

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Сибирское отделение
Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева
Российский фонд фундаментальных исследований
Федеральное агентство научных организаций

XXII Рабочая группа



АЭРОЗОЛИ СИБИРИ

Тезисы докладов

Томск
Издательство ИОА СО РАН
2015

УДК 551.508; 551.510; 551.521

ББК 32.86

А 932

Аэрозоли Сибири. XXII Рабочая группа: Тезисы докладов. – Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2015. – 99 с.

Сборник включает тезисы докладов XXII Рабочей группы «Аэрозоли Сибири». Обсуждаются результаты теоретических и экспериментальных исследований по следующим направлениям: оптические и микрофизические свойства аэрозоля; химия окружающей среды, аэрозольно-газовые связи, биота и ее влияние на атмосферные процессы; генерация, трансформация и сток аэрозоля; моделирование атмосферных процессов; аэрозоль и климат; антропогенный аэрозоль; методы и средства исследования аэрозоля.

Для специалистов в области физики и оптики атмосферы, экологии и исследования загрязнений.

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

Ответственный за выпуск О.В. Харченко



Рабочая группа проводится при поддержке РФФИ (Грант № 15-05-20995).

ОПТИЧЕСКИЕ И МИКРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЭРОЗОЛЯ

ПРИМЕНЕНИЕ РАЗРЫВНОГО МЕТОДА ГАЛЕРКИНА ВО ВРЕМЕННОЙ ОБЛАСТИ (DGTD) ДЛЯ ВАЛИДАЦИИ МЕТОДА ФИЗИЧЕСКОЙ ОПТИКИ

А.В. Коношонкин^{1,2}, Н.В. Кустова¹, В.А. Шишко¹, А.Г. Боровой^{1,2}

¹Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, sasha_tvo@iao.ru

²Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

В докладе приводятся результаты использования разрывного метода Галеркина (DGTD) во временной области [1] для валидации разработанного в Институте оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН метода физической оптики [2]. Предоставлены результаты численного счета на примере тестовой задачи. Для сравнения метода физической оптики с методом DGTD решалась задача рассеяния света на гексагональной ледяной пластинке диаметром 10 микрон и высотой 5,75 микрон. Показатель преломления выбирался $n = 1,3117$, длина волны падающего света составляла 0,532 мкм. Частица предполагалась неподвижной, свет падает со стороны шестиугольной грани. Полученная разными методами зависимость интенсивности рассеянного в направлении строго назад света показала хорошее согласие. Хорошее совпадение интенсивности и поляризационных элементов матрицы рассеяния подтверждает возможность использования метода физической оптики для решения задачи рассеяния света на частицах с характерным размером больше 30 мкм.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (Грант № 15-55-53081, 15-05-06100), РНФ (соглашение № 14-27-00022), гранта Президента РФ (МК-6680.2015.5) и Минобрнауки РФ в рамках «Программы повышения конкурентоспособности ТГУ».

1. Grynko Y. et al. Application of the Discontinuous Galerkin Time Domain Method to the Optics of Bi-Chiral Plasmonic Crystals // AIP Conference Proceedings. 2011. V. 1398. P. 76–78.
2. Konoshonkin A., Kustova N., Borovoi A. Beam-splitting code for light scattering by ice crystal particles within geometric-optics approximation // J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transf. 2015. V. 164. P. 175–183.

ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ СПЕКТРАЛЬНОЙ ЗАВИСИМОСТИ АЛЬБЕДО ОДНОКРАТНОГО РАССЕЯНИЯ АЭРОЗОЛЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПАРАМЕТРАХ МИКРОСТРУКТУРЫ ПОГЛОЩАЮЩЕГО ВЕЩЕСТВА

М.В. Панченко, В.С. Козлов, В.В. Польшин, С.А. Терпугова

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, swet@iao.ru

Альbedo однократного рассеяния является одним из основных параметров, определяющих радиационные эффекты аэрозоля. Его величина зависит не только от отношения масс непоглощающего и поглощающего вещества (сажи), но и от того, каким образом и в каком диапазоне размеров сосредоточено поглощающее вещество внутри субмикронной фракции частиц.

В предыдущих работах [1, 2] исследовалась чувствительность альbedo однократного рассеяния аэрозоля в видимой области спектра к вариациям спектра размеров поглощающего вещества. Оно моделировалось в виде логнормальной фракции, помещаемой внутрь непоглощающей субмикронной фракции аэрозоля. Варьировались значения медианного радиуса и полуширины данного распределения.

В настоящей работе представлено обобщение полученных результатов и приводятся эмпирические формулы зависимости альbedo однократного рассеяния от параметров распределения поглощающего вещества по размерам для разных сезонов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Интеграционного проекта СО РАН № 35.

1. Панченко М.В., Козлов В.С., Польшкин В.В., Терпугова С.А. Оценка радиационно-значимых характеристик субмикронного аэрозоля с учетом спектра размеров поглощающего вещества // Естественные и антропогенные аэрозоли 2014. Труды девятой международной конференции. СПб, 16–17 октября 2014 г. СПб, Изд-во ВВМ, 2015. С. 279–286.
2. Панченко М.В., Козлов В.С., Польшкин В.В., Терпугова С.А. Чувствительность радиационно-значимых характеристик субмикронного аэрозоля к спектру размеров поглощающего вещества // Аэрозоли Сибири. XXI Рабочая группа: Тезисы докладов. Томск: Изд-е ИОА СО РАН, 2014. С. 3.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОДИФФУЗИИ НАНОЧАСТИЦ В ГАЗАХ МЕТОДОМ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ

В.Я. Рудяк, С.Л. Краснолуцкий

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин),
г. Новосибирск, Россия, sergius-l@mail.ru

В связи с тем, что наножидкости могут применяться в технических устройствах с большими градиентами концентрации и температуры, необходимо изучать термодиффузию наночастиц. Предшествующие исследования вязкости и теплопроводности наножидкостей, диффузии наночастиц показали, что они не описываются классическими теориями [1]. По-видимому, не составляет исключения и термодиффузия.

Данная работа посвящена моделированию термодиффузии наночастиц методом молекулярной динамики. Взаимодействие молекул несущей среды между собой определялось потенциалом Леннард-Джонса, молекул несущей среды с наночастицей – потенциалом РК [2], взаимодействие наночастиц – специально построенным потенциалом [3]. Коэффициенты термодиффузии и бинарной диффузии вычислялись по флуктуационно-диссипационной теореме. Моделируемые наножидкости состояли из аргона в качестве несущей среды и алюминиевых или цинковых наночастиц.

В результате получены зависимости коэффициентов термодиффузии и Соре наночастиц от их диаметра и объемной концентрации. Для малых наночастиц диаметра 1–4 нм коэффициент термодиффузии показал существенную зависимость от их размера.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (грант № 13-01-00052).

1. Рудяк В.Я., Краснолуцкий С.Л. // ЖТФ. 2015. Т. 85. В. 6. С. 9–17.
2. Rudiyak V.Ya., Krasnolutskiy S.L. // Proc. 21st Int. Symp. on RGD. Toulouse, Gepadué-Éditions, 1999. V. 1. P. 263–270.
3. Рудяк В.Я., Краснолуцкий С.Л., Иванов Д.А. // ДАН. 2012. Т. 442, № 1. С. 54–56.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА, ВИЗУАЛИЗАЦИИ И ОБРАЩЕНИЯ ДАННЫХ AERONET-НАБЛЮДЕНИЙ

Т.В. Русскова, Т.Б. Журавлева, М.В. Панченко, С.М. Сакерин

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, btv@iao.ru

Наиболее крупной сетью наземного мониторинга атмосферного аэрозоля является фотометрическая сеть AERONET. К другим ее преимуществам следует отнести идентичность сетевых фотометров, единый подход к обработке измерений, их обращение по единому алгоритму (О. Дубовик, М. Кинг, 2000, 2006), а также доступность как непосредственно данных измерений, так и конечного продукта, для просмотра и загрузки которых AERONET предоставляет удобный WEB-интерфейс (<http://aeronet.gsfc.nasa.gov>). Однако для решения более широкого класса задач – статистического анализа, обращения данных другими методами – требуется дополнительное программное и математическое обеспечение.

Созданный нами ранее программный комплекс SMART позволял решать обратную задачу аэрозольного светорассеяния по данным AERONET-наблюдений с использованием оригинального алгоритма (Бедарева Т.В. и др., 2012) в рутинном режиме – каждая ситуация рассматривалась пользователем отдельно. Для обращения одного альмукантарата требовалось выполнение большого объема предварительной работы, состоящей в поиске, анализе и коррекции входных данных. Этот процесс на порядок превосходил время, затрачиваемое непосредственно на процедуру обращения.

С целью оптимизации рутинных операций на базе SSMART создана новая система SProSSMART (Stream PROcessing of Sun and Sky Measurements for Aerosol ReTRieval), обеспечивающая потоковую обработку большого объема AERONET-данных, в том числе автоматическое решение обратной задачи для всех удовлетворяющих определенным критериям наблюдений за выбранный период времени. Функциональность системы протестирована на данных Томской станции AERONET.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта ИОА СО РАН.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА СТРАТОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЬНОГО СЛОЯ НА СИБИРСКОЙ ЛИДАРНОЙ СТАНЦИИ

А.В. Невзоров, В.Д. Бурлаков, С.И. Долгий

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, Nevzorov@iao.ru

В докладе представлены результаты длительного мониторинга стратосферного аэрозольного слоя, полученные на Сибирской лидарной станции Института оптики атмосферы СО РАН в Томске (56,5° с.ш., 85,0° в.д.). Показано, что после серии небольших взрывных извержений вулканов 2006–2011 гг. установилось фоновое состояние стратосферы над Томском, которое один раз было прервано незначительным извержением вулкана Шивелуч (56,65° с.ш., 161,36° в.д., 24.12.2014 г., Камчатка). Приводятся рассеивающие характеристики стратосферного аэрозольного слоя, полученные по данным лидарных измерений с 1986 г. Определены периоды повышенного содержания стратосферного аэрозоля над Томском после серии взрывных извержений вулканов Тихоокеанского «огненного кольца» и Исландии в 2006–2011 гг.

Работа выполнена при финансовой поддержке Миннауки и Образования (Соглашение № 14.604.21.0100 – уникальный идентификатор RFMTFI60414X0100), Российского научного фонда (Соглашение № 14-27-00022) и гранта президента РФ по поддержке ведущих научных школ (НШ – 4714.2014.5).

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ И МИКРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АГРЕГАТОВ САЖИ И ОЦЕНКИ ТРАНСПОРТНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ДЛЯ СТРАТОСФЕРЫ

С.А. Береснев, М.С. Васильева, В.И. Грязин, Л.Б. Кочнева

Институт естественных наук, Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия, sergey.beresnev@urfu.ru

Сажевый аэрозоль (black carbon), по различным причинам накапливающийся (и, возможно, образующийся) в стратосфере, может играть важную роль в формировании радиационного бюджета атмосферы. С целью детального изучения данного феномена предложена новая микрофизическая модель для расчета оптических и теплофизических характеристик фрактало-подобных частиц сажи. Модель используется при разработке унифицированного программного комплекса для расчетов микрофизических и оптических параметров, а также характеристик движения частиц в поле атмосферной радиации, температуры и ветра с целью исследования пространственно-временной динамики сажевого аэрозоля в стратосфере.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 13-01-00638), Программы повышения конкурентоспособности УрФУ (контракт № 02.A03.21.0006), Проекта № 2189 Минобрнауки РФ в рамках базовой части государственных заданий ВУЗам по проведению НИР.

КВАЗИПЕРИОДИЧЕСКИЕ ВАРИАЦИИ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ АЭРОЗОЛЯ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ

П.П. Аникин, Г.А. Буш, А.Н. Груздев, А.А. Исаков, А.В. Тихонов

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия, Isakov A.A.@mail.ru

В докладе приводятся результаты анализа данных измерения массовой концентрации приземного аэрозоля на Звенигодской станции ИФА летом–осенью 2015 г. Измерения проводились с помощью синхронно работающих пары серийных нефелометров ФАН и двухуглового нефелометра, изготовленного в ИФА. Измерения

и регистрация выполнялись непрерывно, время осреднения составляло одну минуту. Для сезона августа–сентября преобладала антициклоническая погода с частыми ночными инверсиями в приземном слое атмосферы и полным штилем. В таких ситуациях с захода солнца до примерно полуночи регулярно отмечалось резкое возрастание содержания сухой основы приземного аэрозоля, от двух до трех раз в течение часа–двух. Если оценивать условную скорость нарастания массовой концентрации, то эта величина составляла 10 мкг/м^3 в час, при этом распределение частиц по размерам изменялось незначительно, то есть рост происходил, судя по всему, за счет роста концентрации частиц. Около полуночи часто – за два месяца зафиксировано пять–шесть случаев, когда на кривой величины концентрации видна отчетливая периодическая последовательность четырех–пяти максимумов. Период этой последовательности составляет либо 50–70 мин, либо около трех часов. Этот период примерно соответствует характерному периоду внутренних гравитационных волн. Поскольку в этих случаях не наблюдалось прохождения атмосферных фронтов, источники этих волн, скорее всего, местного характера.

ИЗМЕНЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ И МИКРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АЭРОЗОЛЬНЫХ ЧАСТИЦ РАЗНЫХ РАЗМЕРОВ В ПОЛЕ ПЕРЕМЕННОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА

В.Н. Ужегов¹, М.А. Свириденков², Ю.А. Пхалагов¹

¹Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

²Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия

Получено два массива спектральных коэффициентов аэрозольного ослабления β_λ (диапазон длин волн λ : 0,5–3,9 мкм). Измерения пропускания приземной атмосферы проводились в районе г. Томска (1570 реализаций) и на западном побережье Крыма (168 реализаций). В рамках аппроксимации Кастена–Хеннела проведена оценка спектральной зависимости фактора конденсационной активности (γ_λ) для величин β_λ . Величина $\gamma(\lambda)$ с ростом длины волны от 0,5 до 3,9 мкм монотонно убывает от –0,3 до –0,15 для слабо замутненной атмосферы Томска и от –0,75 до –0,4 для прибрежных дымок. Для массивов β_λ решена обратная задача. Получено два массива распределения объемов аэрозольных частиц по размерам ($dV/d \log r$) в диапазоне радиусов частиц r : 0,03–10 мкм. На зависимостях $V(r)$ четко видны две фракции (субмикронная и грубодисперсная) аэрозольных частиц с границей раздела $r \approx 0,6$ мкм. Для двух фракций аэрозольных частиц: $r < 0,6$ мкм и $r > 0,6$ мкм для каждой реализации получен объем и наиболее вероятный радиус соответствующих частиц. Наиболее вероятный радиус субмикронных частиц изменялся от 0,1 до 0,45 мкм, грубодисперсных частиц от 2 до 4 мкм. Проведена оценка фактора конденсационной активности объемов частиц в зависимости от размеров частиц (γ_r). На зависимости $\gamma(r)$ обнаружен выраженный максимум для радиусов частиц $r = 0,5$ мкм.

ТРАНСФОРМАЦИЯ МИКРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АЭРОЗОЛЬНЫХ ЧАСТИЦ В МОРСКИХ ПРИБРЕЖНЫХ ДЫМКАХ ОТ ВНЕШНИХ УСЛОВИЙ

В.Н. Ужегов¹, М.А. Свириденков², Ю.А. Пхалагов¹

¹Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, uzhegov@iao.ru

²Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия

Решена обратная задача для спектральных (диапазон длин волн λ : 0,48–3,9 мкм) коэффициентов аэрозольного ослабления β_λ , полученных из измерений пропускания приземной атмосферы в августе–сентябре 1981 г. на горизонтальной трассе длиной 3,6 км на западном побережье Крыма. Получен массив (168 реализаций) распределения объемов аэрозольных частиц по размерам ($dV/d \log r$) в диапазоне радиусов частиц r : 0,03–5 мкм. Для двух фракций аэрозольных частиц: субмикронной ($r < 0,6$ мкм) и грубодисперсной ($r > 0,6$ мкм) для каждой реализации получен объем и наиболее вероятный радиус соответствующих частиц. Наиболее вероятный радиус субмикронных частиц изменялся от 0,1 до 0,47 мкм (среднее значение 0,28 мкм), грубодисперсных частиц от 2,1 до 3,6 мкм (среднее значение 3,1 мкм). Вариации объемов субмикронных частиц $V_{\text{СМ}}$ тесно связаны с изменчивостью параметра $\Delta\beta = \beta_{0,55} - \beta_{3,9}$, корреляция – 0,98. Еще более тесная корреляция – 0,998 наблюдается между изменчивостью объема грубодисперсных частиц $V_{\text{ГД}}$ и аэрозольным ослаблением оптического излучения в ИК-области спектра – $\beta_{3,9}$. Для описания изменчивости объемов и наиболее вероятных радиусов частиц двух фракций предложена регрессионная модель, предикторами которой выступали (в порядке убывания их роли): относительная влажность воздуха, направление и скорость ветра, температура воздуха и время суток.

БАЗА ДАННЫХ МАТРИЦ ОБРАТНОГО РАССЕЯНИЯ ДЛЯ ГЕКСАГОНАЛЬНЫХ ЛЕДЯНЫХ КРИСТАЛЛОВ

В.А. Шишко¹, А.В. Коношонкин^{1,2}, Н.В. Кустова¹, А.Г. Боровой^{1,2}

¹Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, sva@iao.ru

²Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

При рассеянии света в облаках экспериментально измеряемыми величинами являются матрицы рассеяния, усредненные по ансамблю рассеивающих частиц, т.е. усредненные по размерам, форме и ориентациям в пространстве. Особый случай представляет направление рассеяния назад, поскольку именно это направление детектируется лидарами.

В докладе представлены рассчитанные в приближении физической оптики [1] лидарное, деполяризационное и спектральное отношения, для угла наклона лидара 0° и 5° . Также представлена матрица обратного рассеяния для частиц, имеющих ориентацию от полностью горизонтальной до хаотической, с нормальным законом распределения по углам наклона. Расчеты приведены для пластинок с диаметром от 10 до 1000 мкм и высотой от 5,6 до 44,9 мкм; столбиков с диаметром от 8,8 до 220 мкм и высотой от 10 до 1000 мкм. Расчеты проводились для трех длин волн $\lambda = 1.064$ мкм, $\lambda = 0.532$ мкм и $\lambda = 0.355$ мкм, показатель преломления принимался $n = 1,3004$, $n = 1,3116$ и $n = 1,3249$, соответственно. Представлены результаты, как для идеальных, так и для неидеальных столбиков, скошенных на $0,25^\circ$.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (Гранты № 15-05-06100, № 15-55-53081), РНФ (соглашение № 14-27-00022), гранта Президента РФ (НШ-4714.2014.5) и Минобрнауки РФ в рамках «Программы повышения конкурентоспособности ТГУ».

1. Borovoi A., Konoshonkin A., Kustova N. // J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transf. 2014. V. 146. P. 181–189.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРНОГО СОСТАВА И КОНЦЕНТРАЦИИ ЧАСТИЦ ВЗВЕСИ В ОЗЕРАХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

И.А. Суторихин, В.И. Букатый, О.Б. Акулова, К.Ю. Эккердт

Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия, akulova8282@mail.ru

Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Россия

Потребность в оперативных и в то же время точных методах определения концентрации и размерного состава взвешенного в воде вещества особенно актуальна при решении основных задач экологического мониторинга водных экосистем. В таких исследованиях важное место занимает изучение водной взвеси, которая, в свою очередь, влияет на многие гидрофизические характеристики водных объектов. Среди них такие, как прозрачность, цветность и температура воды, состав растворенных соединений, а также структура и распределение донных отложений, скорость осадкообразования.

В период с 2011 по 2015 гг. проводились сезонные исследования по определению размерного состава и концентрации частиц взвеси для трех разнотипных озер Алтайского края – Лапа, Красиловское и Большое Островное с помощью метода оптической микроскопии. Фотографии частиц, получены с помощью светового микроскопа Nikon Eclipse 80i и счетной камеры Нажотта. Было обработано 178 микрофотографий по 34 водным пробам с общим количеством частиц 19879 штук, что обеспечивало хорошую статистику и свидетельствовало о высокой достоверности полученных результатов. По данным сезонных измерений размеры клеток в пробах озер находились преимущественно в пределах 1–10 мкм по радиусу. Аппроксимация экспериментальных данных по размерам частиц осуществлялась с использованием функции распределения типа Юнге. При этом коэффициент корреляции находился в диапазоне от 0,77 до 0,99, что говорит об удовлетворительной аппроксимации. В результате получено, что среднее значение радиуса частиц в поверхностном слое оз. Лапа за исследуемый период составило 1,2 мкм, в озерах Красиловское и Бол. Островное – 1,6 и 1,4 мкм, соответственно. Среднее значение счетной концентрации составило порядка $2,6 \cdot 10^6 \text{ см}^{-3}$ для оз. Лапа, $3,1 \cdot 10^6 \text{ см}^{-3}$ для оз. Красиловское и $4,0 \cdot 10^6 \text{ см}^{-3}$ для оз. Бол. Островное.

СЕЗОННЫЕ РАЗЛИЧИЯ ВЛИЯНИЯ ГОРОДА НА МАССОВУЮ КОНЦЕНТРАЦИЮ ПРИЗЕМНОГО АЭРОЗОЛЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОНИТОРИНГОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Е.П. Яушева, В.С. Козлов, В.П. Шмаргунов, Д.Г. Чернов, М.В. Панченко

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, helen@iao.ru

В работе исследуется вклад города в массовую концентрацию приземного аэрозоля в различные сезоны в период с ноября 2013 по февраль 2015 гг. Одновременные измерения проводились на Аэрозольной станции ИОА СО РАН (юго-восточная окраина г. Томска) и в обсерватории «Фоновой» (60 км западнее г. Томска, лесная зона). В мониторинговом режиме в приземном слое измерялся коэффициент рассеяния субмикронного аэрозоля, который позволяет оценить массовую концентрацию. После проведения дополнительной интеркалибровки, данные, полученные в обсерватории «Фоновой», были откорректированы. Из рассмотрения исключены дни с влиянием природных пожаров. Среднесезонные значения концентраций аэрозоля на Аэрозольной станции зимой, весной, летом и осенью больше зарегистрированных в обсерватории «Фоновой» на 15; 8; 4; 9 мкг/м³, соответственно. В относительных единицах эти увеличения составляют – 2; 1.7; 1.3; 1.8 раз.

В суточном ходе аэрозоля наибольшее влияние города наблюдается в период вечернего максимума (~ 22 ч). Летом в это время массовые концентрации аэрозоля на Аэрозольной станции больше, чем в обсерватории «Фоновой» в среднем на 11 мкг/м³ (в 1,9 раза), зимой – в среднем на 22 мкг/м³ (в 2,4 раза). Минимальный вклад города проявляется в дневном минимуме (~ 15 ч). В летний период содержание аэрозоля в условиях города, больше концентраций в фоновой местности на 2 мкг/м³ (в 1,2 раза), зимой разность возрастает и составляет 11 мкг/м³ (в 1,8 раза).

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (Соглашение № 4.604.21.0100 – уникальный идентификатор RFMTFI60414X0100).

СОПОСТАВЛЕНИЕ МИКРОФИЗИЧЕСКИХ И РАДИАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОПТИЧЕСКИ ПЛОТНЫХ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННО ОБУСЛОВЛЕННЫХ ДЫМОВ

Г.И. Горчаков, А.В. Карпов

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия, gengor@ifaran.ru

По данным AERONET проанализированы вариации оптических и микрофизических характеристик дымового аэрозоля [1] при крупномасштабных пожарах в бореальных лесах России. Выполнено сопоставление микрофизических и радиационных характеристик дымового и пылевого аэрозоля, а также городских смогов. В смогах мегаполисов часто преобладает сильнопоглощающий грубодисперсный аэрозоль, тогда как в дымах при пожарах в бореальных лесах преобладает слабопоглощающий тонкодисперсный аэрозоль, в том числе, «белый дым», для которого вероятность выживания кванта достигает 0,98–0,99. Эти отличия двух типов аэрозоля определяют существенные различия соответствующих спектров ослабления и поглощения, а также угловых и спектральных зависимостей компонент матрицы рассеяния света.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 14-47-00049).

