черных Д.В.	71	<b>Я</b>	
Черняк В.Г.	45	Язев С.А.	93
Черпакова А.А.	38	Язиков Е.Г.	52

Якоби К.	116	<b>K</b>	
Яковлев С.В.	42, 43	Kassi S.	8
Яковлева О.Е.	115	<b>L</b>	
Якубайлик О.Э.	76	Liu Dong	49
Янчуковский В.Л.	87, 115	<b>M</b>	
Ярославцева Т.В.	113	Mondelain D.	8
Яушева Е.П.	53, 60, 61, 62, 64, 68, 74, 80	<b>H</b>	
<b>A</b>		Nasonova A.S.	35
Albaladejo J.	5	<b>O</b>	
Antiñolo M.	5	Ogibalov V.	14
<b>B</b>		<b>P</b>	
Bordovskaya Yu.	14	Pirali O.	5
<b>C</b>		<b>R</b>	
Campargue A.	5, 8	Rashki A.	75, 76
Canosa A.	5	<b>S</b>	
Chenbo Xie	67	Shestakov S.O.	35
<b>D</b>		<b>T</b>	
Dong Liu	67	Tomas A.	5
Dudorov V.V.	35	<b>W</b>	
<b>E</b>		Wang Zhenzhu	49
El Dib G.	5	<b>X</b>	
<b>G</b>		Xie Chenbo	49
Grira A.	5	<b>Y</b>	
<b>J</b>		Yingjian Wang	67
Jiménez E.	5	<b>Z</b>	
		Zhenzhu Wang	67