1. Gorchakov G.I., Sitnov S.A., Sviridenkov M.A., Semoutnikova E.G., Emilenko A.S., Isakov A.A., Kopeikin V.M., Karpov A.V., Gorchakova I.A., Verichev K.S., Kurbatov G.A., Ponomareva T.Ya. Satellite and ground – based monitoring of smoke in the atmosphere during the Summer wildfires in European Russia in 2010 and Siberia in 2012 // Int. J. Of Remote Sensing. 2014. V. 35. No. 15. P. 5698–5721.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ МЕЖГОДОВОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ МИКРОСТРУКТУРНЫХ ПАРАМЕТРОВ АЭРОЗОЛЯ ПО ДАННЫМ СОЛНЕЧНОЙ ФОТОМЕТРИИ В ТОМСКЕ

В.В. Веретенников, С.С. Меньщикова

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, vvv@iao.ru

Исследована межгодовая изменчивость микроструктурных параметров аэрозоля по данным спектральных измерений аэрозольной оптической толщины (АОТ), полученным в ИОА СО РАН с помощью солнечных фо-

тометров типа SP [1] в периоды наблюдений 2003–2006 и 2011–2014 гг. В течение первого периода измерения АОТ выполнялись на 13 длинах волн в диапазоне 0,37–4 мкм. Спецификой данных наблюдений во втором периоде являлось уменьшение верхней границы спектрального диапазона измерений до 2,14 мкм. Параметры микроструктуры аэрозоля находились из решения обратной задачи с использованием численного алгоритма, разработанного на основе метода интегральных распределений [2]. В качестве входных данных для решения обратной задачи рассматривались среднечасовые зависимости АОТ. Общий объем обработанных данных составил свыше 6 тыс. спектров. В качестве анализируемых параметров микроструктуры аэрозоля рассматривались геометрическое сечение, объемная концентрация и средний радиус частиц. Указанные параметры оценивались отдельно для субмикронной и грубодисперсной фракций аэрозоля, а также для полного ансамбля частиц. Установлено существенное влияние ограничения спектрального интервала во втором периоде наблюдений на оценку параметров микроструктуры грубодисперсного аэрозоля. Также исследованы статистические связи между АОТ и восстановленными микроструктурными параметрами аэрозоля.

Авторы выражают признательность С.М. Сакерину и Д.М. Кабанову за предоставленные для анализа экспериментальные данные.

1. Сакерин С.М., Кабанов Д.М., Ростов А.П., Турчинович С.А., Князев В.В. Солнечные фотометры для измерений спектральной прозрачности атмосферы в стационарных и мобильных условиях. // Оптика атмосферы и океана. 2012. Т. 25, № 12. С. 1112–1117.
2. Веретенников В.В., Меньщикова С.С. Микрофизическая экстраполяция в задаче обращения спектральных измерений аэрозольной оптической толщины // Оптика атмосферы и океана. 2011. Т. 24, № 10. С. 880–886.

СУТОЧНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЛАКОВ ВЕРХНЕГО ЯРУСА ПО ДАННЫМ ЛАЗЕРНОГО ПОЛЯРИЗАЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

И.В. Самохвалов¹, С.В. Насонов^{1,2}

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

²Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, nsergeyvlad@sibmail.com

Определяющим источником погрешностей в расчетах радиационного баланса является несовершенство используемых оптических моделей облаков верхнего яруса (ОВЯ), в которых не учитывается свойство ориентированности несферических кристаллических частиц.

Уточнение расчетов радиационных потоков требует введения параметров связанных с ориентацией частиц. Однако, на сегодняшний день недостаточно экспериментальных данных о временной изменчивости (суточной и сезонной) оптических и микрофизических свойств кристаллических облаков, поэтому трудно сделать статистически обоснованное заключение об условиях и общих закономерностях формирования ансамблей преимущественно ориентированных частиц в ОВЯ.

В работе были накоплены и систематизированы данные о микроструктуре облаков верхнего яруса, среди всех наблюдаемых облаков выделены те, которые содержат преимущественно ориентированные кристаллические частицы. Благодаря проведению экспериментов в вечерние и утренние часы определены суточные изменения основных микрофизических свойств кристаллических облаков, в том числе преимущественной ориентации частиц.

Работа выполнена в рамках программы повышения международной конкурентоспособности ТГУ и при финансовой поддержке стипендии Президента Российской Федерации для молодых ученых и аспирантов, осуществляющих перспективные научные исследования и разработки по приоритетным направлениям модернизации российской экономики.

ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА ОСЛАБЛЕНИЯ ГНУСА ОТ МЕТЕОПАРАМЕТРОВ АТМОСФЕРЫ ДЛЯ ФОНОВЫХ УСЛОВИЙ ЛЕТА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Н.Н. Щелканов, С.Б. Белан

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, snn@iao.ru

Рассмотрены зависимости коэффициента ослабления гнуса от метеорологических параметров атмосферы для массива, полученного с 24 июля по 13 августа 2014 г. для фоновых условий лета Западной Сибири [1]. Для

рассмотренного массива не обнаружено зависимостей коэффициента ослабления гнуса от скорости и направления ветра. Зависимость коэффициента ослабления гнуса от температуры воздуха оказалась отрицательной. Коэффициент корреляции между ними составил 0,33, при критическом значении коэффициента корреляции равном 0,27, для уровня значимости 99,9%.

1. Щелканов Н.Н., Белан С.Б., Ужегов В.Н. Первые оценки вклада гнуса в ослабление оптического излучения для фоновых условий лета Западной Сибири // Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы: Материалы XXI Международного симпозиума [Электронный ресурс – 1 CD-ROM]. ISBN 978-5-94458-150-1. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2015. С. С415–С418.

ХИМИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, АЭРОЗОЛЬНО-ГАЗОВЫЕ СВЯЗИ, БИОТА И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА АТМОСФЕРНЫЕ ПРОЦЕССЫ

РЕЗУЛЬТАТЫ ПЯТНАДЦАТИЛЕТНЕГО МОНИТОРИНГА БИОГЕННОЙ КОМПОНЕНТЫ ПРОБ АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

**А.С. Сафатов¹, И.С. Андреева¹, Г.А. Буряк¹, В.А. Вечканов¹, И.Г. Воробьева¹, С.Е. Олькин¹,
И.К. Резникова¹, Н.А. Соловьянова¹, Т.В. Теплякова¹, М.Ю. Аршинов², Б.Д. Белан², Г.А. Ивлев²,
М.В. Панченко², Д.В. Симоненков², Г.Н. Толмачев², А.С. Козлов³, В.И. Макаров³, С.А. Попова³,
В.В. Пененко⁴, Е.А. Цветова⁴, В.Ф. Рапута⁴, Б.С. Смоляков⁵, И.А. Суторихин⁶, В.И. Букатый⁶**

¹Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор», п. Кольцово, Россия,
safatov@vector.nsc.ru

²Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

³Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского СО РАН, г. Новосибирск, Россия

⁴Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, г. Новосибирск, Россия

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

⁶Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия

Начиная с конца 1998 г. большим коллективом исследователей ведется мониторинг биогенной компоненты проб атмосферного аэрозоля юга Западной Сибири. Проведены наземные (в трех точках пробоотбора: п. Ключи, п. Завьялово и п. Кольцово Новосибирской области); высотные измерения (от 500 до 7000 м над лесными массивами в районе п. Завьялово), взяты пробы воды и воздуха прибрежных территорий двух горько-соленых озер Алтайского края, а также пробы свежевыпавшего снега в п. Кольцово и образцы снежного покрова, отобранного в конце зимнего периода вблизи антропогенных источников различной природы, в пригороде г. Новосибирска. Фиксировалась масса биогенного материала (по суммарному белку), количество и разнообразие жизнеспособных микроорганизмов, а в ряде проб и химический состав аэрозольных частиц (основные ионы, элементы, органический/неорганический углерод).

В ходе мониторинга выявлены долгосрочные тренды определяемых величин, их внутригодовые динамики, влияние на наблюдаемые величины некоторых источников биоаэрозолей (локальные пожары, эмиссия озерами, эмиссия промышленными источниками и др.), построены вертикальные профили биогенных компонентов атмосферного аэрозоля, выявлена их внутригодовая изменчивость. С использованием математических моделей распространения примесей в приземном слое проведен анализ возможных источников биоаэрозолей в точках наблюдения.

В работе приводятся основные результаты, полученные за этот период, проводится их обсуждение.

Работа выполнена при частичной поддержке междисциплинарных интеграционных проектов СО РАН №№ 35-2012, 103-2003, 64-00 и проекта МНТЦ № 3275.

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НЕФТЕДОБЫВАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНИРОВАНИЯ

С.К. Кобзарь², Т.О. Перемитина¹, И.Г. Ященко¹

¹Институт химии нефти СО РАН, г. Томск, Россия, pto@ipc.tsc.ru

²Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, г. Томск, Россия

Нефтегазодобывающая отрасль – одна из самых экологически опасных отраслей хозяйствования. Химические реагенты, применяемые при бурении скважин, добыче и подготовке нефти, а также добываемые углеводороды и примеси к ним являются вредными веществами для растительного и животного мира. В данной работе

проведен анализ состояния растительности для территории четырех нефтяных месторождений Томской области (Урманское, Лугинецкое, Мыльджинское и Крапивинское) и одного фонового участка (Оглатский заказник) с использованием спутниковых данных Terra MODIS – MOD13Q1 16-Day Vegetation Indices с разрешением 250 м, содержащие значения нормализованного вегетационного индекса (NDVI). Средствами геоинформационной системы ArcGis для каждой исследуемой территории рассчитано среднее значение индекса NDVI за период с 2000 по 2015 г. Расчеты проведены для 161 дня каждого года с датами съемки 10–26 июня.

Проведенный анализ позволил определить угнетенное состояние растительности территории Мыльджинского месторождения, а также выявить улучшение со временем экологического состояния растительности всех исследуемых территорий. Таким образом, предложенный подход к анализу позволяет проводить мониторинг состояния растительности труднодоступных нефтегазодобывающих территорий Западной Сибири, проводить картографирование и пространственный анализ труднодоступной болотистой местности, что оказывает значительную помощь в своевременной оценке экологической ситуации и принятии решений в устранении и профилактики загрязнения окружающей среды.

ПРИМЕНЕНИЕ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ И КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ УЧАСТКОВ НЕФТЕДОБЫВАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

М.Н. Алексеева, Т.О. Перемитина, И.Г. Ященко

Институт химии нефти СО РАН, г. Томск, Россия, peremitinat@mail.ru

В последние годы возрос интерес мирового энергетического, экологического и делового сообщества к проблеме утилизации попутного нефтяного газа (ПНГ) как из-за экологических, так и финансовых соображений. Согласно официальным данным, в начале XXI века крупнейшими регионами сжигания попутного газа являлись Персидский залив, Западная Африка (прежде всего Нигерия) и Россия (в основном Западная Сибирь). Отслеживание прогресса в сокращении объемов сжигания попутного газа часто затруднено из-за противоречивости и ненадежности данных и осуществление регулярной глобальной оценки объемов сжигания ПНГ способствует использованию спутниковых данных, позволяющих решать широкий диапазон задач.

Для своевременной оценки экологического состояния труднодоступных болотистых территорий Западной Сибири разработана методика определения и картографирования тепловых аномалий (факелы, пожары, гари) нефтедобывающих территорий на основе спутниковых данных. Практическое применение предложенной методики для нефтедобывающих территорий Западной Сибири позволило установить, что применение тепловых космических снимков Landsat и продуктов MODIS позволяют детектировать и картографировать аномальные тепловые поля поверхности ландшафта с целью выявления действующих факелов и площадей пожаров. Сопоставление полученных результатов и литературных данных свидетельствует об увеличении действующих факельных установок на рассматриваемых нефтедобывающих месторождениях Саматлорское, Советское и Ватинское.

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕРАСТВОРИМЫХ ЧАСТИЦ В СНЕЖНОМ ПОКРОВЕ ВОДОСБОРА БЕЛОГО МОРЯ В МАРТЕ–АПРЕЛЕ 2013 г.

В.П. Шевченко¹, В.Б. Коробов², О.Ю. Калинина^{3,1}, А.В. Лещев², Ф.В. Сапожников¹, А.Е. Яковлев²

¹*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия, vshevch@ocean.ru*

²*Северо-Западное отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Архангельск, Россия*

³*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия*

Нерастворимые частицы в снежном покрове водосбора Белого моря были изучены в Архангельской и Вологодской областях в период с 20 марта по 15 апреля 2013 г. Пробы снега были отобраны в 32 точках. Снег отбирали в шурфах до замерзшей почвы или льда. В лаборатории снег растапливали и фильтровали через предварительно взвешенные ядерные фильтры диаметром 47 мм с диаметром пор 0,45 мкм. Состав частиц был изучен с помощью сканирующего электронного микроскопа VEGA 3 SEM (Tescan) с микрозондовой приставкой INCA Energy (Oxford Instruments).

На станциях, расположенных в фоновых районах, концентрация нерастворимых частиц в снеге варьировала от 0,73 до 7,43 мг/л, в среднем составляя 3,33 мг/л при стандартном отклонении 1,7 мг/л для 26 проб. Это незначительно выше, чем фоновые для снежного покрова Арктики значения. Значительно более высокие кон-

центрации частиц были в г. Архангельске и его окрестностях (от 3,78 до 22,9 мг/л, в среднем 11,8 мг/л при стандартном отклонении 9,3 мг/л для 5 проб). Взвешенное вещество снега состоит в фоновых районах в основном из биогенных (растительные волокна, споры и пыльца, створки диатомовых водорослей) и литогенных частиц, вблизи Архангельска преобладают сажа и пепловые частицы.

Авторы благодарны С.К. Белорукову, К.А. Середкину, Г.Д. Хоменко, принимавшему участие в экспедиционных исследованиях, В.Ю. Кащенко и В.А. Карлову за помощь в выполнении сканирующей электронной микроскопии и академику А.П. Лисицыну за ценные советы. Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты №№ 15-05-08374 и 14-05-00059) и ОНЗ РАН (проект «Микро- и наночастицы ...»).

СЧЕТНАЯ И МАССОВАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ ПЫЛЬЦЕВОЙ КОМПОНЕНТЫ АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ В ПЕРИОДЫ ЦВЕТЕНИЯ ЗЛАКОВ И СОРНЫХ ТРАВ

В.В. Головкин¹, В.Л. Истомин²

¹Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского СО РАН, г. Новосибирск, Россия,
golovko@kinetics.nsc.ru

²Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, г. Новосибирск, Россия

Определены сезонная и суточная динамика счетной и массовой концентрации пыльцевой компоненты атмосферного аэрозоля в периоды цветения злаков и сорных трав. Оценен вклад пыльцы в массовую концентрацию грубодисперсной фракции атмосферного аэрозоля в целом.

МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ И ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ АЭРОЗОЛЯ ПОБЕРЕЖЬЯ БЕЛОГО МОРЯ (КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ)

Д.П. Стародымова¹, А.А. Виноградова², В.П. Шевченко¹

¹Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия, d.smokie@gmail.com

²Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия,

Атмосферный перенос является наиболее быстрым способом поступления веществ (в том числе и загрязняющих) в отдаленные районы. На территории Беломорской биологической станции МГУ (ББС МГУ) ведется отбор проб аэрозолей на фильтры. Продолжительность отбора одной пробы составляет неделю. Пробоотбор прерывается на зиму. Материал с 30 аэрозольных фильтров, отобранных летом и осенью 2013 г. и весной 2014 г., был изучен методом сканирующей электронной микроскопии, а также подвергнут кислотному разложению и проанализирован на содержание микроэлементов с помощью метода масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС).

Концентрации тяжелых металлов находятся на уровне, характерном для фоновых арктических районов [1]. Концентрации некоторых литогенных элементов в среднем выше в летний период. Для остальных элементов не выявлено сезонной зависимости. Распределение концентраций элементов в аэрозолях характеризуется наличием синхронных пиков концентраций отдельных групп элементов. Анализ обратных траекторий [2] показал, что повышение концентраций Ni, Cu и др. наблюдается при поступлении воздушных масс с Кольского полуострова.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты №№ 14-05-31512, 14-05-00059) и Лаборатории им. Отто Шмидта (проект OSL-15-23).

1. Шевченко В.П. / Влияние аэрозолей на среду и морское осадконакопление в Арктике. М.: Наука, 2006. 226 с.
2. Draxler R.R., Rolf G.D. HYSPLIT. NOAA Air Resources Lab. 2003. Mod access via NOAA ARL READY Website (<http://www.arl.noaa.gov/ready/hysplit4.html>).

ФОТОХИМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ АЭРОЗОЛЯ ИЗ МИКРОЧАСТИЦ ГИДРОКСИДА КАЛЬЦИЯ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ В УСЛОВИЯХ ТРОПОСФЕРЫ

В.С. Захаренко¹, Е.Б. Дайбова²

¹Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, г. Новосибирск, Россия, zakh@catalysis.ru

²Сибирский институт сельского хозяйства и торфа, г. Томск, Россия

В работе проведено исследование фотохимической активности осажденного аэрозоля из частиц гидроксида кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$, полученного из оксида кальция и выдержанного в условиях окружающего воздуха. Исследованы адсорбционные и фотосорбционные свойства частиц аэрозоля. Проведен анализ состава адсорбированного поверхностного слоя частиц гидроксида кальция. Изучены кинетические закономерности фотодесорбции молекул с поверхности частиц микрокристаллов гидроксида кальция и взаимодействия кислорода с их поверхностью в темноте и под действием света. Определены квантовый выход и спектральная зависимость квантового выхода фотоадсорбции кислорода. Из спектральной зависимости квантового выхода следует, что фотохимическая активность осажденного аэрозоля из $\text{Ca}(\text{OH})_2$ наблюдается под действием солнечного тропосферного излучения ($\lambda > 300$ нм).

НАБЛЮДЕНИЯ СТРАТОСФЕРНО-ТРОПОСФЕРНОГО ОБМЕНА В МАЕ 2015 г. ПО ДАННЫМ ЛИДАРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ НАД ТОМСКОМ

А.А. Невзоров, В.Д. Бурлаков, С.И. Долгий, А.В. Невзоров, О.А. Романовский

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, naa@iao.ru

В докладе рассматриваются результаты восстановления профилей концентрации озона в верхней тропосфере–нижней стратосфере с учетом аэрозольной и температурной коррекции [1–3] на длинах волн зондирования 299/341 нм, полученных из данных лидарных измерений за 2015 гг. Приводится описание наблюдения редкого процесса стратосферно-тропосферного обмена (СТО) над Томском и аэрологических метеопараметров ближайших станций. Наблюдался перенос озона из стратосферы в тропосферу. Демонстрируется траектория движения воздушных масс на высотах тропопаузы для объяснения полученных результатов по времени наблюдений.

Работа выполнена при финансовой поддержке Миннауки и Образования (Соглашение № 14.604.21.0100), Российского научного фонда (Соглашение № 14-27-00022) и гранта президента РФ по поддержке ведущих научных школ (НШ – 4714.2014.5).

1. Бондаренко С.Л., Ельников А.В., Зуев В.В. Влияние оптических характеристик аэрозоля на результаты лазерного зондирования озона при аэрозольной коррекции исходных данных // Оптика атмосферы и океана. 1993. Т. 6, № 10. С. 1268–1277.
2. Zhu H., Qu Z.W., Grebenshchikov S.Y. et al. The Huggins band of ozone: Assignment of hot bands // Journal of Chemical Physics. 2005. V. 122. Is. 2. Article Number: 024310 DOI: 10.1063/1.1825380 Published: JAN 8.
3. Krueger A.J., Minzner R.A. A mid-latitude ozone model for the 1976 U.S. standard atmosphere // J. Geophys. Res. 1976. V. 81. No. D24. P. 4477–44816.

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ПРОДУКТОВ АТМОСФЕРНОЙ ФОТОНУКЛЕАЦИИ ФУРФУРАЛЯ

Т.В. Захарова¹, Г.Г. Дульцева^{1,2}, С.Н. Дубцов¹, Н.В. Цыбуля³

¹Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского СО РАН, г. Новосибирск, Россия, toma_zakh@mail.ru

²Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Россия

³Центральный Сибирский ботанический сад СО РАН, г. Новосибирск, Россия

Фурфураль – один из газообразных продуктов неполного сгорания, поступающих в атмосферу при лесных пожарах. Было обнаружено, что атмосферное фотоокисление фурфурала включает конверсию газ–частица. Образуемый при этом аэрозоль представляет собой продукт полимеризации и поликонденсации, причем нано-

частицы содержат на своей поверхности реакционноспособные функциональные группы. В работе исследовано действие этих наночастиц на растения. Фотонуклеацию фурфурала проводили в фотохимическом реакторе, концентрации и распределение образующихся частиц по размерам измеряли при помощи диффузионного спектрометра аэрозолей. Химический состав газофазных и аэрозольных продуктов фотоокисления фурфурала определяли при помощи высокоэффективной жидкостной хроматографии, ИК-спектроскопии, хромато-масс-спектрометрии. Промежуточные короткоживущие свободные радикалы – первичные продукты фотолиза фурфурала – детектировали при помощи метода спиновых ловушек.

Для исследования биологического действия газовых и аэрозольных продуктов в качестве модельных систем были выбраны декоративные растения тропического происхождения с повышенной скоростью газообмена – каланхоэ, бегонии, хлорофитум, а также древесные виды, активно используемые в озеленении городов Западной Сибири, – береза, тополь, липа, осина. После обработки растений в специальных камерах продуктами фотоокисления фурфурала проводили экстракцию для выявления изменений в химическом составе тканей. Обнаружено, что степень проникновения аэрозольных частиц в лист зависит от размеров частиц. Частицы размером менее 80 нм проникают в межклеточную жидкость и участвуют в химических реакциях с компонентами тканей. Образующиеся в таких взаимодействиях продукты являются видоспецифичными.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 14-05-00643) и междисциплинарного интеграционного проекта СО РАН.

АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ ПОЧВЫ НА ТЕРРИТОРИИ НЕФТЕДОБЫЧИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Л.И. Сваровская, И.Г. Ященко, Л.К. Алтунина

Институт химии нефти СО РАН, г. Томск, Россия, sli@ipc.tsc.ru

Разработана система мониторинга антропогенного загрязнения отдаленных труднодоступных заболоченных территорий северных районов нефтедобычи Томской области, сочетающая применение геоинформационно-космических технологий в комплексе с лабораторными исследованиями. Для оценки масштаба, идентификации загрязнений и процессов трансформации углеводородов применены методы моделирования, основанные на анализе материалов, полученных при полевых исследованиях и на основе обработки спутниковых данных MODIS и Landsat.

Трансформация нефти и нефтепродуктов при аварийных ситуациях и загрязнении ландшафтов сложны и длительны. Изливаясь на поверхность почвы, часть нефти в летний период, активно испаряется и в виде аэрозолей переносится на значительные расстояния, загрязняя атмосферу, почву воду и растительность. Другая часть нефти, загрязняющей почву, мигрирует по горизонтали и вертикали, подвергается биодеструкции, сорбции, эмульгированию и другим преобразованиям. Загрязнение нефтью вызывает гибель одних микроорганизмов и увеличивает численность и активность других. Анализ остаточных углеводородов, экстрагированных из образцов загрязненной почвы, методом ИК-спектроскопии показал появление дополнительных полос поглощения в области 3350, 1600 и 1710 см⁻¹, что указывает на образование продуктов метаболизма при ферментативном окислении нефти. Хроматографический анализ подтвердил интенсивность окислительных процессов в нефтезагрязненной почве.

Для оценки загрязнения окружающей среды нефтью и динамики восстановления растительного покрова использовали нормализованный вегетационный индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), рассчитанный на основе космических снимков. Значения полученных индексов подтверждены данными физико-химических и микробиологических анализов проб, отобранных на загрязненной территории. Применение адаптивной системы мониторинга значительно сократит время и экономические расходы на проведение исследований загрязненных труднодоступных заболоченных территорий и позволит разработать план рекультивационных мероприятий для улучшения экологии окружающей среды.

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ РТУТИ В ХВОЕ ПРИБАЙКАЛЯ

Е.Е. Ляпина^{1,2}, Н.Н. Воропай^{1,3}

¹Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

³Институт географии, г. Иркутск, Россия

Использование хвои в качестве индикаторов ртутной нагрузки на территорию целесообразно в виду удобства отбора проб, возможности многолетнего мониторинга территории, достоверности полученных данных, широкого распространения разных видов хвойных пород деревьев на территории Сибири. В ходе исследования проб разновозрастной хвои сосны разных экологических условий Прибайкалья определены уровни накопления ртути. Выявлены эколого-геохимические особенности содержания ртути в зависимости от географических условий, возраста хвои, климатических показателей. Проведена сравнительная характеристика уровней накопления ртути хвоей сосны Восточной и Западной Сибири.

СОПОСТАВЛЕНИЕ ЗОН ДОЛГОВРЕМЕННЫХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ОЗОНОВЫХ АНОМАЛИЙ С ЗОНАМИ ДЕГРАДАЦИИ ХВОЙНЫХ ДРЕВОСТОЕВ

Е.М. Короткова¹, В.В. Зуев^{1,2,3}

¹Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия,
katia_sova@mail.ru

²Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

³Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Усыхание хвойных лесов Северного полушария в настоящее время относится к ряду важных дискуссионных проблем. Причины очагового усыхания не всегда ясны и, как правило, объясняются совокупностью неблагоприятных факторов окружающей среды. Процессы усыхания отмечаются в горных и равнинных областях России (Кузнецкий Алатау, Архангельская область, Дальний Восток, район озера Байкал), Канады и Северной Европы. Один из взглядов на проблему усыхания хвойных лесных массивов связан с влиянием коротковолновой части ультрафиолетовой радиации УФ-Б-диапазона на их рост и функционирование в процессе систематического возникновения над отдельными территориями отрицательных озоновых аномалий. В работе проанализировано поле отклонений общего содержания озона от среднеширотной нормы над территорией Западной и Восточной Сибири и хребта Сихотэ-Алинь за 34 года (1979–2012) для четырех месяцев вегетационного периода (май, июнь, июль, август). Выявлены систематически наблюдающиеся зоны отрицательных озоновых аномалий, дана оценка связи этих зон с зонами наблюдающегося сухостойного процесса. Так же выявлена связь месторасположения отрицательных озоновых аномалий с эпицентрами землетрясений.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ВАРИАЦИИ МАЛЫХ ГАЗОВЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ АТМОСФЕРЫ (МГС) НА МАРШРУТЕ НЭС «АКАДЕМИК ТРЕШНИКОВ» В 59 РАЭ

Б.Д. Белан¹, Д.Е. Савкин¹, С.М. Сакерин¹, В.Ф. Радионов²

¹Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, densavkin88@rambler.ru

²Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург, Россия

Несмотря на то, что мировой океан занимает большую часть земной поверхности, его пограничный слой изучен гораздо хуже, чем континентальный, ввиду отсутствия постоянных наблюдений. В целом о поведении газовых примесей над морской поверхностью дают представления эпизодические измерения на научно-исследовательских судах [1].

В соответствии с программой наблюдений в 59-ой Российской Антарктической Экспедиции (59 РАЭ), в период с 1 февраля по 9 июня 2014 г., проводились исследования пространственно-временной изменчивости МГС над поверхностью Атлантического океана, а также в приземном слое южной полярной области. Наблюдения проводились с борта НЭС «Академик Трешников» по маршруту: «Санкт-Петербург – Бремерхафен1 –

Кейптаун1 – Антарктические станции – Кейптаун2 – Бремерхафен2 – Санкт-Петербург». Целью исследований было оценка пространственно-временной изменчивости МГС в приземном слое атмосферы в различных районах по маршруту следования судна.

В состав автоматизированного газового комплекса входили четыре газоанализатора производства ЗАО «ОПТЭК», которые имеют пороги обнаружения на уровне фоновых концентраций исследуемых газов. Измерения МГС в приземном слое атмосферы производились круглосуточно в автоматическом режиме с 4 февраля по 8 июня 2014 г. Работа выполнена при финансовой поддержке проекта № 23.1 Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Фундаментальные проблемы океанологии: физика, биология, геология, экология».

1. Еланский Н.Ф., Маркова Т.А. Концентрация озона в приземном слое атмосферы над Атлантическим океаном и морем Уэдделла // Изв. АН. ФАО. 1995. Т. 31, № 1. С. 92–103.

ЗАВИСИМОСТЬ ОБРАЗОВАНИЯ ОЗОНА ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ ВОЗДУХА

Б.Д. Белан, Д.Е. Савкин, Г.Н. Толмачев

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, densavkin88@rambler.ru

Исследование образования и динамики озона в атмосфере важно по ряду причин. Во-первых, озон в тропосфере является четвертым по вкладу газом в парниковый эффект планеты. Во-вторых, является сильнейшим ядом, отрицательно воздействующим на здоровье людей, животных, угнетающим растительность. В-третьих, будучи сильным окислителем, озон разрушает почти все материалы вплоть до соединений платиновой группы. В-четвертых, поскольку озон не выбрасывается в атмосферу никаким производством или в ходе каких-то иных процессов, а образуется непосредственно в воздухе из газов предшественников в результате фотохимических процессов, то целесообразно иметь представления о механизмах его появления.

В работе по данным измерений в фоновом районе исследуется скорость образования в атмосфере озона в зависимости от температуры воздуха. Установлено, что эта зависимость имеет нелинейный характер и существенно изменяется год от года. Анализ возможных причин показывает, что нелинейный характер данной зависимости может быть обусловлен нелинейным ростом констант реакций в зависимости от температуры воздуха и квадратичным ростом концентрации углеводородов при увеличении температуры.

Работа выполнена при поддержке госконтракта Минобрнауки № 14.613.21.0013 (идентификационный номер RFMEFI61314X0013).

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ СИНХРОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ СУТОЧНОГО ХОДА ПОТОКОВ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА, РАСТВОРЕННЫХ O_2 И CO_2 В СВОБОДНОЙ ВОДЕ И ДАННЫХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ И ДЕСТРУКЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ КИСЛОРОДНЫМ МЕТОДОМ В ЛИТОРАЛИ оз. БАЙКАЛ

В.М. Домышева¹, М.В. Сакирко¹, О.Г. Нецветаева¹, Д.А. Пестунов², А.М. Шамрин², М.В. Панченко²

¹*Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия*

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

Важную роль в формировании суточного хода потоков CO_2 в системе «водная поверхность – атмосфера» играют процессы продукции и деструкции органического вещества, которые определяют изменение концентраций растворенных O_2 и CO_2 . Для количественных оценок продукционно-деструкционных процессов широкое распространение получил кислородный метод, суть которого заключается в определении изменения содержания O_2 за определенный промежуток времени в пробах воды, помещаемых в замкнутых сосудах в воду озера. В работе анализируются данные измерений суточного хода потоков CO_2 , первичной продукции (ПП), деструкции (Д) и концентрации растворенных газов в открытой воде в литорали Южного Байкала в марте-апреле, июне, июле и сентябре 2015 г. Показано, что в июне соотношение величины ПП к величине Д оказалось меньше 1, и, следовательно, практически весь кислород, выделившийся в процессе фотосинтеза, был израсходован на деструкцию органического вещества. В конце марта – начале апреля и в сентябре, в периоды пика зимней и летней вегетации, соотношение величин ПП и Д больше 1, т.е. в воде преобладали процессы продуцирования.

В тоже время наблюдаемая в открытой воде интенсивность процессов продуцирования в светлое время суток и деструкции органического вещества в ночное время заметно превышает величину, полученную кислородным методом, что обуславливает необходимость дополнительных исследований роли внешних процессов при интерпретации данных.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 14-05-00277а).

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСКУССТВЕННО ИОНИЗИРОВАННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В АТМОСФЕРЕ

Г.А. Колотков

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, kolotkov@iao.ru

В работе рассмотрены теоретические и экспериментальные исследования физико-химических характеристик и параметров искусственно ионизированных областей в атмосфере обусловленное воздействием сверхвысокочастотным излучением. Проведен обзор результатов работы действующих ионосферных станций и выделены не типичные для стандартной атмосферы концентрации нейтральных и возбужденных атомов и радикалов в искусственно ионизированной области.

Проведено сравнение образования атомарного водорода и гидроксила в искусственно ионизированной области с другими методами активной [1] и пассивной [2–4] диагностики. В работе проведена оценка концентраций атомарного водорода и гидроксила в искусственно ионизированной области $\sim 10^4\text{--}10^5\text{ см}^3$, которая сравнима с результатами других авторов.

1. Papadopoulos K. et al. // J. Geophys. Res. D. 1994. V. 99. 10387.
2. Matveyev A.A., Silakov V.P. // Phys. Rev. E. 1996. V. 54. P. 4121–4133.
3. Kolotkov G.A., Penin S.T. // Proceeding of SPIE. 2007. V. 6681. 66810S.
4. Колотков Г.А., Пенин С.Т. // Изв. вузов. Физика. 2010. № 9/3. С. 222–225.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ТЕНДЕНЦИЯ ЗАКИСЛЕНИЯ ВОД ПРИТОКОВ ЮЖНОГО БАЙКАЛА

И.В. Томберг, Л.М. Сорокикова, О.Г. Нецветаева, Н.П. Сезько, Н.А. Жученко

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия, kaktus@lin.irk.ru

Представлены данные химического состава вод притоков Южного Байкала (Утулик, Солзан, Хара-Мурин, Снежная, Переемная) и атмосферных осадков, поступающих на их водосборы. Основными источниками техногенных выбросов в районе являются работавший до 2013 г. Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат, ТЭЦ г. Байкальска и п. Слюдянка.

Анализ эквивалентных концентраций катионов и анионов в снеговых водах показал, что в бассейнах рр. Солзан и Утулик они выше 1, а величина pH изменяется от 5,3 до 7,8. В бассейнах остальных рек отношение ионов 0,6–0,9, т.е. нейтрализации кислотности не происходит, питание рек осуществляется осадками, величина pH которых 4,6–5,5.

Вода исследованных рек низкоминерализованная, что обуславливает низкую буферную способность речных вод к нейтрализации техногенных кислотных компонентов. Величина pH речных вод колеблется от 5,7 до 7,8. Значения ANC (показатель, отражающий баланс анионов и катионов) в речных водах изменяется в зависимости от минерализации воды и условий водности. В воде р. Переемной ANC изменялся от 39 до 295 мкэкв/л, р. Утулик – от 398 до 852 мкэкв/л. Наименьшие показатели характерны для периода снеготаяния. Расчет средних значений ANC в доиндустриальный период (1955–1960 гг.) [1] и современный показал, что эти величины снизились на 10–35%.

1. Вотинцев К.К. Гидрохимия рек бассейна озера Байкал / К.К. Вотинцев, И.В. Глазунов, А.П. Толмачева. М.: Наука, 1965. 495 с.

ОБЩЕЕ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЕ И ОБЩЕЕ СОДЕРЖАНИЕ ОЗОНА ПРИ ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКОЙ АНОМАЛИИ НА ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ ЛЕТОМ 2010 г.: СВЯЗЬ С СЕВЕРОАТЛАНТИЧЕСКИМ КОЛЕБАНИЕМ

С.А. Ситнов, И.И. Мохов, В.А. Безверхний

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия, sitnov@ifaran.ru

При продолжительном атмосферном блокировании над европейской территорией России (ЕТР) летом 2010 г. в пространственных распределениях общего влагосодержания (ОВ) и общего содержания озона (ОСО) были выявлены аномалии, связанные с особенностями крупномасштабной атмосферной динамики. В области блокирующего антициклона, в частности, положительные аномалии ОВ достигали 13 кг/м^2 (65%), а отрицательные аномалии ОСО – 37 Е.Д. (11%) [1, 2].

В данной работе на основе измерений ОСО и ОВ спутниковыми приборами MODIS проанализирована связь ежедневных локальных аномалий ОСО и ОВ над ЕТР летом 2010 г. с североатлантическим колебанием (САК). Полученные результаты свидетельствуют, что над севером ЕТР аномалии ОВ (ОСО) положительно (отрицательно) коррелировали с САК, при этом коэффициенты корреляции локальных аномалий ОВ (ОСО) с САК достигали 0,65 (–0,57), соответственно. Сравнение результатов корреляционного анализа аномалий ОВ и ОСО над севером ЕТР с САК для летних сезонов разных лет свидетельствует, что в период 2000–2014 гг. максимальные коэффициенты корреляции аномалий ОВ и ОСО с САК отмечались именно в 2010 г., т.е. в летний период, когда атмосферная циркуляция на ЕТР на протяжении примерно двух месяцев определялась обширным мало-подвижным антициклоном. С привлечением данных NCEP/NCAR реанализа анализируются возможные физические механизмы связи аномалий ОВ и ОСО с САК, обсуждаются результаты кросс-спектрального и кросс-вейвлетного анализа [3] вариаций ОВ, ОСО и САК.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 15-05-07853_а).

1. Ситнов С.А., Мохов И.И. // ДАН. 2015. Т. 460. № 1.
2. Ситнов С.А., Мохов И.И. // Метеорология и гидрология. 2016. № 1 (в печати).
3. Безверхний В.А. // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2001. № 5.

СОДЕРЖАНИЕ ОКСИДА УГЛЕРОДА В АТМОСФЕРЕ ПРИ ПОЖАРАХ НА ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ ЛЕТОМ 2010 г. И В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ЛЕТОМ 2012 г. (ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВОГО ПРИБОРА MORITT)

С.А. Ситнов, И.И. Мохов, А.В. Джола

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия, sitnov@ifaran.ru

Пожары лесов и торфяников являются важными источниками поступления оксида углерода (СО) в атмосферу. В силу ограниченного числа наземных пунктов наблюдений СО спутниковый мониторинг оксида углерода (угарного газа) является ключевым средством оперативной диагностики опасного уровня содержания СО в атмосфере при массовых пожарах в российских регионах [1]. В настоящей работе с использованием данных спутникового радиометра MORITT проведен анализ содержания СО в атмосферном столбе при пожарах на европейской территории России (ЕТР) летом 2010 г. и в Западной Сибири (ЗС) летом 2012 г. С привлечением данных диагностики действующих пожаров спутниковым спектрометрическим прибором MODIS исследована связь ежедневных региональных содержаний СО с характеристиками очагов горения. Выявлены существенные различия функций распределений СО при пожарах на ЕТР летом 2010 г. и в ЗС летом 2012 г. С использованием данных NCEP/NCAR реанализа показано, что в обоих эпизодах средние пространственные распределения СО были связаны с особенностями крупномасштабной атмосферной динамики, в частности, с атмосферными блокированиями [2]. Представлены результаты валидации данных измерений общего содержания СО прибором MORITT данными измерений СО в атмосферном столбе наземным спектрометром Звенигородской научной станции Института физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 15-05-07853_а).

1. Ситнов С.А. // Оптика атмосферы и океана. 2011. Т. 24, № 7. С. 572–581.
2. Sitnov S.A., Mokhov I.I. // Proc. SPIE. 2015. V. 9680 (in press).

УГЛЕВОДОРОДНЫЙ СОСТАВ АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ АРКТИЧЕСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ РОССИИ

Н.Г. Воронецкая¹, Г.С. Певнева¹, А.К. Головкин¹, А.С. Козлов², Б.Д. Белан³, Д.В. Симоненков³,
М.Ю. Аршинов³, Г.Н. Толмачев³

¹Институт химии нефти СО РАН, г. Томск, Россия, voronetskaya@ipc.tsc.ru

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

³Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

Понимание закономерностей формирования атмосферных аэрозолей, тенденций их изменения важно для построения климатических и метеорологических моделей как регионального, так и глобального масштабов. Основой для выявления таких закономерностей является мониторинг состава аэрозолей.

В 2014 г. с борта самолета-лаборатории Ту-134 «Оптик» проводился отбор проб атмосферных аэрозолей по маршруту Новосибирск–Салехард–Новосибирск. Два полета совершены в районе Салехарда.

Пробы отбирались в тропосферном слое 500–8500 м на тефлоновые аналитические мембраны Grimm 1.113A.

Экстрагированная ацетоном органическая часть аэрозоля проанализирована на хромато-масс-спектрометре Agilent 6890N. Идентификация углеводородов проведена с использованием библиотечных баз данных масс-спектров NIST, а также путем сравнения времен удерживания эталонной смеси.

Изучен состав органической части проб аэрозолей, отобранных с борта самолета-лаборатории. Показано, что в составе аэрозолей присутствуют *n*-алканы, цикланы, фталаты и полициклические ароматические углеводороды. Гомологический ряд *n*-алканов составляют соединения с числом атомов углерода в молекуле от 14 до 23, цикланов – от 17 до 22, 23. Полициклические ароматические углеводороды представлены фенатреном и его метилизомерами.

Исследования проведены в рамках Международной Ассоциированной Лаборатории «МАЛ ЯК-АЭРОСИБ» при поддержке Национального центра научных исследований Франции. Работа также поддержана программами Президиума РАН № 18 и ОНЗ РАН № 5, междисциплинарных интеграционных проектов СО РАН №№ 35, 70 и 131, грантами РФФИ №№ 11-05-93118, 14-05-00526, 14-05-00590, 14-05-93108; госконтрактами Минобрнауки № 14.604.21.0100 (идентификационный номер RFMTFIBBB210290) и № 14.613.21.0013 (идентификационный номер RFMEFI61314X0013).

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ГАЗА В ОДНОРОДНОМ СЛОЕ ВОЗДУХА ПО УХОДЯЩЕМУ ИЗЛУЧЕНИЮ АТМОСФЕРЫ

С.А. Шишигин

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, ssa@iao.ru

В докладе рассматривается модель атмосферы, представленная в виде приземного однородного слоя от поверхности Земли до высоты 400 м и другого однородного слоя от 400 м до 16 км. Параметры слоев определены для стандартной атмосферы при условии, что вклад в уходящее излучение атмосферы в исследуемых спектральных участках линии поглощения метана 1240,980–1241,020 см⁻¹, 1240,901–1240,949 см⁻¹ (соответствующих высокому разрешению спектрометров космического базирования) данными однородными слоями соответствуют вкладам в уходящее излучение Земли всеми неоднородными слоями, их составляющими. Насыщение поглощения в линиях поглощения газа и снижения поглощения излучения в крыльях линий поглощения приводит к разному вкладу на изменения концентрации газа каждого слоя в уходящее излучение. Рассмотрена система из двух уравнений, связывающих изменения содержания метана в каждом из однородных слоев с изменением мощности уходящего излучения для каждого спектрального участка. Решение системы уравнений сводится к решению квадратичного уравнения. Проведено численное сравнение зависимости изменения истинного содержания метана в слоях, приводящего к изменению уходящего излучения и результатов решения системы уравнений. Расчеты показывают, что увеличение содержания метана в слое в два раза приводит к росту ошибки определения содержания этого газа с помощью рассматриваемой методики не превышающей 1,5%.

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ОБЪЕМОВ ПЫЛЬЦЕВЫХ ЗЕРЕН ЗЛАКОВ, ПОСТУПАЮЩИХ В АТМОСФЕРУ, ПРИ ИХ ВЫСЫХАНИИ

В.В. Головкин¹, В.Л. Истомин²

¹*Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского СО РАН, г. Новосибирск, Россия, golovko@kinetics.nsc.ru*

²*Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, г. Новосибирск, Россия*

Определены объемы гидратированных и сухих индивидуальных пыльцевых зерен нескольких видов злаков, произрастающих на территории Новосибирской области. Установлена плотность пыльцевых частиц. Оценены изменения объема и плотности пыльцы при ее высыхании в процессе поступления в атмосферу.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ СЕДИМЕНТАЦИИ ПЫЛЬЦЕВЫХ ЧАСТИЦ АНЕМОФИЛЬНЫХ РАСТЕНИЙ (КАК ОДИНОЧНЫХ ЗЕРЕН, ТАК И ИХ АГЛОМЕРАТОВ), ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

В.В. Головкин¹, В.Л. Истомин²

¹*Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского СО РАН, г. Новосибирск, Россия, golovko@kinetics.nsc.ru*

²*Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, г. Новосибирск, Россия*

Определены скорости седиментации частиц пыльцы (как одиночных пыльцевых зерен, так и их агломератов) нескольких видов анемофильных растений произрастающих на территории Новосибирской области и вносящих существенный вклад в счетную и массовую концентрацию пыльцевой компоненты атмосферного аэрозоля. Установлена доля агломератов из одного или большего числа пыльцевых зерен от общего числа пыльцевых частиц, образующихся при распылении и доля индивидуальных пыльцевых зерен, входящих в состав данных агломератов. Установлены зависимости скоростей седиментации агломератов от числа входящих в их состав индивидуальных пыльцевых зерен.

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ПОТОКОВ CO₂ ПО АКВАТОРИИ ОЗЕРА В КРУГОВАЙКАЛЬСКИХ ЭКСПЕДИЦИЯХ 2015 г.

М.В. Сакирко¹, В.М. Домышева¹, Д.А. Пестунов², А.М. Шамрин², М.В. Панченко²

¹*Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия*

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

Работа является продолжением комплексного исследования процесса газообмена CO₂ в системе «вода–атмосфера», в которой анализируются результаты измерений по акватории оз. Байкал в весенний и летний периоды. В мае–июне концентрация фосфатов в поверхностном слое воды пелагиали изменялась от 17 до 24 мкг/л, нитратов – от 0,25 до 0,30 мг/л, практически на всех гидрологических станциях, наблюдался выход углекислого газа в атмосферу. В это время на прибрежных станциях, в заливах и в Малом море направление потока свидетельствовало о преимущественном стоке CO₂ в воду, что хорошо согласуется, как с данными многолетних наблюдений, так и с параллельными измерениями в июне 2015 г. в литорали южной части озера. В августе 2015 г. концентрация биогенных элементов существенно снизилась и уже не превышала для фосфатов 9 мкг/л, нитратов – 0,06 мг/л, что указывает на значительное развитие фитопланктона в этот период. Соответственно активное поглощение CO₂ водорослями в процессе фотосинтетической деятельности привело к дефициту его концентрации в воде, и по всей акватории озера поток углекислого газа был направлен из атмосферы на водную поверхность. В целом полученные данные вполне дополняют представления о сезонной изменчивости содержания биогенных элементов в воде оз. Байкал, обусловленных жизнедеятельностью планктона, которая определяет направление и интенсивность потоков углекислого газа.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 14-05-00277а).

ПЫЛЬЦЕВЫЕ СПЕКТРЫ АТМОСФЕРНЫХ БИОАЭРОЗОЛЕЙ г. БАРНАУЛА В ПЕРВУЮ ВОЛНУ ПЫЛЕНИЯ

Н.А. Рябчинская¹, Н.С. Малыгина², Г.И. Ненашева¹

¹Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Россия, natasha250993@mail.ru

²Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия

Аэробиологические исследования, основываясь на изучении распределений биоаэрозолей (бактерий, спор, грибов, пыльцы, вирусов, водорослей и др.) [1] взвешенных в атмосфере с использованием комплексного подхода, включая палинологический метод, позволяют вскрывать сложные процессы формирования и переноса аэроспектров. В данной работе представлены результаты палинологического анализа воздушного пространства города Барнаула, полученные при помощи разнотиповых ловушек. В первую волну пыления 2014 г., в параллельно отобранных образцах атмосферного воздуха и атмосферных осадков, были выделены и интерпретированы пыльцевые зерна ивы, березы, тополя, клена, сосны. Пыльцевые спектры проб соответствуют таксономическому составу первой волны пыления г. Барнаула [2]. В ранневесеннем спектре, выделенном из проб атмосферных осадков и проб атмосферного воздуха, были обнаружены пыльцевые зерна сосны, что не является характерным для данного периода времени. Появление пыльцы сосны в спектрах, по нашему мнению обусловлено ее заносом с южных территорий. Данное предположение подтверждается анализом метеорологической ситуации и результатами построения обратных траекторий с помощью модели HYSPLIT.

1. Despres V.R., Huffman J.A., Burrows S.M. et al. Primary biological aerosol particles in the atmosphere: a review // *Tellus B*. 2012. V. 64. P. 15598; Sofiev M., Bergmann K.-Ch. (eds.). *Allergenic Pollen: A Review of the Production, Release, Distribution and Health Impacts* // Springer. 2013. 247 p.
2. Ненашева Г.И. Аэропалинологический мониторинг аллергенных растений г. Барнаула: монография [Текст] / Г.И. Ненашева; Ин-т водн. и экол. проблем СО РАН. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. 132 с.

ЖИЗНЕСПОСОБНЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ В ВЫСОТНЫХ ПРОБАХ АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ ПРИ НАЛИЧИИ В РАЙОНЕ ОТБОРА ЛОКАЛЬНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

В.А. Вечканов, И.С. Андреева, А.С. Сафатов, Г.А. Буряк, Н.А. Соловьянова

Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор», п. Кольцово, Россия,
vechkanov_va@vector.nsc.ru

Конвекция, вызванная горением биомассы, приводит к интенсивному загрязнению атмосферы различными химическими веществами в газовой и аэрозольной фазах. В работе [1] отмечено, что в атмосферном аэрозоле от пожаров обнаруживаются и жизнеспособные микроорганизмы. В 2014 г. авторы наблюдали резкое увеличение концентрации жизнеспособных микроорганизмов в пробах атмосферного воздуха, взятых на высотах 500–7000 м в районе локального лесного пожара [2]. Наличие высоких концентраций микроорганизмов в атмосфере представляет потенциальную опасность для здоровья человека, поскольку не исключен выброс больших количеств патогенных и/или аллергенных микроорганизмов во время горения биомассы, поэтому изучение влияния лесных пожаров на количественный и качественный состав атмосферной микрофлоры является актуальной задачей.

В 2015 г. так же удалось зафиксировать увеличение концентрации микроорганизмов в атмосфере над Караканским бором, связанное с наличием пожаров. Как и в 2014 г., средняя концентрация микроорганизмов составила 10^5 КОЕ/м³. Вклад неспороносных бактерий, которые не наблюдаются в столь значительных количествах при отсутствии возгораний, составил около 90%. Проведено сравнение высотных профилей концентраций биологических компонентов атмосферного аэрозоля и численных распределений микроорганизмов по основным морфогруппам.

Работа выполнена при частичной поддержке междисциплинарного интеграционного проекта СО РАН № 35.

1. Mims S.A. et al. *Atmos. Environ.* 2004. V. 38. P. 651–655.
2. Вечканов В.А. и др. / Тез. докладов XXI рабочей группы «Аэрозоли Сибири». Томск, 2014. С. 20.

ГЕНЕРАЦИЯ, ТРАНСФОРМАЦИЯ И СТОК АЭРОЗОЛЯ

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПЕРЕНОСА САЛЬТИРУЮЩИХ ПЕСЧИНОК НА ОПУСТЫНЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ В НИЖНЕМ МИЛЛИМЕТРОВОМ СЛОЕ САЛЬТАЦИИ

Г.И. Горчаков, А.В. Карпов, В.М. Копейкин, Д.В. Бунтов

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия, karpov@ifaran.ru

Впервые с использованием метода скоростной видеосъемки ветропесчаного потока на опустыненной территории [1] обнаружены квазигоризонтальные траектории сальтирующих песчинок в нижнем миллиметровом слое ветропесчаного потока. Показано, что на перенос песчинок вблизи подстилающей поверхности могут заметно влиять не только сила тяжести и сила аэродинамического сопротивления, но и подъемная сила, сила Сэфмана и электрическая сила. Построена модель профиля ветра для условий квазистационарной сальтации. Получены оценки параметров ветропесчаного потока, при которых достигается режим «невесомости» сальтирующих песчинок. В частности, выяснены условия, при выполнении которых действующая на сальтирующую песчинку сила тяжести скомпенсирована совместным действием подъемной силы и силы Сэфмана.

Работа поддержана РФФИ (проект № 14-05-00523).

1. Горчаков Г.И., Карпов А.В., Копейкин В.М., Злобин И.А., Бунтов Д.В., Соколов А.В. Исследование динамики сальтирующих песчинок на опустыненных территориях // Доклады АН. 2013. Т. 452, № 6. С. 669–676.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ БАРЬЕРНЫХ СВОЙСТВ СНЕЖНОГО ПОКРОВА НА ПЕРЕНОС НЕКОТОРЫХ КОМПОНЕНТ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ

М.С. Черепнев¹, А.Г. Кондратьева¹, Н.В. Мишина¹, П.М. Нагорский², В.С. Яковлева¹

¹*Физико-технический институт Томского политехнического университета, г. Томск, Россия, maxcherepnev@mail.ru*

²*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия*

Данные о состоянии уровней некоторых компонент естественной радиоактивности могут выступать в качестве достаточно надежных индикаторов, как естественных опасных явлений природы, так и явлений, связанных с антропогенным фактором.

В настоящей работе экспериментально исследованы фоновое состояние и динамика ионизирующей радиации по трем компонентам: альфа, бета и гамма на различных высотах и в разном временном масштабе, с учетом динамики снежного покрова. Проведено численное исследование задерживающих свойств снежного покрова.

Обнаружена зависимость между высотой снежного покрова и характеристиками бета-, гамма-компонент атмосферных полей излучений. Получено, что увеличение снежного покрова с 0,5 до 1 м приводит к образованию «провала» в уровнях атмосферного бета- и гамма-фона, в отличие от альфа-фона. Кроме того, проанализировано влияние не только высоты снежного покрова, но и плотности снега на вертикальный профиль характеристик полей ионизирующих излучений. Результаты анализа детально обсуждаются в работе.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЧАСТИЦ МОДЕЛЬНОГО ПОРОШКА СОРБЕНТА НА ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОМ НАНЕСЕНИИ

М.Ю. Степкина, О.Б. Кудряшова

Институт проблем химико-энергетических технологий СО РАН, г. Бийск, Алтайский край, tabric@mail.ru

При возникновении техногенных аварий на промышленных площадках, экологических катастроф, военных действий, в поры поверхностей могут проникать токсичные продукты, вирусы, бактерии, оставаясь там надолго.

го. При проведении работ по очистке поверхностей с помощью сорбентов проблемой остается удержание частиц сорбента на поверхности (наклонной, вертикальной) в течение времени, необходимого для прохождения процесса сорбции. Предлагаемый подход – использование способа электростатического напыления порошка сорбента на поверхность.

В работе проведены экспериментальные исследования по оценке проникновения мелкодисперсного порошка в поверхности различных материалов и конфигурации с применением электростатического распыления. Подтверждена эффективность предложенного электростатического способа нанесения адсорбирующего порошка на различные поверхности. Разработана физико-математическая модель электростатического взаимодействия частиц порошка, с помощью которой происходит оценка времени убыли относительной массы сорбированных частиц, а также определены критерии, при которых будет возникать электростатическое взаимодействие между частицами различных веществ.

ДЫМЫ РАЗНОЙ ПЛОТНОСТИ ПРИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ СМЕШИВАНИИ ИХ В БОЛЬШОЙ АЭРОЗОЛЬНОЙ КАМЕРЕ (БАК)

Р.Ф. Рахимов, В.С. Козлов, В.П. Шмаргунов

Институт оптики атмосферы им. Зюева СО РАН, г. Томск, temuran@gmail.com

Микроструктурные изменения дымов термической генерации (спектра размеров и показателя преломления) были изучены по результатам измерений поляризационных компонент коэффициента направленного рассеяния нефелометром на четырех длинах волн $\lambda_i = 455, 525, 585, 630$ нм, 5-ти углах рассеяния $\lambda_j = 15, 45, 110, 135, 165^\circ$ и двух состояний поляризации. Высокая точность решения обратной задачи аэрозольного светорассеяния была обеспечена стабильностью измерения оптических характеристик за счет применения мощных 4х-цветных светодиодов LZ4-20MA10, контроля их интенсивности и вычитанием темновых сигналов, а также накоплением полезного сигнала фотоприемником типа Hamamatsu H7468 в течение 3–7 минут. Погрешность регистрации 40 элементов вектора измерений не превышала 3%. Информационная емкость данных, регистрируемых в аэрозольном оптическом эксперименте позволила отследить не только изменение дисперсного состава, но и определить пределы возможных вариаций комплексного показателя преломления (КПП) частиц на отдельных интервалах шкалы размеров. На отдельных этапах дымовых экспериментов в выявились достаточно существенные колебания реальной части КПП ($m_1 \sim$ от 1,1 до 2,0) для тонкодисперсной фракции ($r < 150$ нм). В ходе дымовых экспериментов в БАК изучено влияние вариаций массы древесных образцов, используемых при пироллизе, на значения микроструктурных параметров дымовых смесей.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 15-05-01983-а).

ЭМПИРИЧЕСКАЯ ФУНКЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОГО ЗАРЯДА САЛЬТИРУЮЩИХ ПЕСЧИНОК НА ОПУСТЫНЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ

Г.И. Горчаков¹, В.М. Копейкин¹, А.В. Карпов¹, А.А. Титов², Д.В. Бунтов¹, Г.А. Курбатов¹,
Г.А. Кузнецов¹, А.О. Серегин², А.В. Соколов¹

¹*Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия, gengor@ifaran.ru*

²*Московский государственный университет приборостроения и информатики, г. Москва, Россия*

Впервые получена эмпирическая функция распределения удельного заряда сальтирующих песчинок на опустыненной территории по данным синхронных измерений в конвективных условиях с помощью оригинального аппаратного комплекса флуктуаций концентрации сальтирующих песчинок и электрического тока сальтации, а также турбулентных пульсаций скорости ветра. Удельный заряд сальтирующих песчинок [1] варьировал в пределах от 10 до 150 мкКл/кг при среднем значении 48,5 мкКл/кг. Выявлена обусловленная нелинейностью процессов в ветропесчаном потоке трансформация статистических характеристик в ряду скорость ветра – концентрация сальтирующих песчинок – электрический ток сальтации, включая изменения эмпирических функций распределения вышеупомянутых параметров и спектров плотности мощности их флуктуаций.

АНОМАЛЬНЫЕ СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВАРИАЦИЙ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ АЭРОЗОЛЯ ПРИ СОВМЕСТНОМ ВЛИЯНИИ БЛИЖНИХ И ДАЛЬНИХ ИСТОЧНИКОВ ЗАДЫМЛЕНИЯ

**Г.И. Горчаков¹, В.М. Копейкин¹, С.А. Ситнов¹, Е.Г. Семутникова², М.А. Свириденков¹, А.В. Карпов¹,
Е.А. Лезина², А.С. Емиленко¹, А.А. Исаков¹, Г.А. Кузнецов¹, Т.Я. Пономарева³**

¹*Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия, gengor@ifaran.ru*

²*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия*

³*Государственное учреждение Гидрометцентр России, г. Москва, Россия*

Проанализированы вариации массовых концентраций субмикронного и сажевого аэрозоля по данным измерений в задымленной атмосфере московского региона в октябре 2014 г., когда существенный вклад в задымление вносили как дальний перенос, так и локальные источники в Подмоскovie [1]. Наблюдаемые в период задымления эмпирические функции распределения массовой концентрации аэрозоля PM10 радикально отличались от характерных для атмосферного аэрозоля логнормальных распределений. Рассчитаны спектры плотности мощности флуктуаций PM10 в период задымления на нескольких постах экологического мониторинга в московском регионе. Показано, что в зависимости от соотношения между вкладами в задымление дальнего переноса и местных источников в спектре флуктуаций PM10 преобладает либо суточная, либо полусуточная гармоника.

ВЛИЯНИЕ ОСАДКОВ НА УРОВЕНЬ РАДИАЦИОННОГО ФОНА ПРИЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЫ

М.С. Черепнев¹, А.Г. Кондратьева¹, Н.В. Мишина¹, П.М. Нагорский², В.С. Яковлева¹

¹*Физико-технический институт Томского политехнического университета, г. Томск, Россия, maxcherepnev@mail.ru*

²*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия*

По многолетним наблюдениям за метеорологическими, актинометрическими, атмосферно-электрическими и величинами полей ионизирующих излучений приземного слоя атмосферы, грунта было выявлено влияние количества и состава осадков на уровень радиационного фона приземной атмосферы. В работе детально обсуждаются результаты анализа экспериментального материала и сопоставления с теоретическими расчетами.

РАЗЛОЖЕНИЕ В РЯД ЛАГЕРРА ФУНКЦИЙ ПЛОТНОСТИ ВЕРОЯТНОСТИ АБСОЛЮТНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА И МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ВЛАГИ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ

К.Ю. Суковатов

Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия, ksukovатов@mail.ru

Для анализа временной изменчивости абсолютной влажности и оценки статистических характеристик процесса переноса влаги в приземном слое атмосферы проводились измерения влажностных характеристик атмосферы в приземном слое воздуха с использованием акустического метеоконцентра АМК-03 в условиях города. Измерялись средние за десятиминутный интервал значения анализируемых параметров. Для оценки функции плотности вероятности использовались различные виды разложения в ряд по ортогональным полиномам. Анализировались функции плотности вероятности величин абсолютной влажности воздуха и массовой концентрации влаги в приземной атмосфере города. Разложение функций плотности вероятности анализируемых параметров в ряд Эджворта по полиномам Чебышева-Эрмита позволяет получить сходящийся ряд, однако ряд сходится медленно и для аппроксимации с удовлетворительной точностью требуется расчет моментов до шестого порядка включительно. В этом случае более подходящей является разложение функции плотности вероятности при помощи ряда Лагерра. Разложение в ряд Лагерра в некотором смысле позволяет «измерить» степень отклонения функции плотности вероятности анализируемого параметра от гамма-распределения. Полученный ряд имеет меньшее количество слагаемых и сходится быстрее. Недостаток этого разложения заключается в том, что коэффициенты разложения в ряд Лагерра не имеют той интерпретации, которую они имеют в случае использо-

вания ряда Эджворта (коэффициенты асимметрии и эксцесса). К тому же формулы для коэффициентов этого ряда имеют более громоздкий вид.

Работа выполнена в рамках проекта ФНИ РАН VIII.76.1.2.

ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ И СТАТИСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИНТЕГРАЛЬНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ

К.Ю. Суковатов

Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия, ksukovатов@mail.ru

В работе представлены результаты предварительного анализа временной изменчивости интегральной концентрации атмосферного аэрозоля для территории Алтайского края. Используются спутниковые данные с прибора MODIS аппарата Aqua средние для координатной области 51–53,5° с.ш., 79,5–83° в.д. на территории Алтайского края за период с марта 2000 г. по июль 2015 г. Анализ проводился с использованием метода спектрального сингулярного анализа (SSA-Гусеница). Функция плотности вероятности (ФПВ) концентрации аэрозоля качественно напоминает логарифмически нормальную или гамма-распределение. Для расчета ФПВ и асимптотической оценки ее дисперсии использовался непараметрический метод сглаживающего ядра. При малых значениях концентрации разброс значений ФПВ составляет 1–2,1%, по мере увеличения концентрации разброс уменьшается до 1–1,2%, затем снова увеличивается, наибольшие значения получаются в «хвосте» ФПВ и достигают 12–20%.

Анализ временной изменчивости методом SSA показал, что временной ряд интегральной концентрации атмосферного аэрозоля представляет собой многокомпонентную величину. Выделить одну доминирующую компоненту по доли объясняемой дисперсии от общей изменчивости не удастся. В разложении на десять компонент первая компонента объясняет чуть меньше 20% от общей изменчивости концентрации, пятая компонента является плавно изменяющейся, напоминает тренд и позволяет объяснить около 11% от общей изменчивости. Установлено наличие трех периодических компонент, суммарно объясняющих до 30% от общей изменчивости, остальные компоненты представляют собой случайные процессы. По первой компоненте разложения восстановлен непараметрический тренд, который лучше описывает среднюю динамику временного ряда концентрации, чем любой нелинейный параметрический тренд.

Работа выполнена в рамках проекта ФНИ РАН VIII.76.1.2.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАЗОВАНИЯ АЭРОЗОЛЯ ИБУПРОФЕНА

В.В. Рудь^{1,2}, С.А. Трубачев^{1,3}

¹*Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского СО РАН, г. Новосибирск, Россия, rudviktoriy@yandex.ru*

²*Новосибирский государственный педагогический университет, г. Новосибирск, Россия*

³*Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Россия*

Исследования последних лет [1] показывают, что доставка в организм нестероидных противовоспалительных средств (НПВС) в форме наноаэрозоля, позволяет снизить эффективную дозу препарата в 10^4 раз по сравнению с оральным введением. Это делает такой способ доставки лекарственных препаратов высоко перспективным. Однако в таком случае необходимо имеет возможность контролируемой генерации наночастиц с заданной концентрацией и размером. Поэтому целью настоящей работы было исследовать процесс образования аэрозольных частиц НПВС ибупрофена из пересыщенного пара в ламинарном проточном реакторе.

В результате проведенных исследований с помощью диффузионного спектрометра аэрозолей (ДСА) и оптического аэрозольного спектрометра (ОСА) были определены зависимости концентрации и размера аэрозольных частиц от температуры нагревателя проточного реактора. Методом отсечки пересыщения и методом лазерного зондирования была определена область интенсивной нуклеации внутри проточного реактора, установлено, что эта область имеет достаточно малый объем, около 2 см³. Хромель-алюмелевой термопарой измерены профили температуры внутри реактора. Проведено определение распределения пара внутри реактора вдоль аксиальной температуры. Определена скорость гомогенной нуклеации пара ибупрофена.

1. Onischuk A.A. et al. // Journal of Aerosol Medicine and Pulmonary Drug Delivery. 2009 V. 22. P. 245–253.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТИЦ САЖИ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ СЖИГАНИИ ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ГОРЕЛОЧНОМ УСТРОЙСТВЕ С ПОДАЧЕЙ ВОДЯНОГО ПАРА

А.М. Бакланов¹, О.В. Боровкова^{1,3}, И.С. Ануфриев², М.С. Вигриянов², Е.П. Копьев²,
В.В. Лещевич⁴, О.В. Шарыпов^{2,3}

¹Институт химической кинетики и горения СО РАН, г. Новосибирск, Россия, anatoli@kinetics.nsc.ru

²Институт теплофизики СО РАН, г. Новосибирск, Россия

³Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Россия

⁴Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова, НАН, г. Минск, Беларусь

Работа посвящена экспериментальному исследованию частиц сажи, образующихся в процессе сжигания жидких углеводородов в горелочном устройстве с подачей водяного пара. Предварительные исследования этого процесса показали, что горение жидких углеводородов резко интенсифицируется при подаче в зону горения струи перегретого водяного пара ($\sim 400^\circ\text{C}$). Была измерена концентрация частиц сажи и их дисперсный состав во внешнем факеле горелки (высота факела 140 мм), а также в равновесных продуктах сгорания на выходе из газохода проточного калориметра. Измерения проведены с помощью диффузионного спектрометра аэрозолей. Отбор проб осуществлялся через зонд-эжектор (керамическая трубка, внутренний диаметр 0,8 мм). Показано, что концентрация частиц сажи в факеле быстро убывает при удалении от среза горелки (от максимального значения 10^8 см^{-3}). С помощью вакуумного пробоотборника выполнен отбор проб для ПЭМ, изучена морфология частиц. Обнаружено, что крупные частицы представляют собой агрегаты, состоящие из более мелких первичных частиц, которые имеют так называемую луковичную структуру, то есть состоят из ядра и внешних оболочек. Проведено сравнение частиц, образующихся в режиме сжигания дизельного топлива с паровой газификацией и без нее.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫСОТНОГО ХОДА КОНЦЕНТРАЦИЙ ФУРФУРАЛЯ И АРОМАТИЧЕСКИХ БИОГЕННЫХ АЛЬДЕГИДОВ КАК ИСТОЧНИКОВ АТМОСФЕРНОГО ОРГАНИЧЕСКОГО АЭРОЗОЛЯ

С.Н. Дубцов¹, Г.Г. Дульцева^{1,2}, М.Е. Плохотниченко^{1,3}

¹Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского СО РАН, г. Новосибирск, Россия, dubtsov@kinetics.nsc.ru

²Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Россия

³Новосибирский государственный педагогический университет, г. Новосибирск, Россия

Данные о высотном распределении концентраций фурфурала и замещенных ароматических альдегидов биогенного происхождения были получены при хроматографическом анализе проб воздуха, отобранных с борта самолета. Обнаружено, что на высотах до 5 км ароматические альдегиды, выделяемые растительностью, встречаются вместе с продуктами их атмосферного фотоокисления. В частности, с ростом высоты до 3 км увеличивается содержание соответствующих ароматических карбоновых кислот, а на высотах свыше 3 км присутствуют ациклические карбоновые кислоты, которые могут быть продуктами раскрытия ароматического кольца исходных альдегидов. Фурфураль, поступающий в атмосферу как продукт микробного разрушения древесных остатков и неполного сгорания древесины при лесных пожарах, при фотоокислении не образует структурно близких карбоновых кислот, но активно вступает в реакции полимеризации и поликонденсации, при этом в пробах детектируются ди-, три- и тетрамеры, сохраняющие фурановый остов. Высотное распределение концентраций фурфурала и его олигомеров показывает, что, в отличие от ароматических альдегидов, дающих помимо аэрозольных разнообразные газофазные продукты, основным путем его атмосферного фотоокисления является фотонуклеация. На основании лабораторного исследования кинетики и механизма фотолиза и фотонуклеации фурфурала предложен механизм конверсии газ-частица в атмосферных условиях.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 14-05-00643) и междисциплинарного интеграционного проекта СО РАН.

МОДЕЛИРОВАНИЕ АТМОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ

ВАРИАЦИОННЫЕ ПРИНЦИПЫ ДЛЯ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ ДИНАМИКИ АЭРОЗОЛЕЙ В АТМОСФЕРЕ

В.В. Пененко

*Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, г. Новосибирск, Россия,
penenko@sscc.ru*

В докладе представлены новые результаты разрабатываемого в ИВМиМГ СО РАН вариационного подхода для решения задач физики атмосферы и охраны окружающей среды. В частности, рассматриваются прямые, сопряженные и обратные задачи на основе систем уравнений типа конвекции-диффузии – реакции для различных функций состояния, включенных в модель гидротермодинамики и газо-аэрозольной химии атмосферы. Для их решения строятся вариационные принципы со слабыми ограничениями, объединяющие описания всех элементов системы моделирования и фактическую информацию от различных систем мониторинга наземного и аэрокосмического базирования. Целевые функционалы формируются с учетом неопределенностей в моделях процессов и в данных измерений. При таком подходе обеспечивается согласование всех элементов комплекса моделей в целом и вычислительной технологии для работы с разномасштабными процессами с оценкой неопределенностей и функций чувствительности к вариациям входных данных и источников воздействий. Одну из основных ролей в вариационной методологии играет концепция сопряженных интегрирующих множителей. Ее применение дает высокоточные устойчивые и монотонные численные схемы. Эти их свойства особенно важны для решения жестких систем уравнений химических реакций и динамики аэрозольных популяций, а также уравнений конвекции-диффузии с преобладающей конвекцией.

Новый элемент в этой системе – методы построения и реализации моделей динамики многокомпонентных аэрозолей в атмосфере с усвоением в них данных наблюдений в оперативном режиме безытерационными алгоритмами.

Работа частично поддержана Программой фундаментальных исследований № 43 Президиума РАН и РФФИ (грант № 14-01-00125-а).

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕЗОМАСШТАБНЫХ СТРАТИФИЦИРОВАННЫХ ТЕЧЕНИЙ В АТМОСФЕРЕ: СРАВНЕНИЕ С ИЗМЕРЕНИЯМИ В АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ ТРУБЕ

М.С. Юдин

*Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, г. Новосибирск, Россия,
yudin@ommfao.sccc.ru*

В работе двумерная конечно-элементная и трехмерная конечно-разностная модели в аппроксимации Буссинеска используются для изучения деформации холодных атмосферных фронтов мезомасштабными препятствиями различной формы и крутизны. В качестве начальных данных берутся поля для идеализированного атмосферного фронта. Конечно-разностная модель применяется для сравнительно гладкой топографии, в то время как конечные элементы используются для крутых склонов. Обе модели основаны на уравнениях Навье-Стокса для сжимаемого потока. Для фильтрации шумов используется специальная процедура в виде модифицированного фильтра Асселина.

Расчеты проводились для различных типов стратификации и формы препятствия. В данной работе обсуждаются результаты расчетов над препятствием трапецевидной формы при нейтральной стратификации. Приводится качественное сравнение с данными измерений в аэродинамической трубе.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 14-01-00125-а) и Президиума РАН (программа 43).

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ЗОН ВОЗМОЖНОГО ОБЛЕДЕНЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ В АЭРОПОРТУ ТОЛМАЧЕВО

Д.П. Нахтигалова¹, В.В. Зуев^{1,2,3}, А.П. Шелехов¹, Е.А. Шелехова¹, Н.А. Баранов⁴

¹Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия, amila@sibmail.com

²Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

³Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

⁴Вычислительный центр им. А.А. Дородницына РАН, г. Москва, Россия

В работе приведен анализ результатов дистанционного мониторинга зон возможного обледенения воздушных судов, основанного на данных метеорологического температурного профилера и аэродромной метеорологической информационной – измерительной системы АМИС-РФ, полученных в январе 2015 г. в аэропорту Толмачево, г. Новосибирск. Для расчета возможных зон обледенения воздушных судов использовались метод Годске и RAP-алгоритм. Представлено сравнение результатов дистанционного мониторинга с информацией об обледенении, поступающей с бортов самолетов и с данными радиозондирования. Детально рассмотрены случаи обледенения воздушного судна в облаках, в осадках и в отсутствии этих явлений.

МЕТОДОЛОГИЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ ПОГОДЫ НА БАЗЕ ВЫХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

М.Я. Здерева, В.М. Токарев

Сибирский региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт, г. Новосибирск, Россия, zdereva@sibnigmi.ru

На базе архивных фактических данных наблюдений о грозах на территории Урало-Сибирского региона и прогностических сеточных данных модели COSMO-RU_Sib разработаны алгоритмы и универсальная методика построения прогностических решающих правил для сравнительно редких явлений погоды с различной детальностью и заблаговременностью. Ключевые особенности методики:

- алгоритмическая кластеризация предиктантов для настройки частот (вероятностей) редких явлений: 27 пространственно-временных комбинаций гроз,

- адаптация алгоритмов построения логических решающих правил с помощью специальных критериев разделения ветвей и автоматической оптимизации прогностических деревьев.

Строились деревья решений в виде цепочки вложенных простых логических условий вида: «если ..., то ... иначе ... ». Для выбора порогов-признаков разделения ветвей логического дерева решений использовался критерий Пирси-Обухова. Для отнесения ветвей дерева к одному из двух прогностических классов и сравнения вариантов деревьев сконструирован критерий PRV(1) баланса предупрежденности «pr» и прогностической вероятности «vr» со смещением к предупрежденности для опасных явлений:

$$PRV = 0,5*(pr + vr) - 0,2*(pr - vr), pr > vr$$

$$PRV = 0,5*(pr + vr) - 0,4*(vr - pr), pr < vr,$$

где: $pr = n11/n01$, $vr = n11/n10$, $n11$, $n01$, $n10$ – компоненты с явлениями (1-й образ) матрицы сопряженности.

Разработанная методология применена для расчетов 27 вариантов прогностических правил различной детальности для 178 метеостанций Урало-Сибирского региона. Предложенный критерий баланса PRV позволил программно сравнить и проанализировать влияние кластеризации и частоты (вероятности) на качество прогностических правил.

ВЛИЯНИЕ МЕТАНА НА ГИДРОДИНАМИКУ БАЙКАЛА: МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Е.А. Цветова

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, г. Новосибирск, Россия, e.tsvetova@ommgp.sccc.ru

На основании сценарных расчетов обсуждается вопрос о возможности запуска процессов обновления глубинных вод озера вследствие диссоциации метангидратов.

Для моделирования использован комплекс моделей гидротермодинамики, переноса и трансформации метана в водной толще [1–2]. Метан в системе представлен тремя фазами: твердые частицы (гидрат), газ (пузыри) и растворенный в воде.

Для моделирования гидротермодинамики воды в озере используется математическая модель в негидростатическом приближении. Она представлена системой уравнений в частных производных для трех компонентов вектора скорости, уравнения для температуры, уравнения состояния и уравнения неразрывности.

Поведение фаз метана описывается системой уравнений типа конвекции–диффузии–реакции. Предполагается, что растворенный метан движется со скоростью несущей среды, а газовая и твердая фазы получают дополнительные скорости подъема за счет сил плавучести. Термические эффекты, учитывающие скрытую теплоту перехода фаз, включены в уравнение для температуры. Система уравнений дополняется соответствующим набором краевых и начальных условий.

Работа выполняется при поддержке Программ фундаментальных исследований Президиума РАН № 43 и 23, и РФФИ (грант № 14-01-00125-а).

1. Цветова Е.А. Моделирование локальных явлений, связанных с присутствием метана в водной толще озера Байкал // В сб. материалов 39 конференции «Математическое моделирование в проблемах рационального природопользования», 2011, Ростов-на-Дону, ЮФУ. С. 230–234.
2. Гранин Н.Г., Козлов В.В., Цветова Е.А., Гнатовский Р.Ю. Полевые исследования и некоторые результаты численного моделирования кольцевой структуры на льду озера Байкал // ДАН. 2015. Т. 461, № 3. С. 343–347.

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ПРИМЕСЕЙ В НОРИЛЬСКОЙ ДОЛИНЕ

А.А. Леженин¹, В.Ф. Рапута¹, Т.В. Ярославцева²

¹Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, г. Новосибирск, Россия, lezhenin@ommafao.sccc.ru

²НИИ гигиены Роспотребнадзора, г. Новосибирск, Россия

Орографические особенности Норильской долины способствуют формированию атмосферных циркуляций с большим разбросом траекторий и быстроменяющимися направлениями переноса примесей от горно-металлургического комбината. Для описания динамики воздушного потока и перераспределения загрязнителей применяется численная мезомасштабная модель атмосферного пограничного слоя (АПС). Представленные результаты расчетов показывают, что модель АПС вполне адекватно воспроизводит основные черты локальной атмосферной циркуляции над исследуемой территорией.

С использованием свойств подобия процессов распространения примеси и статистических характеристик ветрового и турбулентного режима в нижней атмосфере построены модели оценивания локального и регионального загрязнения местности. Проведена их апробация на данных экспедиционных исследований загрязнения снежного покрова тяжелыми металлами в окрестностях Норильского медеплавильного завода. Теоретическое исследование и анализ на его основе данных натурных наблюдений показывает возможность реконструкции полей длительного загрязнения местности в рамках достаточно простых регрессионных зависимостей.

Для оценки загрязнения снежного покрова использованы спутниковые снимки. Получены изображения окрестностей Норильска, на которых все цветовые градации были переведены в тона серого цвета. Дешифровка позволила выделить ореол загрязнения снежного покрова от асфальтобетонного завода, расположенного на юго-востоке Норильского промышленного района. Анализ показал наличие логарифмической связи между интенсивностью изменения тонов серого цвета и выпадениями взвешенных веществ на расстояниях более 4 км от источника.

ВАРИАЦИОННЫЙ АЛГОРИТМ УСВОЕНИЯ ДАННЫХ АТМОСФЕРНОЙ ХИМИИ

А.В. Пененко^{1,2}

¹Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, г. Новосибирск, Россия

²Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Россия, aleks@yandex.ru

В работе представлен алгоритм вариационного усвоения данных измерений концентраций многокомпонентных примесей в атмосфере. Усвоение проводится с помощью модели транспорта и трансформации примесей. Для этой цели строится вариационный принцип в формулировке со слабыми ограничениями для учета не-

определенностей моделей процессов и данных измерений. Алгоритм реализуется с использованием схем декомпозиции и расщепления. Это позволяет избежать итераций решения прямой и сопряженной задач переноса и трансформации примесей, т.е. алгоритм является «алгоритмом реального времени» [1]. Эффективность и качество работы алгоритма были проверены на реальных данных.

Работа выполнена при частичной поддержке грантов РФФИ №№ 14-01-31482-мол, 14-01-00125 и программы Президиума РАН № 43.

1. Пененко А.В., Пененко В.В. Прямой метод вариационного усвоения данных для моделей конвекции-диффузии на основе схемы расщепления // Вычислительные технологии. 2014. Т. 19, № 4. С. 69–83.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КЛАСТЕРИЗАЦИИ И ВЕРОЯТНОСТИ РЕДКИХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ НА КАЧЕСТВО ПРОГНОСТИЧЕСКИХ ЛОГИЧЕСКИХ ДЕРЕВЬЕВ С ПОМОЩЬЮ КРИТЕРИЯ БАЛАНСА PRV

В.М. Токарев, М.Я. Здерова

«Сибирский региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт», г. Новосибирск, Россия, vmt13@yandex.ru

Описанная в [1] методология построения логических деревьев алгоритмически позволяет выполнять эффективный анализ влияния различных прогностических признаков, моделей кластеризации и связанной с ними вероятности явлений погоды на качество их прогнозирования.

Пространственно-временная кластеризация позволяет увеличить частоту (вероятность) редких явлений погоды в выборке для повышения устойчивости их распознавания. Моделировалось 27 вариантов формирования архива предиктанта с диапазоном вероятности гроз от 0,03 (грозы на станции в срок и между сроками) до 0,33 (грозы в радиусе 150 км, 2 срока), а по отдельным станциям диапазон еще шире – от 0.00 до 0.60.

С помощью критерия баланса PRV[1] результаты обучения (деревья решений по станциям, срокам и вариантам кластеризации) были систематизированы по влиянию масштабирования на качество распознавания. Осреднение по всему массиву дает четкую связь критерия PRV с вероятностью гроз, но по станциям проявляются местные особенности, иногда существенные.

Деревья решений дают детальную информацию о вкладе признаков. Чаще всего алгоритм выбирал индекс Вайтинга, дефицит точки росы у земли и на АТ-500, псевдопотенциальную температуру в слое АТ-850-АТ-500 и температуру смоченного термометра на АТ-850.

1. Здерова М.Я., Токарев В.М. Методология прогнозирования опасных явлений погоды на базе выходных параметров гидродинамических моделей //Аэрозоли Сибири. XXII Рабочая группа: Тезисы докладов. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2015.

АЛГОРИТМ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРОЯВЛЕНИЙ АТМОСФЕРНЫХ ГРАВИТАЦИОННЫХ ВОЛН НАД ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ ПО СПУТНИКОВЫМ СНИМКАМ MODIS

В.Г. Астафуров^{1,2}, А.В. Скороходов¹

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

²*Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, г. Томск, Россия, vazime@yandex.ru*

Гравитационные волны являются одним из наименее изученных явлений, возникающих в атмосфере Земли. Атмосферные гравитационные волны (АГВ) регистрируются в средней тропосфере по данным дистанционного зондирования Земли из космоса. На спутниковых снимках проявления АГВ чаще всего наблюдаются над водной поверхностью в виде периодических квазипараллельных полос, образуемых облаками различных типов. Результаты исследований АГВ могут оказаться востребованными при изучении различных приповерхностных явлений, связанных с теплообменом и распространением акустических сигналов в атмосфере, биологической продуктивностью экосистем и других.

В настоящее время актуальной является задача автоматической идентификации АГВ по различным данным дистанционного зондирования. Для оперативной локализации проявлений гравитационных волн на спутниковых снимках целесообразно использовать современные методы интеллектуального анализа данных.

В докладе представлен разработанный алгоритм автоматического обнаружения проявлений АГВ по спутниковым данным MODIS с пространственным разрешением 1000 м путем использования метода Виолы-Джонса [1]. Излагается методика обучения классификатора на основе характерных изображений проявлений АГВ, полученных по снимкам MODIS различных регионов планеты. Обсуждаются результаты классификации облачности в проявлениях АГВ, оценки достоверности идентификации этих проявлений и возможные причины их возникновения.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 14-07-31018 мол_а).

1. Viola P., Jones M.J. Robust real-time face detection // International Journal of Computer Vision. 2004. V. 57. No. 2. P. 137–154.

ФИЗИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ КОНДЕНСАЦИИ МОЛЕКУЛЫ ВОДЫ НА ИОНАХ

Г.С. Павлов, Г.Ф. Крымский

*Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН, г. Якутск, Россия,
ganya1981@mail.ru*

В настоящей работе нами представлено моделирование, выполненное на микроскопическом уровне, когда изучалось электрическое взаимодействие между молекулами воды с ионами [1]. Модель показала зарядовую асимметрию взаимодействия, в которой молекула воды представлена в виде диполя со смещенным центром вращения. А также существование порога пресыщения разной величины для положительно и отрицательно заряженных капель. Величины порогов приблизительно соответствуют известным экспериментальным данным [2].

1. Павлов Г.С., Крымский Г.Ф., Петухов С.И. Модель роста водяных капель // Известия РАН. Серия физическая. 2015. Т. 79. № 5. С. 754–755.
2. Крымский Г.Ф., Колосов В.В., Тырышкин И.С. Конденсация пара в присутствии ионизирующих воздействий // Оптика атмосферы и океана. 2010. Т. 23, № 9. С. 826–829.
3. Пономарев Ю.Н., Климкин А.В., Козлов А.С., Колосов В.В., Крымский Г.Ф., Куряк А.Н., Малышкин С.Б., Петров А.К. Исследования конденсации пересыщенного водяного пара при ионизации атмосферы и сопутствующего характеристического ИК-излучения // Солнечно земная физика. 2012. Вып. 21. С. 58–61.

ТУРБУЛЕНТНОСТЬ НАД НАГРЕТЫМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ. ЧИСЛЕННЫЕ РЕШЕНИЯ

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

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, nosov@iao.ru

Проведено исследование формирования турбулентности над неоднородно нагретыми подстилающими поверхностями путем численного решения краевых задач для уравнений гидродинамики (уравнений Навье-Стокса). Показано, что над однородно нагретой поверхностью обычно наблюдаются уединенные крупные вихри (когерентные структуры, топологические солитоны), распад которых порождает когерентную турбулентность. Неоднородно нагретая поверхность приводит к появлению колмогоровской (некогерентной) турбулентности. Численные расчеты подтверждаются экспериментальными данными, полученными ранее в подкупольных помещениях астрономических телескопов. Полученные результаты необходимы для определения структуры турбулентности (и связанного с ней процесса переноса аэрозолей) над реальными неоднородно нагретыми подстилающими поверхностями в земной атмосфере.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 15-05-05404).

ВЛИЯНИЕ РАСЧЕТОВ ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ И ДАННЫХ ПО ЭМИССИЯМ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ НА ТОЧНОСТЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ В ЦЕНТРАЛЬНОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ХИМИКО-ТРАНСПОРТНЫХ МОДЕЛЕЙ

И.Ю. Шалыгина¹, М.И. Нахаев¹, И.Н. Кузнецова¹, А.А. Кирсанов¹, Е.В. Березин², И.Б. Коновалов²,
Е.А. Лезина³

¹Государственное учреждение Гидрометцентр России, г. Москва, Россия, shalygina@metcom.ru

²Институт прикладной физики РАН, г. Нижний Новгород, Россия

³Мосэкомониторинг, г. Москва, Россия

В Гидрометцентре России реализованы технологии прогнозирования концентраций загрязняющих веществ для областей ЦФО на основе численных расчетов, выполняемых вычислительными комплексами CHIMERE\COSMO-RU7 и COSMO-RU7-ART. Результаты сопоставления полей загрязнения атмосферы, рассчитанных двумя химико-транспортными моделями (CHIMERE и COSMO-RU7-ART) при использовании одних и тех же полей метеорологических характеристик (из модели COSMO-RU7), позволили локализовать одну из основных причин значительных расхождений прогнозов уровня загрязнения по данным двух указанных комплексов, а именно неточности в имеющихся данных по эмиссиям загрязняющих примесей. На частных примерах исследованы изменения в расчетах переноса примесей, вносимые различными параметризациями пограничного слоя атмосферы, а также проиллюстрирована возможность уточнения эмпирических параметров моделей на основе сопоставления данных расчетов и измерений.

ВАРИАЦИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ТИХОГО ОКЕАНА

В.И. Кузин, А.С. Лобанов

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, г. Новосибирск, Россия,
kuzin@sscc.ru

В настоящей работе представлены исследования по анализу температуры поверхности Тихого океана на основе данных реанализа NCEP/NCAR. В работе используются два метода. Первый является классическим EOF анализом, позволяющим выделять явления Эль-Ниньо и Ля-Нинья в тропиках. При этом осуществлена возможность реконструкции аномалии ТПО в периоды этих явлений с достаточно высокой точностью при использовании нескольких первых естественных ортогональных функций. В отличие от этого, в периоды между этими событиями требуются гораздо больше гармоник для реконструкции. Изменчивость ТПО в средних и высоких широтах на основе этого подхода не может быть выделена с достаточной точностью, вследствие того, что она существенно слабее по сравнению с сильным сигналом в тропиках. Чтобы выделить эти сигналы, используется метод кластерного анализа. Полученные результаты показывают, что, кроме сигнала в тропиках, существуют хорошо выраженные квазидесятилетний сигналы между восточными и западными частями Тихого океана, а также в области продолжения Куросио и в субполярном круговороте.

Работа проводилась при поддержке проекта РФФИ № 14-05-00730.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГРАДИЕНТНОЙ ДИФфуЗИИ В НИЖНЕЙ АТМОСФЕРЕ (ПОГРАНИЧНЫЙ СЛОЙ, ТРОПОСФЕРА, НИЖНЯЯ СТРАТОСФЕРА)

Л.И. Курбацкая¹, А.Ф. Курбацкий²

¹Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, г. Новосибирск, Россия

²Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН, г. Новосибирск, Россия

Представлена апробированная на данных прямых измерений в нижней атмосфере математическая модель для турбулентных потоков импульса, тепла и скалярных величин. Выражения для вертикальных вихревых коэффициентов диффузии (импульса и тепла) включают воздействие стратификации атмосферы (неустойчивой и устойчивой) с той же степенью полноты, как и в исходных замкнутых дифференциальных уравнениях переноса для вторых моментов термодинамических полей (турбулентных потоков). Модель модифицирована для учета вклада внутренних гравитационных волн, активность которых существенна в поддержании турбу-

лентного импульса в условиях устойчивой стратификации, как в планетарном пограничном слое, так и расположенных выше тропосфере и стратосфере. Вертикальное распределение турбулентного числа Прандтля в устойчивом пограничном слое следует тренду его изменения, полученному LES и DNS. Оценки вертикальных вихревых коэффициентов диффузии импульса и тепла в верхней тропосфере и нижней стратосфере, удовлетворительно согласующиеся с данными прямых измерений доплеровским радаром, подтверждают работоспособность модели от земной поверхности до нижней границы стратосферы.

ИССЛЕДОВАНИЕ РОЛИ ПОЛУЛЕТУЧИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В ЭВОЛЮЦИИ ПИРОГЕННОГО УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩЕГО АЭРОЗОЛЯ ПО ДАННЫМ МОДЕЛИРОВАНИЯ И АТМОСФЕРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

И.Б. Коновалов¹, Е.В. Березин¹, М. Beekmann²

¹Институт прикладной физики РАН, г. Нижний Новгород, Россия, konov@appl.sci-nnov.ru

²Laboratoire Inter-Universitaire de Systèmes Atmosphériques, CNRS, Créteil, France

Углеродсодержащий аэрозоль (УСА), образующийся в процессе природных пожаров, важен с точки зрения изучения климата и загрязнения атмосферы. Результаты недавних лабораторных исследований убедительно свидетельствуют о том, что ключевую роль в эволюции УСА играют процессы с участием полулетучих органических соединений (ПЛОС) [1]. Однако, в целом эти процессы остаются слабо изученными и в большинстве современных модельных исследований пирогенного аэрозоля не учитываются.

Целью данного исследования является оценка значимости процессов с участием ПЛОС в эволюции УСА, образующегося в процессе природных пожаров в европейской части России и в Сибири. В основе исследования лежит сопоставление модельных расчетов, выполненных при использовании различных подходов к описанию эволюции УСА, с данными измерений концентрации аэрозоля и аэрозольной оптической толщи. Показано, что адекватный учет в химико-транспортной модели процессов с участием ПЛОС позволяет значительно улучшить согласие расчетов с данными как наземных [2], так и спутниковых измерений, а также в значительной степени объяснить выявленные ранее несоответствия в рассчитанных содержаниях аэрозоля и СО [3]. Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты №№ 14-05-00481 и 15-45-02516).

1. Jathar S.H. et al. // PNAS. 2014. 111. P. 10473–10478.
2. Kononov I.B. et al. // Atmos. Chem. Phys. Discuss. 2015. V. 15. P. 9107–9172.
3. Kononov I.B. et al. // Atmos. Chem. Phys. 2014. V. 14. P. 10383–10410.

ЭФФЕКТ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ МЕЖДУ ПРОЦЕССАМИ ОБРАЗОВАНИЯ ВТОРИЧНОГО ОРГАНИЧЕСКОГО АЭРОЗОЛЯ И АЭРОЗОЛЬНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ТОЛЩЕЙ: МЕХАНИЗМ И РОЛЬ В ЭВОЛЮЦИИ АЭРОЗОЛЯ В ДЫМОВЫХ ШЛЕЙФАХ ОТ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ

Е.В. Березин, И.Б. Коновалов

Институт прикладной физики РАН, г. Нижний Новгород, Россия, e.berezin@applsci-nnov.ru

Органические вещества являются, как правило, основной компонентой аэрозоля, образующегося в результате природных пожаров и играющего существенную роль, как в климатических процессах, так и в явлениях сильного загрязнения атмосферы вследствие пожаров. В последние годы лабораторные исследования продемонстрировали важное значение процессов с участием полулетучих органических соединений (ПЛОС), в значительной мере определяющих образование вторичного органического аэрозоля (ВОА) [1]. Однако, возможные эффекты, определяемые процессами с участием ПЛОС в реальных атмосферных условиях, остаются слабо изученными.

В данном исследовании, продолжающем недавнюю работу [2], рассмотрен один из таких эффектов. Путем численного моделирования ситуации, имевшей место в европейской части России летом 2010 г., показано, что интенсивность образования ВОА в дымовых шлейфах при реальных условиях может существенно зависеть от величины аэрозольной оптической толщи, которая, в свою очередь, зависит от скорости генерации ВОА в результате газофазного окисления ПЛОС. Полученные результаты свидетельствуют о важности учета указанного

эффекта в модельных и экспериментальных исследованиях эволюции пирогенного аэрозоля, а также в климатических и метеорологических исследованиях, результаты которых могут зависеть от предположений относительно содержания и свойств УСА. Работа выполнена при поддержке РНФ (соглашение № 15-17-10024).

1. Robinson A.L. et al. // Science. 2007. V. 315. P. 1259–1262.
2. Kononov I.B. et al. // Atmos. Chem. Phys. Discuss. 2015. V. 15. P. 9107–9172.

СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ ТЕПЛО- И ВЛАГООБМЕНА В ПОЧВЕ ДЛЯ МЕЗОМАСШТАБНОЙ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

М.В. Терентьева, А.В. Старченко

Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия,
mariya-terenteva@mail.ru

Для достоверного моделирования состояния атмосферы важную роль играют процессы, протекающие на подстилающей поверхности и в деятельном слое суши. Деятельный слой почвы играет ключевую роль как резервуар влаги, контролирующей, в частности, испарение.

В работе рассмотрены два подхода к моделированию тепло- и влагообмена в подстилающей поверхности. Первый подход основан на решении одномерного уравнения теплопроводности почвы от поверхности Земли, на которой известно значение теплового потока, до некоторой фиксированной глубины, температура которой полагается известной и не меняющейся во времени в течение периода моделирования. Предполагается, что влажность воздуха вблизи поверхности Земли не может быть больше влажности насыщения вблизи поверхности и меньше влажности воздуха на высоте первого расчетного узла. Во втором подходе используется схема параметризации ISBA (Interaction Soil Biosphere Atmosphere), разработанная Noilhan и Planton [1]. Схема включает в себя обработку теплосодержания почвы, содержание влаги в почве, воду перехваченную растительностью и аэродинамические процессы переноса в приземном слое атмосферы.

Проведен анализ расчетов моделирования по трехмерной мезомасштабной модели TSU-NM3 [2] с использованием подходов, описанных выше.

Работа выполнена по Государственному Заданию Министерства образования и науки РФ № 5.628.2014/К.

1. Noilhan J. The ISBA land surface parameterisation scheme / J.-F. Mahfouf // Global and Planetary Change. 1996. 13. P. 145–159.
2. Starchenko A.V., Bart A.A., Bogoslovskiy N.N., Danilkin E.A., Terenteva M.A. Mathematical modelling of atmospheric processes above an industrial centre // Proceedings of SPIE. 2014. V. 9292, 929249-1.

ОБ ОЦЕНКЕ РОЛИ СК-КОРРЕЛЯЦИИ В МЕТОДАХ РАЗЛОЖЕНИЯ ФУНКЦИЙ ПРОПУСКАНИЯ В РЯДЫ ЭКСПОНЕНТ

Ю.В. Богданова¹, О.Б. Родимова²

¹Томский государственный педагогический университет, г. Томск, Россия
²Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия rod@iao.ru

Существует два варианта записи выражения функции пропускания через преобразование Лапласа – через функцию распределения коэффициентов поглощения $g(s)$ [1, 2] и через плотность функции распределения коэффициентов поглощения $f(s)$ [3]. Когда рассматриваемые выражения используются для получения рядов экспонент, свойства коэффициентов в рядах экспонент оказываются совершенно различными в этих двух вариантах. Одним из примечательных свойств первого варианта является отсутствие в нем проблемы *ск*-корреляции [4]. Иными словами, в нем отсутствует необходимость приводить в соответствие друг с другом разложения, получаемые при разных температурах и давлениях. Это позволяет получать оценки роли *ск*-корреляции одновременно с расчетом функций пропускания для неоднородных сред [5].

Оценка точности приближения *ск*-корреляции может быть получена отдельно для каждого члена ряда экспонент. Однако отдельные члены ряда экспонент вносят различные по величине вклады в функцию пропускания. Наибольший вклад получается от члена с наименьшим значением $g(s)$. Именно это значение $g(s)$ определяется менее точно.

В работе использована методика увеличения точности определения $g(s)$, близких к нулю. Предложен способ оценки приближения *ск*-корреляции с учетом веса различных членов ряда экспонент.

Работа выполнена при поддержке Программы РАН П.10.3 № 01201354620.

1. Творогов С.Д. // Оптика атмосферы и океана. 1994. Т. 7, № 3. 315–326.
2. Tvorogov S.D., Nesmelova L.I., Rodimova O.B. // JQSRT. 2000. V. 66. P. 243–262.
3. Goody R., West R., Chen L., Crisp D. // JQSRT 1989. V. 42. No. 6. P. 539–550.
4. Tvorogov S.D., Zhuravleva T.B., Rodimova O.B., Firsov K.M. // In: A.P. Cracknell, V.F. Krapivin, and C.A. Varotsos (eds). Problems of Global Climatology and Ecodynamics: Anthropogenic Effects on the State of Planet Earth // Springer/Praxis. Chichester, UK. 2008. Chapter 9. P. 211–240.
5. Богданова Ю.В., Родимова О.Б. // Тезисы докладов XXI Рабочей группы «Аэрозоли Сибири». Томск. 2014. С. 46.

КОЭФФИЦИЕНТ ПОГЛОЩЕНИЯ В КРЫЛЬЯХ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ПОЛОСЫ СО

О.Б. Родимова

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, rod@iao.ru

Отклонения экспериментального коэффициента поглощения СО в фундаментальной полосе от рассчитанного с лорентцевским контуром были измерены в работах ЛГУ для различных температур и уширяющих газов [1]. Коэффициент поглощения при самоуширении и при уширении азотом был рассчитан на основе асимптотической теории крыльев линий при $T = 292$ К и 78 К в [2]. Обнаруженное в измерениях поведение коэффициента поглощения в зависимости от температуры и уширяющего газа адекватно описывается теорией крыльев линий, причем с понижением температуры растет участок в крыле полосы, обусловленный поглощением далеких крыльев линий.

Имеющиеся в [1] экспериментальные данные по поглощению СО в смеси с благородными газами представляют интерес в настоящее время в связи с исследованиями соответствующих потенциальных поверхностей и вторых вириальных коэффициентов [3].

В настоящей работе расчет поглощения СО при самоуширении повторен с использованием современных баз спектральных данных. Расчет поглощения СО в смеси с гелием произведен с потенциалом, управляющим движением центров масс взаимодействующих молекул, описывающим температурное поведение второго вириального коэффициента.

Работа выполнена при поддержке Программы РАН П.10.3 № 01201354620.

1. Bulanin M.O., Dokuchaev A.B., Tonkov M.V., Filipov N.N. // JQSRT. 1984. V. 31. No. 6. P. 521–543.
2. Несмелова Л.И., Родимова О.Б., Творогов С.Д. // Оптика Атмосферы. 1988. Т. 1, № 4. С. 36–44.
3. Heijmen T.G.A., Moszynski R., Wormer P.E.S. Ad van der Avoird // J. Chem. Phys. 1997. V. 107. Is. 23. P. 9921–9928.

ПОГЛОЩЕНИЕ СО₂ В ОБЛАСТЯХ 9500 И 11500 см⁻¹

Т.М. Петрова, О.Б. Родимова, А.А. Солодов, А.М. Солодов

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, rod@iao.ru

В рамках исследования поведения поглощения углекислым газом в крыльях полос [1,2] измерено поглощение СО₂ в крыльях полос около 1,05 и 0,87 мкм. Измерения спектра поглощения молекулы СО₂ были выполнены с помощью Фурье-спектрометра Bruker IFS 125HR со спектральным разрешением 0,03 см⁻¹ при давлении 764 мбар и при оптической длине 727 м. В предположении, что поглощение на заданной частоте определяется суммой вкладов отдельных линий, найдены параметры контура линий полос в рассматриваемом диапазоне на основе представлений теории крыльев линий [3].

Ранее были определены параметры контуров линий ряда полос СО₂ [2]. Их сравнение показывает, что контуры в крыле различны для разных полос, однако по мере перехода к полосам в более коротковолновой области различия в контурах линий становятся меньше. Измерения и расчеты, произведенные в данной работе, позволяют уточнить количественные характеристики контуров линий на больших смещенных частотах в области разных полос СО₂ в широком спектральном диапазоне. Это может быть использовано в расчетах пропускания излучения в окнах прозрачности атмосфер, содержащих СО₂, как правило, чувствительных к величине континуального поглощения.

Работа выполнена при поддержке Программы РАН П.10.3 № 01201354620.

1. Климешина Т.Е., Петрова Т.М., Родимова О.Б. и др. // Оптика атмосферы и океана. 2013. Т. 26. № 11. С. 925–931.
2. Климешина Т.Е., Петрова Т.М., Родимова О.Б. и др. // Оптика атмосферы и океана. 2015. Т. 28. № 4. С. 291–297.
3. Несмелова Л.И., Родимова О.Б., Творогов С.Д. / Контур спектральной линии и межмолекулярное взаимодействие. Новосибирск: Наука. 1986. 216 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦЕНТРОВ ЛИНИЙ В КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ ПОЛОСЕ 0–4 МОЛЕКУЛЫ NO НА ОСНОВЕ ГЛОБАЛЬНЫХ ОБРАБОТОК СПЕКТРА

Ю.Г. Борков, О.Н. Сулакшина

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

Оксид азота или окись азота является одной из немногих двухатомных молекул, которые привлекают к себе внимание ученых из различных областей знаний, таких как физика, химия, биология, и сегодня медицина. Роль этой двухатомной молекулы и реакций, в которых она участвует в самых различных областях человеческой практики – от промышленных процессов и работы двигателя внутреннего сгорания до тонких механизмов биорегуляции чрезвычайно велика.

Молекула NO, находясь в основном электронном состоянии $^2\Pi$, имеет один непарный электрон и обладает свойствами радикала, тем самым выделяется среди других двухатомных молекул своей химической активностью и парамагнитными свойствами.

В настоящее время накоплен достаточно обширный экспериментальный материал по спектрам молекулы NO в различных диапазонах. Имеющиеся данные позволяют проводить глобальные обработки спектральных линий с целью получения новой информации, для недоступных на сегодняшний день диапазонов и температурных интервалов. В данной работе проведен прямой расчет центров колебательно-вращательных линий в полосе 0–4 и проведено сравнение с имеющимися экспериментальными данными. Расчет выполнен на основе проведенных глобальных обработок частот вращательных переходов до $J = 28,5$ в колебательных последовательностях с $\Delta V = 1, 2, 3$ до $V = 5$. Выполненные расчеты позволяют оценить интерполяционные свойства и надежность метода.

ЧИСЛЕННАЯ СТОХАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УСЛОВНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ПОЛЕЙ СУММ ЖИДКИХ ОСАДКОВ

В.А. Огородников, О.В. Сересева

*Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, г. Новосибирск, Россия,
sereseva@mail.ru; ova@osmf.sccc.ru*

Рассматривается численная стохастическая модель условных пространственно-временных полей суточных сумм жидких осадков при фиксированных значениях на станциях на различных временных интервалах, построенная на основе параметрической численной стохастической модели пространственно-временных полей суточных сумм жидких осадков на равномерной сетке [1, 2]. Исследуются вопросы адаптации модели к различным пространственно-временным областям по соответствующим данным наблюдений, в частности, в условиях их ограниченного объема. Рассматриваются некоторые вопросы использования этих моделей для решения прикладных задач гидрометеорологии. Одной из задач, для которых применение этого метода оказывается естественным, является задача, связанная со стохастической интерполяцией полей суточных сумм осадков с нерегулярной сети метеорологических станций в узлы регулярной сетки. Рассматриваются также алгоритмы стохастической интерполяции полей индикаторов выпадения осадков.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 15-01-01458-а, гранта президента Российской Федерации НШ-5111.2014.1.

1. Ogorodnikov V.A., Kargapolova N.A., Sereseva O.V. Numerical stochastic model of spatial fields of daily sums of liquid precipitations // Russ. J. Num. Anal. Math. Modelling. 2013. V. 28. No. 2. P. 187–200.
2. Огородников В.А., Сересева О.В. Мультипликативная численная стохастическая модель полей суточных сумм жидких осадков и ее использование для оценки статистических характеристик экстремальных режимов их выпадения // Оптика атмосферы и океана. 2015. Т. 28, № 3. С. 238–245.

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА ПРИМЕСИ В РАЙОНЕ БЫСТРИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В ЮГО-ВОСТОЧНОМ ЗАБАЙКАЛЬЕ

Э.А. Пьянова¹, Л.М. Фалейчик²

¹Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, г. Новосибирск, Россия, pianova@ngs.ru

²Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия

По объему разведанных запасов полезных ископаемых Забайкальский край входит в число лидирующих горнорудных регионов страны. На юго-востоке региона основными объектами освоения являются крупные медно-золотополибденовые месторождения, негативной стороной освоения которых будет рост экологической нагрузки на окружающую среду. Для оценки влияния объектов горнопромышленного комплекса на природную среду необходимо проведение комплексных исследований, как полевых, так и численных расчетов, основанных на математическом моделировании.

Данная работа посвящена изучению особенностей формирования локальных циркуляций атмосферы в юго-восточном Забайкалье и изменения ее качества при реализации проекта Быстринского ГОКа. На основе сценарного численного моделирования проведены исследования процессов распространения пассивной примеси от постоянно действующего источника выбросов, расположенного на территории проектируемого ГОКа. На начальном этапе исследований качества атмосферы в районе Быстринского ГОКа были проведены численные эксперименты по двум метеорологическим сценариям: а) устойчивая стратификация фоновой атмосферы и б) инверсионное распределение температуры в нижних слоях фоновой атмосферы в зимний период.

Работа выполняется при поддержке Программы фундаментальных исследований № 43 Президиума РАН, проекта РФФИ № 14-01-00125-а. Технология и инструментарий подготовки и обработки входных и расчетных данных разработаны в рамках исследований по проекту IX.88.1.6 Фундаментальных исследований Сибирского отделения РАН.

ПОВЕДЕНИЕ РАДОНА, ТОРОНА И ДОЧЕРНИХ ПРОДУКТОВ ИХ РАСПАДА В ПРИЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЕ

А.А. Кондратьева¹, В.С. Яковлева¹, М.С. Черепнев¹, П.М. Нагорский²

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия, kond_alla@tpu.ru

²Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия

Непрерывный мониторинг объемной активности радона, торона и продуктов их распада в Томске осуществляли радиометром, основанном на полупроводниковой α -спектрометрии. Для определения. Получено, что в конце лета наблюдается рост среднесуточного значения объемной активности радона, а также увеличивается амплитуда вариаций. Минимальные значения характерны для вечернего времени суток, а максимальные наблюдаются в предрассветные часы. Среднесуточное значение объемной активности радона во второй половине сентября почти в 3 раза превышает среднесуточное значение, характерное для весеннего сезона года. Анализ динамики коэффициента радиоактивного равновесия между радоном и ДПР показал, что его мгновенные (средние за 2 ч) значения могут изменяться в довольно широких пределах от 0 до 1. В марте–апреле 2011 г. средний коэффициент равновесия составил 0,25, а в мае снизился до 0,12. В конце лета до середины сентября F_{Rn} колебался в пределах от 0,01 до 0,6 со средним значением 0,17, а в конце сентября среднее значение возросло до 0,27 с максимумом более 1. Среднее за весь период наблюдений значение составило 0,2, что существенно отличается от среднегодовых значений внутри жилых помещений 0,4–0,5. Значимые корреляции выявлены между разными характеристиками радонового поля на синоптическом масштабе. При рассмотрении внутрисуточного масштаба, синхронность в динамике характеристик радонового поля проявляется лишь в отдельные временные интервалы.

Работа выполнена при поддержке ФЦП грант № 14.575.21.0105.

КОЭФФИЦИЕНТЫ УШИРЕНИЯ И СДВИГА ЛИНИЙ ПОГЛОЩЕНИЯ МОЛЕКУЛЫ ВОДЫ ДАВЛЕНИЕМ ГЕЛИЯ В ОБЛАСТИ 10200–10800 см^{-1}

В.М. Дейчули^{1,3}, Т.М. Петрова¹, А.М. Солодов¹, А.А. Солодов¹, В.И. Стариков²

¹Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, dvt91@yandex.ru

²Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, г. Томск, Россия

³Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

Данная работа посвящена исследованию коэффициентов уширения и сдвига линий поглощения молекулы воды давлением гелия в области 10200–10800 см^{-1} .

Измерения спектров поглощения молекулы воды, уширенных давлением гелия, были выполнены в Институте оптики атмосферы СО РАН с помощью Фурье-спектрометра Bruker IFS 125HR. Спектры поглощения воды регистрировались при комнатной температуре и давлении 10,05 мбар со спектральным разрешением 0,012 см^{-1} и оптической длине 10 м. Давление буферного газа (гелия) варьировалось от 0 до 2,4 атм. Для аппроксимации линий поглощения использовался Фойгтовский контур. Определены коэффициенты уширения и сдвига около 100 линий поглощения, принадлежащих полосам $3\nu_3$, $\nu_1 + 2\nu_3 + \nu_3$, $2\nu_1 + \nu_3$, ν_1 . Проведено сравнение с литературными данными.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНДЕНСАЦИИ ВОДЯНОГО ПАРА

Г.С. Павлов, Г.Ф. Крымский, С.И. Петухов

Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН, г. Якутск, Россия, ganya1981@mail.ru

Изложены результаты моделирования процесса испарения воды и конденсации водяного пара, как в случае плоской поверхности, так и для заряженных капель малого размера. Использована простая модель электрического взаимодействия молекул воды [1]. Найдена зарядовая асимметрия этого процесса [2, 3]. Асимметрия заключается в том, что при отрицательных зарядах иона достаточно меньшее пересыщения водяного пара, чем при положительных.

1. Павлов Г.С., Крымский Г.Ф., Петухов С.И. Модель роста водяных капель // Известия РАН. Серия физическая. 2015. Т. 79, № 5. С. 754–755.
2. Крымский Г.Ф., Колосов В.В., Тырышкин И.С. Конденсация пара в присутствии ионизирующих воздействий // Оптика атмосферы и океана. 2010. Т. 23, № 9. С. 826–829.
3. Пономарев Ю.Н., Климкин А.В., Козлов А.С., Колосов В.В., Крымский Г.Ф., Курак А.Н., Малышкин С.Б., Петров А.К. Исследования конденсации пересыщенного водяного пара при ионизации атмосферы и сопутствующего характеристического ИК-излучения // Солнечно земная физика. 2012. Вып. 21. С. 58–61.

ОДНОВРЕМЕННЫЙ АНАЛИЗ СПЕКТРОВ GOSAT В ТЕПЛОМ И БЛИЖНЕМ ИК-ДИАПАЗОНАХ

И.В. Задворных, К.Г. Грибанов

Уральский федеральный университет им. Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, i.zadvornyykh@wsibiso.ru

При изучении изменений климата, а также процессов с этим связанных, необходимы данные о распределении основных парниковых газов (CO_2 , CH_4) в атмосфере Земли и локализации их основных источников и стоков. Для этих целей используются спектры, измеренные спутниковыми сенсорами в тепловом и ближнем ИК-диапазонах. С 2009 г. японский спутник GOSAT, оборудованный фурье-спектрометром TANSO-FTS, производит одновременные измерения уходящих спектров в тепловом и ближнем ИК-диапазонах. В 2017 г. планируется запуск спутника GOSAT-2, который также будет проводить измерения в двух диапазонах.

В данной работе ПО FIRE-ARMS[1], предназначенное для работы в тепловом диапазоне, было дополнено процедурой VLIDORT[2], для моделирования ближнего ИК-диапазона. Сравниваются модельные спектры и измеренные TANSO-FTS над Западной Сибирью. При помощи нового ПО, работающего одновременно в обоих диапазонах, вычислены якобианы для восстановления вертикальных профилей CO_2 . Для модельных спектров была использована база данных HITRAN-2012.

Работа выполнена при финансовой поддержке постановления № 211 Правительства Российской Федерации (контракт № 02.А03.21.0006) и РФФИ (грант № 15-01-05984А).

1. *Gribanov K.G., Zakharov V.I., Tashkun S.A., Tyuterev V.I.* A New Software Tool for Radiative Transfer Calculations and its application to IMG / ADEOS data // JQSRT. 2001. V. 68. No. 4. P. 435–451.
2. *Spurr R.J.* VLIDORT: a linearized pseudo-spherical vector discrete ordinate radiative transfer code for forward model and retrieval studies in multilayer multiple scattering media // JQSRT. 2006. V. 102. No. 2. P. 316–342.

ФОКУСИРОВКА И АДАПТИВНАЯ КОРРЕКЦИЯ ИСКАЖЕНИЙ МНОГОКАНАЛЬНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В СЛУЧАЙНО-НЕОДНОРОДНОЙ СРЕДЕ

В.П. Лукин¹, О.Л. Антипов², Ф.Ю. Канев¹, Н.А. Макенова¹

¹Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, tpa@iao.ru

²Институт прикладной физики РАН, г. Нижний Новгород, Россия

В докладе рассмотрена возможность фокусировки многоканального излучения в условиях свободной дифракции и при наличии турбулентных вариаций показателя преломления на трассе распространения. Проведено сравнение полученных результатов с данными, представленными в работах М.В. Воронцова [1]. Показано, что сложная структура, которой является многоканальный пучок, не может быть сфокусирована упругим зеркалом с непрерывной отражающей поверхностью с таким же качеством, как излучение гауссовского типа.

В тоже время, использование адаптивного зеркала позволяет добиться эффективной компенсации турбулентных искажений излучения. Так для систем с числом каналов от 8 до 81 на мишени наблюдается двукратное увеличение концентрации излучения, а при увеличении числа каналов (до 201) характеристики поля, полученные в результате коррекции, не зависят от интенсивности вариаций показателя преломления, т.е. наблюдается практически полная коррекция возмущений, вносимых атмосферной турбулентностью.

1. *Vorontsov M.A. and Lachinova S.L.* Laser beam projection with adaptive array of fiber collimators. I. Basic consideration for analysis // JOSA A. 2008. No. 8. V. 25. P. 1949–1956.

БАЗА ДАННЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ТЕКСТУРНЫХ ПРИЗНАКОВ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ОБЛАЧНОСТИ

К.В. Курьянович¹, О.П. Мусиенко²

¹Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, ksuyain@mail.ru

²Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, г. Томск, Россия

Многообразие облачной структуры является объектом различных исследований, опирающихся на изображения различных типов облачности. Исходными данными являются снимки MODIS с пространственным разрешением 250 м для 27 разновидностей облаков. Анализ рассматриваемых изображений выполняется на основе текстурных признаков, полученных с помощью трех методов статистического подхода к текстурному анализу: метода матриц смежности уровней яркости (Gray-Level Co-occurrence Matrix), метода вектора разности уровней яркости (Gray-Level Difference Vector) и метода гистограмм суммы и разности яркостей (Sum And Difference Histogram).

Текстурные признаки рассчитываются по фрагментам изображений облачности размером 21×21 пиксель. Полный набор признаков содержит много излишней для модели информации, поэтому формируются наборы информативных текстурных признаков. Такие наборы различны для всех типов облачности и применяются для построения статистической модели, которая содержит построенные по значениям признаков гистограммы, описывающие их функции распределения и их параметры.

Хранение содержащейся информации осуществляется с помощью разработанной базы данных, которая включает в себя изображения различных типов облачности, наборы информативных текстурных признаков, для которых сформированы гистограммы и найдены аппроксимации в виде функций распределений и оценки их параметров. Предложенная база данных также содержит информацию о снимках облачности (тип облачности, дата, время, метеостанция, угол спутника, угол солнца) и позволяет автоматизировать построение и отображение статистической модели текстурных признаков для различных типов облачности.

РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА ДИНАМИЧЕСКОЙ СКОРОСТИ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ

В.А. Гладких, А.А. Мамышева, С.Л. Одинцов

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

В докладе представлены результаты экспериментальных оценок динамической скорости (скорости трения) в приземном слое атмосферы. Измерения проводились с помощью ультразвуковых метеостанций над различными типами подстилающей поверхности на высотах от 2 до 10 м. Рассмотрена зависимость динамической скорости от высоты измерений, типа температурной стратификации, скорости набегающего потока. Проведена классификация высотных профилей динамической скорости по результатам измерений в летнее время над ровной подстилающей поверхностью одновременно на трех уровнях.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КИНЕТИКО-ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ПОДХОДА ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРОПУЩЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ АЭРОЗОЛЬНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ТОЛЩИ

К.Ю. Суковатов

Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия, ksukovатов@mail.ru

Спутниковые данные Aqua/MODIS об аэрозольной оптической толщине облаков содержат пробелы, которые чаще всего встречаются в данных измеренных в холодное время года. В связи с этим проводить анализ аэрозольного содержания атмосферы в холодный сезон года на основе спутниковых данных затруднительно.

Для решения этой проблемы автором работы предложено использовать кинетико-гидродинамический подход [1], применяемый для прогнозирования нестационарных временных рядов. В рамках этого подхода, возможно, провести восстановление одиночных или групповых пропусков в спутниковых данных об аэрозольной оптической толщине (550 нм). В работе используются данные Aqua/MODIS за временной интервал с марта 2000 по сентябрь 2015 для координатной области 56–58° с.ш., 76–82° в.д. на территории Большого Васюганского болота. В рамках кинетико-гидродинамического подхода осуществляется вывод кинетических уравнений эволюции функций распределения нестационарного временного ряда. Замыкание системы уравнений гидродинамики на определенном моменте распределения приводит к модели временного ряда. В данном приближении получается уравнение типа Фоккера-Планка относительно выборочной функции плотности вероятности.

В работе представлены результаты предварительного тестирования программы для восстановления пропущенных значений временных рядов на основе численного решения уравнения Фоккера-Планка. Сравнение результатов восстановления пропущенных значений указанным методом, со стандартным методом прогноза/восстановления, основанным на модели авторегрессии-скользящего среднего, показало, что ошибка восстановления (RMSE) в рамках кинетико-гидродинамического подхода получается ниже.

Работа выполнена в рамках Междисциплинарного интеграционного проекта СО РАН (проект 69).

1. Орлов Ю.Н., Босов А.Д. // Труды МФТИ. 2012. Т. 4, № 4. С. 134–140.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИИ ПЛОТНОСТИ ВЕРОЯТНОСТИ АБСОЛЮТНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА НА ОСНОВЕ АНАЛИТИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ ФОККЕРА-ПЛАНКА-КОЛМОГОРОВА

К.Ю. Суковатов

Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия, ksukovатов@mail.ru

В работе используются данные автоматизированного акустического метеокомплекса АМК-03 об абсолютной влажности атмосферного воздуха в приземном слое на высоте 25 м для городских условий (г. Барнаул).

Задача заключалась в определении функции плотности вероятности абсолютной влажности в приземном слое атмосферы с использованием аналитического решения уравнения Фоккера-Планка-Колмогорова. По экспериментальным данным об абсолютной влажности приземного воздуха были определены значения коэффициентов сноса и диффузии в уравнении Фоккера-Планка-Колмогорова. Коэффициент сноса определялся как математическое ожидание абсолютной влажности в атмосфере, а коэффициент диффузии интегрированием вре-

менной корреляционной функции по времени корреляции. Формула для функции плотности вероятности содержит три параметра, для определения которых требуется расчет первых двух статистических моментов абсолютной влажности в атмосфере. Первые два параметра аналитического выражения для функции плотности вероятности определяются через коэффициенты уравнения Фоккера-Планка-Колмогорова. Третий параметр, позволяющий учесть влияние перемежаемости абсолютной влажности в выражении для функции плотности вероятности, рассчитывается через функцию ошибок аргументом которой является отношение коэффициентов сноса и диффузии.

Работа выполнена в рамках проекта ФНИ РАН VIII.76.1.2.

ФИЛЬТРАЦИЯ ТУРБУЛЕНТНЫХ ИСКАЖЕНИЙ В ВИДЕОРАДЕ ОПТИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДЫ

В.В. Дудоров, А.С. Еремина

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, an.s.eremina@gmail.com

Исследуется возможность определения поперечной составляющей скорости ветра на дистанции между объектом и наблюдателем на основе анализа искажений изображения наблюдаемого объекта, вызванных турбулентными неоднородностями. В работе так же исследуется эффективность фильтрации и определения скорости смещения турбулентных искажений в изображении при ветровом сносе атмосферных неоднородностей.

На основе численного моделирования выполнен анализ влияния турбулентных неоднородностей, расположенных на различном расстоянии от наблюдателя, на искажение изображения атмосферного объекта. Предложен способ определения скорости сдвига атмосферных неоднородностей по видеоряду искаженных изображений заданного объекта.

Предложен метод фильтрации турбулентных искажений изображения по их характерным размерам с целью определения скорости ветра на различных участках трассы наблюдения. Апробация метода для случая двух слоев турбулентных неоднородностей, смещающихся в различном (взаимно перпендикулярном) направлении, показала высокую точность восстановления скорости их смещения.

ПАРАМЕТРЫ УШИРЕНИЯ ЛИНИЙ ПОГЛОЩЕНИЯ МОЛЕКУЛЫ ВОДЫ ДАВЛЕНИЕМ АРГОНА В ОБЛАСТИ $6600\text{--}7400\text{ см}^{-1}$, ПОЛУЧЕННЫЕ С ПОМОЩЬЮ РАЗЛИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ ФОРМЫ КОНТУРА

Т.М. Петрова¹, А.М. Солодов¹, А.А. Солодов¹, Т.Ю. Чеснокова¹, А.П. Щербаков¹, В.М. Дейчули^{1,2}

¹*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, России, tanja@iao.ru*

²*Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, России*

В настоящее время показано, что для моделирования атмосферного пропускания необходимо для аппроксимации экспериментальных данных использование моделей контуров, учитывающих тонкие эффекты, такие как интерференцию спектральных линий и зависимость от скорости молекул (Speed-depended profile) (см., например, [1]). В существующих спектроскопических банках данных [2] представлены параметры линий поглощения, определенные с помощью контура Voigt.

В данной работе представлен анализ изменений значений коэффициентов уширения и сдвига линий поглощения H_2O в колебательной полосе в зависимости от вращательных квантовых чисел при аппроксимации двумя различными контурами: Voigt и Speed-depended Voigt. Для этого с помощью Фурье-спектрометра Bruker IFS 125HR были выполнены измерения спектров поглощения молекулы воды, уширенной давлением аргона, со спектральным разрешением $0,01\text{ см}^{-1}$ и при оптической длине 10 м. Давление буферного газа (аргона) варьировалось от 0 до 1 атм.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 15-02-06808.

1. Boone C.D. // JQSRT 105. 2007. P. 525–532.
2. Rothman L.S. // JQSRT 130. 2013. P. 4–50.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ И МОДЕЛЬНЫХ ДАННЫХ ПО ОТНОСИТЕЛЬНОМУ СОДЕРЖАНИЮ ИЗОТОПОЛГОВ ВОДЫ В ОСАДКАХ СРЕДНЕГО И ПОЛЯРНОГО УРАЛА

О.П. Стукова, В.И. Захаров, Н.Ю. Денисова, К.Г. Грибанов

Уральский федеральный университет им. Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, stukova.o@gmail.com,

Представлены результаты сравнительного анализа экспериментальных данных по содержанию изотопологов молекулы воды в серии образцов осадков и модельных данных, полученных с использованием модели общей циркуляции атмосферы ECHAM5-wiso [1], учитывающей фракционирование изотопологов воды в гидрологическом цикле климатической системы Земли

Осадки собраны в двух пунктах на территории Среднего и Полярного Урала: на территории Коуровской астрономической обсерватории (56,0380° с.ш., 59,5450° в.д.) и г. Лабытнанги (66,6590° с.ш., 66,4090° в.д.). Измерения по содержанию изотопологов воды в образцах выполнены на лазерном спектрометре Picarro L2130-i. Накопленные ряды данных содержат результаты измерений 338 образцов осадков, собранных на территории Коуровской астрономической обсерватории начиная с ноября 2012 г. по август 2015 г. и 269 образцов из г. Лабытнанги, собранных с марта 2013 г. по июль 2015 г.

Сравнение приведено для среднемесячных данных с учетом только тех дней, когда отбирались образцы осадков. Обсуждаются статистические зависимости между экспериментальными данными и результатами моделирования относительного содержания изотопологов воды в осадках.

Работа выполнена при финансовой поддержке постановления № 211 Правительства Российской Федерации, контракт № 02.А03.21.0006 и частично гранта РФФИ 15-01-05984А

1. Werner M., Langebroek P.M., Carlsen T., Herold M., Lohmann G. Stable water isotopes in the ECHAM5 general circulation model: Towards high-resolution isotope modeling on a global scale // JG R 2011. V. 116. D15109.

АЭРОЗОЛЬ И КЛИМАТ

РАДИАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ ДЫМОВОГО АЭРОЗОЛЯ В СИБИРСКОМ РЕГИОНЕ НА ОСНОВЕ ЭМПИРИЧЕСКИХ ДАННЫХ

И.М. Насртдинов, Т.Б. Журавлева, В.С. Козлов, М.В. Панченко, В.В. Польшкин,
С.А. Терпугова, Д.Г. Чернов

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, wizard@iao.ru

В работе обсуждаются результаты численного моделирования радиационных эффектов фоновых и дымовых аэрозолей в климатических условиях Сибири.

Вертикальные профили аэрозольных характеристик получены на базе эмпирической модели, основанной на данных самолетного зондирования профилей коэффициентов направленного рассеяния и содержания поглощающих частиц в нижней тропосфере. Для создания фоновой модели использованы результаты измерений, полученные в условиях безоблачной и малооблачной атмосферы за период 1999–2011. Оптические характеристики дымового аэрозоля определены по данным самолетных измерений в период длительных природных пожаров на территории Якутии летом 2012 г. Аномальное задымление в этот период было обусловлено большим количеством очагов возгорания на обширной территории, где состав дымной мглы формировался в результате сгорания различных материалов и режимов горения (открытого пламени, пиролиза и остаточного тления), определяющих микрофизический и химический состав дымовых частиц.

Моделирование восходящих и нисходящих потоков солнечной радиации на различных атмосферных уровнях выполнено с использованием алгоритма метода Монте-Карло. Получены количественные оценки дефицита суточных значений суммарной солнечной радиации на уровне подстилающей поверхности, обусловленного появлением оптически плотного дымового слоя. Обсуждаются особенности вертикальной изменчивости поглощения солнечного излучения в нижней тропосфере в фоновых и экстремально замутненных условиях. Приведены оценки радиационного воздействия аэрозоля для рассматриваемой дымовой ситуации.

МЕЖГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПОТОКОВ МЕТАНА И ДИОКСИДА УГЛЕРОДА В ЭКОСИСТЕМЕ БАКЧАРСКОГО БОЛОТА

О.А. Краснов¹, Д.К. Давыдов¹, А.В. Фофонов¹, Ш. Максютков², М.В. Глаголев^{3,4,5}

¹*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, alenfo@iao.ru*

²*National Institute for Environmental Studies, Tsukuba, Japan*

³*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия*

⁴*Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск, Россия*

⁵*Институт лесоведения РАН, пос. Успенское, Россия*

В настоящей работе приводятся данные полевых измерений потоков метана и двуокиси углерода на границе раздела почва–атмосфера для шести характерных видов растительных ассоциаций на болоте в районе с. Плотниково Бакчарского района Томской области в теплое время года. Исследования в этом направлении важны для изучения изменений климата, оценки глобального бюджета углерода и уменьшения неопределенностей при построении математических моделей процессов, протекающих в биосфере Земли.

Одним из способов изучения потоков CO_2 и CH_4 из почвы, является метод статических камер [1, 2]. Наблюдения проводились круглосуточно в автоматическом режиме с мая по октябрь 2014–2015 гг. В докладе рассматриваются особенности измерений и обработки данных газовых потоков, полученных с использованием статических камер; сравниваются результаты мониторинга двух полевых сезонов; приводятся установленные взаимосвязи флуктуаций потоков CO_2 и CH_4 за счет изменений в условиях освещенности, температуры воздуха и почвы, увлажнения подстилающей поверхности.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 14-05-00590). Обеспечение полевых работ осуществлялось при участии Фонда глобальных исследований окружающей среды для Национальных институтов Министерства окружающей среды Японии.

1. Краснов О.А. и др. // Оптика атмосферы и океана. 2013. Т. 26, № 12. С. 1090–1097.
2. Краснов О.А. и др. // Оптика атмосферы и океана. 2015. Т. 28, № 7. С. 644–654.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПОТОКОВ ТЕПЛА В РАЙОНЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ И ЕГО СВЯЗЬ С КЛИМАТОМ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

Е.И. Морару, С.В. Логинов, Е.В. Харюткина

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия, janey@sibmail.com

В работе приведены оценки пространственно-временной изменчивости тепловых потоков на границе океан-атмосфера в районе Баренцева моря в период глобального потепления 1975–2014 гг. и в период замедления потепления 2000–2014 гг., а также их связи с адвективными переносом тепла и температурным режимом в Западной Сибири. Расчеты проводились по данным модельных расчетов и реанализов CFSR, NOAA, OaFLUX и JRA-55. Взаимосвязь между изменчивостью тепловых потоков с климатическими условиями в Западной Сибири оценивалась с помощью методов корреляционного и спектрального анализов. Установлено, что в период ослабления глобального потепления статистически значимо увеличились корреляции между изменчивостью тепловых потоков в полярных широтах Северного полушария и температурой в Западной Сибири (–0,6).

ВУЛКАН ЭРЕБУС – КЛЮЧЕВОЙ ФАКТОР УСИЛЕНИЯ АНТАРКТИЧЕСКОЙ ОЗОНОВОЙ ДЫРЫ

В.В. Зуев^{1,2,3}, Н.Е. Зуева¹, Е.С. Савельева¹

¹*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия, vvzuev@imces.ru*

²*Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия*

³*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

HCl играет важную роль в формировании озоновой дыры, обеспечивая хлорный цикл разрушения стратосферного озона активными атомами хлора в результате гетерогенной химии. Анализ данных наблюдений интегрального содержания HCl показал, что его содержание над Антарктидой примерно в 1,5–2 раза выше, чем над другими регионами Земли. В свою очередь, ClONO₂ достаточно равномерно распределен в стратосфере обоих полушарий. Основываясь на широтном распределении основных резервуаров хлора, HCl и ClONO₂, в стратосфере можно сделать вывод, что завышенное по отношению к другим станциям содержание HCl над Антарктидой связано с наличием там его источника.

Наиболее вероятным источником HCl в Антарктиде является вулкан Эребус (высота – 3,8 км), расположенный на о-ве Расса в одноименном море. Его активность выражается в ежедневной дегазации, однако высота газовых выбросов не превышает 2 км над уровнем кратера. В докладе рассмотрен механизм транспорта газовых выбросов вулкана в стратосферу за счет циклонального подъема в высоких циклонах, дрейфующих вдоль побережья Антарктиды. Основываясь на данных NCEP/NCAR реанализа и используя модель NOAA HYSPLIT, показано, что вероятность циклонального подъема газовых выбросов вулкана Эребус в стратосферу составляет > 23,5%. Это соответствует дополнительной среднегодовой массе HCl от 1,0 до 14,3 кт в антарктической стратосфере. Аномально высокая активность Эребуса в начале 80-х гг. прошлого века сыграла ключевую роль в усилении антарктической озоновой дыры.

О РОЛИ ВУЛКАНА МЕРАПИ В ФОРМИРОВАНИИ ОЗОНОВЫХ АНОМАЛИЙ В СЕВЕРНОМ ПОЛУШАРИИ ВЕСНОЙ 2011 г.

Е.С. Савельева¹, В.В. Зуев^{1,2,3}, Н.Е. Зуева¹

¹*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия, kapitosh89@gmail.com*

²*Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия*

³*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Возможность образования весенней полярной озоновой аномалии определяется скоростью циркумполярного вихря в весенний период. Циркумполярный вихрь формируется и усиливается с ростом стратосферного

меридионального температурного градиента между экватором и полюсом. Таким образом, увеличение температурного градиента в весенний период приводит к ускорению циркумполярного вихря и формированию озоновой аномалии. Весной 2011 г. над Арктикой регистрировалась одна из крупнейших озоновых аномалий, наблюдаемых в Северном полушарии. По температурным данным NCEP–DOE реанализа было выявлено, что максимальное потепление тропической стратосферы после извержения индонезийского вулкана Мерапи в ноябре 2010 г. наблюдалось в феврале–марте 2011 г., что привело к увеличению температурного градиента и усилению циркумполярного вихря, создавшему условия для разрушения стратосферного озона в его пределах.

Помимо арктической озоновой аномалии, в апреле 2011 г. в средних широтах Северного полушария над рядом областей регистрировалось аномальное понижение общего содержания озона. Показано, что разрушение стратосферного озона над Томском в этот период, также обусловлено извержением вулкана Мерапи. С использованием модели NOAA HYSPLIT установлено, что вулканогенный аэрозоль пришел в средние широты Северного полушария в конце марта 2011 г., что согласуется с регистрацией в стратосфере над Томском аэрозольного слоя в этот период. На основе анализа температурных и озоновых аномалий в стратосфере над Томском показано, что их проявление обусловлено наличием в составе аэрозоля вулканогенной сажи.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КЛИМАТИЧЕСКИХ ДАННЫХ РЕТРОСПЕКТИВНОГО АНАЛИЗА ERA-INTERIM И РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ МОДЕЛИ ECHAM5-WISO

Н.Ю. Денисова, К.Г. Грибанов

Уральский Федеральный университет им. Б.Н.Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, n.denisova@wsibiso.ru

В данной работе выполнено моделирование климата с помощью модели общей циркуляции атмосферы ECHAM5-wiso [1], созданной в Институте метеорологии общества Макса Планка в Гамбурге и дополненной модулями, учитывающими изотопный состав воды [2]. Работа с МОЦА ECHAM5-wiso осуществлялась на суперкомпьютере УРАН Института математики и механики УрО РАН. Было выбрано разрешение модели $3,75^\circ$ по широте и долготе с шагом по времени равным 4 минуты.

Проведен сравнительный анализ результатов моделирования среднесуточных и среднемесячных значений температуры и влажности воздуха для региона Западной Сибири ($55\text{--}70^\circ$ с.ш., $55\text{--}90^\circ$ в.д.) с данными ретроспективного анализа Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды ERA-Interim [3].

Работа выполнена при финансовой поддержке постановления № 211 Правительства Российской Федерации, контракт № 02.А03.21.0006 и гранта РФФИ 15-01-05984А.

1. Roeckner E. et al. The general circulation model ECHAM5. Part I: Model description. Hamburg: Max Planck Institute for Meteorology, 2003. 127 p.
2. Werner M., Langebroek P.M., Carlsen T., Herold M., Lohmann G. Stable water isotopes in the ECHAM5 general circulation model: Towards high-resolution isotope modeling on a global scale // J. Geophys. Research 2011. V. 116. D15109.
3. ERA-Interim: New ECMWF reanalysis products from 1989 onwards. ECMWF Newsletter 110, Winter 2006/7 [Электронный ресурс]. URL: http://old.ecmwf.int/publications/newsletters/pdf/110_rev.pdf (дата обращения 12.10.2015).

ВЫСОТНЫЕ ПРОФИЛИ НОРМИРОВАННЫХ ЗНАЧЕНИЙ СТРУКТУРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ

А.П. Камардин, С.Л. Одинцов

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

В докладе обсуждаются результаты анализа высотных профилей нормированных значений структурной характеристики температуры воздуха C_T^2 в пограничном слое атмосферы (с высоты 50 м и до высот порядка 300–400 м). Экспериментальные данные были получены с помощью акустического доплеровского локатора (содара) «Волна-4», размещенного на урбанизированной территории (г. Томск, Академгородок). Основной задачей работы являлась проверка модели высотных профилей вида $C_T^2(H) \propto H^{-m}$ и оценка параметра m . Авто-

нормировка профилей производилась на значение C_T^2 на высоте $H = 100$ м. Для анализа использовались результаты, полученные в дневное время (11:00–16:00) в теплый период (июль–август) 2015 г. Выбирались случаи с хорошо выраженной дневной конвекцией. Определены средние значения и функции распределения m . Отмечено, что имеется изменение значений m при переходе от нижних уровней измерений к верхним.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВЯЗИ ОЦЕНОК ВЫСОТЫ СЛОЯ ИНТЕНСИВНОГО ТУРБУЛЕНТНОГО ТЕПЛООБМЕНА И ГРАДИЕНТОВ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ В УСЛОВИЯХ РАЗВИТОЙ КОНВЕКЦИИ

А.П. Камардин, И.В. Невзорова, С.Л. Одинцов

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, nevzorova@iao.ru

По результатам совместной работы содара «Волна-4» и температурного профилемера МТР-5 за период с июня по август 2015 г. проведен анализ связи высоты слоя интенсивного турбулентного теплообмена H_m в пограничном слое атмосферы, определяемой содаром, с градиентом потенциальной температуры воздуха Γ_p на этой высоте. Рассматривались данные, полученные с 11 до 16 часов местного времени в дни с хорошо развитой конвекцией. Анализ связи $\Gamma_p(H_m)$ показал, что градиенты Γ_p на высотах H_m лежат в пределах от $-0,025$ до $0,01$ К/м. При этом установлено, что в большинстве случаев эта связь носит близкий к линейному характер (как правило, с увеличением H_m увеличивается и Γ_p). При аппроксимации зависимости $\Gamma_p(H_m)$ линейной функцией проявилась возможность сгруппировать все выбранные случаи по нескольким типам (в зависимости от угла наклона аппроксимирующей линии). Выявлено 4 типа, характеризующиеся различной скоростью роста функции $\Gamma_p(H_m)$ с увеличением H_m , и один тип, самый малочисленный, где наблюдалась обратная зависимость – уменьшение Γ_p с увеличением H_m .

ДОЛГОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОВТОРЯЕМОСТИ СОБЫТИЙ АТМОСФЕРНОГО БЛОКИРОВАНИЯ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

О.Ю. Антохина¹, П.Н. Антохин¹, Ю.В. Мартынова²

¹*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, olgayumarchenko@gmail.com*

²*Институт мониторинга климата и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия*

На основе данных реанализа (NCEP/NCAR, ECMWF ERA-40 и ERA-Interim), критериев блокирования, предложенных [1], а также используя разложение поля геопотенциала 500 гПа на естественно ортогональные функции, исследованы основные закономерности и долговременная изменчивость событий атмосферного блокирования в Западной Сибири. Выявлено, что события блокирования в Западной Сибири вносят значительный вклад в общую изменчивость поля давления. Показано, что повторяемость блокирований по данным NCEP/NCAR в среднем за год и в зимний период уменьшается. Анализ количества блокингов для каждого из месяцев в период с ноября по февраль позволил выделить два периода с различным характером долговременных изменений. В ноябре–декабре отмечается значимая тенденция к уменьшению числа блокингов по данным обоих архивов. В январе–феврале устойчивые тренды отсутствуют. До начала 2000-х годов количество блокингов снижается, причем с середины 80-х гг. темпы снижения возрастают. С 2004 г. количество блокингов вновь растет, принимая в отдельные годы экстремально высокие значения. Особенно отчетливо эта особенность проявилась по данным ECMWF для блокингов продолжительностью более пяти суток, что свидетельствует об увеличении их времени жизни. Тенденции уменьшения повторяемости блокирования, напротив, характерны для событий разной продолжительности, что указывает на уменьшение количества блокингов. В летний период используемые архивы показывают тренды разного знака. Значимые тенденции уменьшения числа блокингов отмечаются по данным NCEP/NCAR, особенно для событий продолжительностью более 5 суток.

Работа выполнена при поддержке программы Президиума РАН № 4, программы ОНЗ РАН № 5, междисциплинарных интеграционных проектов СО РАН №№ 35, 70 и 131, грантов РФФИ №№ 14-05-00526, 14-05-00590, 14-05-93108.

1. Tibaldi S., Molteni F. // Tellus. 1990. V. 42A. P. 343–365.

АНАЛИЗ СВЯЗИ АТМОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ И КОНЦЕНТРАЦИИ ДИОКСИДА АЗОТА В АТМОСФЕРЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ГОРОДА (НА ПРИМЕРЕ г. БАРНАУЛА)

Н.Н. Безуглова

Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия, bnp@iwer.ru

Диоксид азота – газообразный загрязнитель, полученный в результате дорожно-транспортных и других процессов сжигания ископаемого топлива. Высокие уровни диоксида азота могут повысить риск возникновения симптомов респираторных заболеваний, таких как острый бронхит и кашель, особенно у детей. Краткосрочные воздействия пиковых концентраций могут увеличить респираторные аллергические реакции.

Экологические проблемы загрязнения атмосферного воздуха углеводородами и продуктами их сгорания ярко проявляются в промышленных городах. Накопление и рассеивание аэрозоля в существенной степени определяется атмосферными процессами, преобладающими над определенной территорией. В работе выполнен анализ динамики концентрации диоксида азота зимнего сезона, полученных по данным постов Росгидромета г. Барнаула за период 2002–2011 гг., и направления и скорости перемещения воздушных масс в средней тропосфере (на высоте 5 км).

Предварительный анализ показал, что существенное влияние на концентрации диоксида азота в зимний сезон имели широтные потоки (направление запад–восток), причем, увеличение концентраций связано с преобладанием над исследуемой территорией воздушных потоков восточного направления (коэффициент корреляции $r = 0,82$, $p = 0,05$). Меридиональные потоки (направление север–юг) значимого влияния не оказывали.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИАЦИОННЫХ ЭФФЕКТОВ АЭРОЗОЛЯ В СОЛНЕЧНОМ И ТЕПЛОВОМ ДИАПАЗОНАХ СПЕКТРА

И.М. Насртдинов, Т.Б. Журавлева, Т.В. Русскова, Т.Ю. Чеснокова

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, wizard@iao.ru

В качестве одной из основных характеристик радиационного воздействия аэрозоля являются радиационные эффекты, обусловленные трансформацией солнечного излучения в атмосфере Земли. В то же время важная роль в радиационном балансе атмосферы и подстилающей поверхности принадлежит его длинноволновой составляющей. В настоящей работе приводятся предварительные результаты численного моделирования радиационных эффектов аэрозоля в солнечном (0,2–5 мкм) и тепловом (> 3 мкм) диапазонах спектра в различных атмосферных условиях.

Моделирование потоков радиации выполнено с использованием алгоритмов метода Монте-Карло. Учет газового поглощения в обоих спектральных диапазонах осуществляется на основе представления функции пропускания атмосферными газами в виде ряда экспонент (метод k -распределения). Коэффициенты молекулярного поглощения рассчитываются по спектроскопической базе данных HITRAN-2008. Оптические характеристики аэрозоля задаются согласно модели OPAC; метеомодель атмосферы соответствовала модели «лето умеренных широт» AFGL.

Рассматриваются особенности формирования потоков тепловой радиации на различных атмосферных уровнях. Представлены оценки радиационных эффектов аэрозоля на уровне подстилающей поверхности и верхней границе атмосферы для солнечного и теплового диапазона, а также для всего спектрального интервала.

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИНДИКАТРИСЫ РАССЕЯНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ НА РАДИАЦИОННЫЙ БАЛАНС АТМОСФЕРЫ

Б.В. Горячев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия, bvg@tpu.ru

В данной работе рассмотрен перенос оптического излучения в пространственно ограниченной дисперсной среде, состоящей из слоев с различными индикатрисами рассеяния излучения. Получены аналитические выражения для определения величины отражательной способности, коэффициентов пропускания и поглощения

слоистой дисперсной среды. Показано, что анизотропия рассеяния в приземном слое, даже при малой величине оптической плотности, оказывает существенное влияние на радиационный баланс атмосферы. Установлено, что влияние степени вытянутости индикатрисы рассеяния излучения на радиационный баланс зависит от вероятности выживания кванта в разных слоях дисперсной среды.

КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОЗРАЧНОСТИ АТМОСФЕРЫ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЯКУТИИ ПО ДАННЫМ СОЛНЕЧНОГО ФОТОМЕТРА CIMEL CE-318

М.С. Васильев, С.В. Николашкин, А.А. Решетников, С.В. Титов

*Институт космических исследований и аэронавтики им. Ю.Г. Шафера СО РАН, г. Якутск, Россия,
m.s.vasiliev@ikfia.sbras.ru*

Природные явления, генерирующие атмосферный аэрозоль, наряду с антропогенным загрязнением приводят к характерной изменчивости параметров прозрачности атмосферы для каждого региона и периода времени по-разному.

В настоящей работе приводится предварительный анализ данных аэрозольной оптической толщи (AOT Lev. 2, τ_{500}) сети «AERONET» в Центральной части Якутии за период 2004–2015 гг. Так как многие параметры статистического анализа выборки данных не являются «нормальными» (например, величина средних значений может существенно зависеть от экстремальных значений в выборке), то по аналогии с работой [1, 2] предлагается полезным ввести три класса прозрачности атмосферы и выявить причины ее замутнения.

1. Ужегов В.Н., Кабанов Д.М., Пхалагов Ю.А., Сакерин С.М. Высота однородной аэрозольной атмосферы в диапазоне длин волн 0,45–4 мкм при разных типах замутнения: Тезисы докл. // XVII Рабочая группа «Аэрозоли Сибири». Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2010. С. 107.
2. Исследование радиационных характеристик аэрозоля в азиатской части России / Под общей ред. С.М. Сакерина. Томск: Изд-во ИОА СО РАН. 2012. 484 с. + вклейки.

АНОМАЛЬНЫЕ ПОЖАРЫ 2010 И 2012 ГОДОВ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ И ПОСТУПЛЕНИЕ ЧЕРНОГО УГЛЕРОДА В АРКТИЧЕСКИЕ РАЙОНЫ

А.А. Виноградова

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия, avinograd@yandex.ru

Выполнены модельные оценки концентраций черного углерода (black carbon – BC) в воздухе разных районов Российского севера в условиях максимальных природных пожаров летом 2010 и 2012 годов на территории России. Данные Рослесхоза РФ (<http://www.aviales.ru>) о пожарах за 2000–2013 гг. обрабатывались аналогично [1] с распределением пожарных выбросов BC на сетке ($1^\circ \times 1^\circ$) по территории России. Расчеты формирующихся атмосферных концентраций BC в северных районах проводились, используя метод статистики обратных траекторий [2] (<http://www.arl.noaa.gov>), – для Кольского п-ова, юго-запада Архангельской обл., Ненецкого, Гыданского и Усть-Ленского заповедников.

Показано, что специфические циркуляционные процессы в атмосфере, обуславливающие образование экстремально сильных пожаров, способствуют снижению в это время эффективности переноса атмосферных примесей в арктические районы. Проводится качественное и количественное сравнение вкладов антропогенных [3] и экстремальных пожарных эмиссий в загрязнение арктических районов черным углеродом. Результаты работы можно использовать для экологических и климатических оценок.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (14-05-00059_а и 14-05-93089 Норв_а).

1. Виноградова А.А. и др. // Оптика атмосферы и океана. 2015. Т. 28, № 6. С. 438–445.
2. Виноградова А.А. // Геофизические процессы и биосфера. 2014. Т. 13, № 4. С. 5–20.
3. Виноградова А.А. // Оптика атмосферы и океана. 2014. Т. 27, № 12. С. 1059–1065.

СТОК СИБИРСКИХ РЕК И БАЛАНС ПРЕСНОЙ ВОДЫ В СЕВЕРНОМ ЛЕДОВИТОМ ОКЕАНЕ

В.И. Кузин, Г.А. Платов, Н.А. Лаптева

*Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, г. Новосибирск, Россия,
lapteva@vector.nsc.ru*

В работе представлены расчеты по моделированию распространения аномалий пресной воды от сибирских рек в XXI веке в Северном Ледовитом океане по модели ИВМиМГ СО РАН на основе результатов моделей сценария RCP 8.5 проекта CMIP-5 IPCC. Для расчета стоков рек используется линейная резервуарная модель с разрешением 1/3 градуса, включающая девять основных водосборных бассейнов Сибири. Крупные реки российского Севера дают около 2,24 тыс. куб. км в год, что составляет около 70% от всего речного стока. Суммарные годовые расходы за периоды измерений в XX веке претерпевает существенные межгодовые вариации. Расход пресной воды из Северный Ледовитый океан происходит через пролив Фрама и проливы Канадского Архипелага. Эта вода, будучи вынесена в виде льда или потока воды пониженной солености за пределы Северного Ледовитого океана в северные моря Атлантики, является существенным регулятором в формировании термохалинной структуры и меридиональной циркуляции не только Северной Атлантики, но и всего Мирового океана. Интересным представляется вопрос: будет ли процесс увеличения речного стока, наблюдавшийся в конце XX и начале XXI века, продолжаться и в дальнейшем, продуцируя обратные связи в климатической системе.

Работа проводилась при поддержке проекта РФФИ № 14-05-00730.

ЛИДАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЧИВОСТИ НАПОЛНЕНИЯ СТРАТОСФЕРЫ ФОНОВЫМ АЭРОЗОЛЕМ НАД ТОМСКОМ В 2014 г.

В.Н. Маричев^{1,2}, Д.А. Бочковский^{1,2}

¹*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, moto@iao.ru*

²*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия*

В докладе анализируются экспериментальные данные по изменчивости вертикально-временной структуры аэрозоля, полученные на лидарном комплексе станции высотного зондирования атмосферы ИОА СО РАН за 2014 г. В качестве первичной информации для анализа использовался массив данных из 67 суммарных сигналов, накопленных в отдельные ночи, интервал зондируемых высот от 15 до 50–60 км, пространственное разрешение составляло 192 м.

В статье использованы результаты, полученные в ходе выполнения проекта 8.1.12.2015, в рамках Программы «Научный фонд им. Д.И. Менделеева Томского государственного университета» в 2015 г.

Работа выполнена при поддержке интеграционного проекта СО РАН № 106, гранта РФФИ № 13-05-01036а, гранта Президента РФ НШ4714.2014.5 и гранта РНФ № 14-27-00022.

СПУТНИКОВАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ПРОДУКЦИЯ ПО ДАННЫМ КА «SUOMI NPP»

М.П. Шагаев, И.Е. Сапрыкин, А.А. Косторная

НИЦ «Планета», г. Новосибирск, Россия, shagaev@rcpod.ru

Для организации контроля за параметрами атмосферы в Европейском, Сибирском и Дальневосточном Центрах ФГБУ «НИЦ «Планета» были доработаны аппаратно-программные комплексы «MEOS» с целью приема информации нового метеорологического космического аппарата «SUOMI NPP» (Европейское космическое агентство). Этот КА оснащен принципиально новыми приборами CrIS, OMSP, позволяющими выполнять измерения в широком спектральном диапазоне от ультрафиолетового до микроволнового. Разработана и внедрена технология обработки спутниковых данных содержащих результаты измерений этих приборов. Это позволило в оперативном режиме выдавать заинтересованным пользователям в виде тематических карт информацию о содержании озона, углекислого газа, концентрации взвешенных частиц в атмосфере, водяного пара, динамические характеристики атмосферы и многое другое.

СОСТАВЛЯЮЩИЕ ВРЕМЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ СОДЕРЖАНИЯ ВОДЯНОГО ПАРА В БЕЗОБЛАЧНОЙ АТМОСФЕРЕ

К.Ю. Суковатов

Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия, ksukovатов@mail.ru

В работе представлены результаты анализа временной изменчивости содержания водяного пара в безоблачной атмосфере. Используются данные Aqua/MODIS за временной интервал с марта 2000 по сентябрь 2015 для координатной области 51–53,5° с.ш., 79,5–83° в.д. на территории Алтайского края. Проведен анализ составляющих временного ряда содержания водяного пара в безоблачной атмосфере с использованием метода спектрального сингулярного анализа (Singular spectrum analysis – SSA). Водяной пар в безоблачной атмосфере представляет собой трехкомпонентную величину с преобладанием первой компоненты, которая объясняет около 68% от общей изменчивости, а также отвечает за экстремальные значения содержания водяного пара в безоблачной атмосфере. Три компоненты в сумме определяют около 96,5% от общей изменчивости анализируемой величины. Установлено наличие десяти периодических компонент и огромного количества случайных компонент, которые суммарно объясняют очень малую долю изменчивости (десять доли процента). Сделано предположение о том, что первая компонента связана с увлажнением территории, вторая с температурным режимом, третья (периодическая) с сезонным фактором. По первой компоненте восстановлен непараметрический тренд, который описывает среднюю динамику анализируемого временного ряда лучше, чем полиномиальный параметрический тренд.

Работа выполнена в рамках Программы Президиума РАН (проект 4.6).

ВАРИАЦИИ ВРЕМЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ СОДЕРЖАНИЯ ВОДЯНОГО ПАРА В ОБЛАЧНОЙ АТМОСФЕРЕ

К.Ю. Суковатов

Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия, ksukovатов@mail.ru

В работе представлены результаты предварительного анализа временной изменчивости содержания водяного пара в облачной атмосфере на основе спутниковых данных. Используются данные Aqua/MODIS за временной интервал с марта 2000 по сентябрь 2015 для координатной области 51–53,5° с.ш., 79,5–83° в.д. на территории Алтайского края. Разложение на компоненты и анализ их временной изменчивости проводились с использованием метода спектрального сингулярного анализа (Singular spectrum analysis – SSA), который позволяет трансформировать временной ряд в матрицу, а затем использовать модификацию метода главных компонент для разложения и последующего анализа составляющих. Были проанализированы тренд, периодические и случайные составляющие, их вклад в общую долю изменчивости содержания водяного пара в атмосфере, а также характер временной изменчивости. Водяной пар в облачной атмосфере представляет собой преимущественно однокомпонентную величину. Первая компонента определяет от 84,5 до 91,2% от общей изменчивости в зависимости от общего числа компонент в разложении, а также отвечает за экстремальные значения содержания водяного пара в облачной атмосфере. По первой компоненте восстановлен непараметрический тренд, который очень хорошо описывает среднюю динамику анализируемого временного ряда. Также установлено наличие большого числа периодических и случайных компонент, которые суммарно объясняют очень малую долю изменчивости (десять доли процента) содержания водяного пара в атмосфере. Эти компоненты описывают периодические и случайные флуктуации относительно плавно меняющегося среднего значения анализируемой величины.

Работа выполнена в рамках Программы Президиума РАН (проект 4.6).

ВАРИАЦИИ АЭРОЗОЛЬНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ТОЛЩИ И ОПТИЧЕСКОЙ ТОЛЩИ ОБЛАКОВ НАД ТЕРРИТОРИЕЙ БОЛЬШОГО ВАСЮГАНСКОГО БОЛОТА

К.Ю. Суковатов

Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия, ksukovатов@mail.ru

На основе спутниковых данных Aqua/MODIS проведен анализ временной изменчивости аэрозольной оптической толщи (550 нм) и оптической толщи облаков. Используются данные Aqua/MODIS за временной интер-

вал с марта 2000 по сентябрь 2015 для координатной области $56\text{--}58^\circ$ с.ш., $76\text{--}82^\circ$ в.д. на территории Большого Васюганского болота.

Проведена оценка функций плотности вероятности анализируемых параметров с использованием методов сглаживающего ядра и разложения в ряд Эджворта. Рассчитаны функции плотности вероятности и асимптотическая оценка дисперсии. Функция плотности вероятности аэрозольной оптической толщи характеризуется большей асимметрией, по сравнению с функцией плотности вероятности оптической толщи облаков.

Проведен анализ временной изменчивости аэрозольной оптической толщи и оптической толщи облаков с использованием метода спектрального сингулярного анализа (Singular spectrum analysis – SSA). Временная изменчивость аэрозольной оптической толщи определяется преимущественно первой компонентой, которая определяет около 80% от общей изменчивости. Установлено наличие двух периодических компонент и множества случайных составляющих анализируемого временного ряда. По первой компоненте восстановлен непараметрический тренд, который очень хорошо описывает среднюю динамику анализируемого временного ряда. Для рассматриваемой территории характерен нисходящий тренд аэрозольной оптической толщи.

Оптическая толщина облаков является преимущественно однокомпонентной величиной. В зависимости от полного числа компонент в разложении первая компонента объясняет приблизительно 94–96% от общей изменчивости. Множество других периодических и случайных компонент определяют незначительно малую долю временных вариаций. Эти компоненты описывают периодические и случайные флуктуации относительно медленно изменяющегося среднего значения оптической толщи облаков.

Работа выполнена в рамках Междисциплинарного интеграционного проекта СО РАН (проект 69).

СТЕПЕНЬ КОРРЕЛИРОВАННОСТИ ПОГОДИЧНЫХ СРЕДНЕСЕЗОННЫХ ЗНАЧЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ И КОЛИЧЕСТВА НИЖНЕЙ СЛОИСТООБРАЗНОЙ ОБЛАЧНОСТИ

Н.Я. Ломакина, В.С. Комаров, С.Н. Ильин

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

Наряду с оценкой влияния современного климатического изменения нижней слоистообразной облачности (Sc , St , Ns) на температурный режим приземного слоя атмосферы Сибирского региона представляет большой интерес исследование степени реакции температуры всего пограничного слоя атмосферы (ПСА) на климатические изменения количества нижней слоистообразной облачности.

В работе представлены предварительные результаты исследования по оценке степени коррелированности погодичных среднесезонных значений температуры пограничного слоя атмосферы с количеством нижней слоистообразной облачности за период 1969–2011 гг., проведенной по данным шести типичных метеорологических станций Сибирского региона (Диксон, Тикси, Салехард, Омск, Якутск, Чита). Оценка степени коррелированности погодичных среднесезонных значений количества нижней слоистообразной облачности со среднесезонной температурой пограничного слоя атмосферы (на высотах 0, 400, 800, 1600 м) с помощью коэффициентов взаимной корреляции показала, что на территории Сибири повсеместно и во все сезоны исследуемого периода (1969–2011 гг.) преобладает значительная по величине положительная корреляционная связь между погодичными среднесезонными значениями количества нижней слоистообразной облачности и температуры пограничного слоя атмосферы, причем значения коэффициентов корреляции практически везде составляют более 0,75, а на высоте 400 м достигают максимума (0,84–0,88).

ВЛИЯНИЕ АРИДНЫХ РЕГИОНОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ НА АНОМАЛИИ АЭРОЗОЛЬНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ТОЛЩИНЫ В г. ДУШАНБЕ ПО ДАННЫМ AERONET И РЕЗУЛЬТАТАМ ТРАЕКТОРНОГО АНАЛИЗА

К.А. Шукуров

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

По данным измерений в 2011–2014 гг. аэрозольных оптических толщин тонко- и грубодисперсного аэрозоля (AOT_{TDA} и AOT_{GDA} , соответственно) на станции AERONET.Dushanbe [1] и расчетам обратных траекторий воздушных частиц с помощью модели HYSPLIT_4 [2] методом потенциальных источников PSCF [3] выявлены наиболее вероятные регионы, влияющие на аномалии AOT_{TDA} и AOT_{GDA} в г. Душанбе. Экстремальные значения AOT_{TDA} связаны с приходом воздуха из областей вблизи песчаной пустыни Регистан (Афганистан), в то время

как на аномалии $AOT_{ГДА}$ влияет аридная зона Приаралья, а также (в меньшей степени) пустынные области Узбекистана.

1. Абдуллаев С.Ф., Маслов В.А., Назаров Б.И. Сезонные изменения параметров атмосферы в г. Душанбе по данным AERONET // Оптика атмосферы и океана. 2015. Т. 28. № 1. С. 76–85.
2. Draxler R.R., and Hess G.D. An overview of the HYSPLIT_4 modeling system of trajectories, dispersion, and deposition // Aust. Meteor. Mag. 1998. V. 47. P. 295–308.
3. Ashbaugh L.L., Malm W.C. and Saden W.Z. A residence time probability analysis of sulphur concentrations at Grand Canyon national park // Atmospheric Environment. 1985. V. 19. No. 8. P. 1263–1270.

ВКЛАД КОНТИНУАЛЬНОГО ПОГЛОЩЕНИЯ H_2O В ВОСХОДЯЩИЕ И НИСХОДЯЩИЕ ПОТОКИ ДЛИННОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ОКНЕ ПРОЗРАЧНОСТИ АТМОСФЕРЫ 8–12 мкм

К.М. Фирсов¹, Т.Ю. Чеснокова², И.И. Клиточенко¹

¹Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Россия, fk.volsu@mail.ru

²Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, ches@iao.ru

Окно прозрачности атмосферы 8–12 мкм является одним из определяющих спектральных интервалов в формировании теплового баланса атмосферы, причем вклад континуального поглощения в радиационный баланс является наиболее значимым. В настоящее время нет теоретических моделей, которые из первых принципов могли бы описать континуальное поглощение. По этой причине используют полуэмпирические модели, которые содержат параметры подгонки к экспериментальным данным. Сравнительно недавние экспериментальные измерения континуума [1], демонстрируют расхождения с расчетами по полуэмпирической модели MT_CKD (<http://rtweb.aer.com>).

В докладе представлены результаты моделирования восходящих и нисходящих потоков для различных метеорологических ситуаций (облачные и безоблачные) и оценивается роль континуума H_2O с использованием двух моделей континуального поглощения: модель MT_CKD и модель, полученная нами на основе экспериментальных данных [1].

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №15-45-02655.

1. Baranov Yu.I., Lafferty W.J., Ma Q., Tipping R.H. Water-vapor continuum absorption in the 800–1250 cm^{-1} spectral region at temperatures from 311 to 363 K // J. Quant. Spectrosc. and Radiat. Transfer. 2008. V. 109. No. 12–13. P. 2291–2302.

АНТРОПОГЕННЫЙ АЭРОЗОЛЬ

МНОГОЛЕТНИЙ МОНИТОРИНГ ОКРЕСТНОСТЕЙ АВТОТРАСС ПО СОСТАВУ СНЕЖНОГО ПОКРОВА

В.В. Коковкин¹, В.Ф. Рапута²

¹Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН, Россия basil@niic.nsc.ru

²Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, г. Новосибирск, Россия

В докладе представлены результаты многолетних (около 20 лет) полевых и химико-аналитических исследований в зоне действия выбросов загрязняющих примесей крупной автомагистрали г. Новосибирска (Советское шоссе). За этот период авторы стали свидетелями кардинальной строительной реконструкции магистрали (2009 – 2015 гг.). Реальная пропускная способность магистрали увеличилась от 2–6 до 36 тысяч автомобилей в сутки. Кроме того произошел переход автотранспорта с этилированного на неэтилированный бензин (1998–2000 гг.).

Приводятся данные по ионному и элементному составам снеготалых вод и величины аэрозольных выпадений. Представлены результаты численного моделирования полученных данных с использованием модели линейного источника.

ИЗМЕРЕНИЕ ФРАКЦИОННОГО И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА НЕЛЕТУЧИХ ЧАСТИЦ В ПРОДУКТАХ ЭМИССИИ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ АВИАЦИОННОГО ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

А.А. Иноземцев¹, А.Н. Саженов¹, А.М. Сипатов¹, В.В. Цатиашвили¹, Т.В. Абрамчук¹, А.К. Петров¹, С.Б. Малышкин², Л.В. Куйбида², А.С. Козлов², М.В. Панченко³, В.С. Козлов³, Д.Г. Чернов³

¹ОАО «Авиадвигатель», г. Пермь, Россия

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

³Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, kozlov@kinetics.nsc.ru

Текущее нормирование выбросов нелетучих частиц авиационными газотурбинными двигателями производится по безразмерному числу дымности. В 2016 г. ИКАО планирует принять новый международный стандарт на эмиссию нелетучих частиц, образующихся в двигателе. Существующая методика не подходит для целей нового стандарта т.к. не содержит информацию о массе и размере аэрозольных частиц, а также о содержании органических веществ в составе частиц, которые являются многопараметрическим «отражением» процессов, происходящих внутри камеры сгорания.

Подробное определение физико-химических характеристик аэрозоля производится путем отбора пробы от потока продуктов сгорания с помощью штатных линий отбора проб газа на испытательных стендах ОАО «Авиадвигатель» с учетом потерь частиц.

Для измерения массовой концентрации сажи задействован фотометр AVL-415, аэталометр МДА-2, разработки ИОА СО РАН. Размерная классификация частиц сажи осуществляется при помощи дифференциального анализатора подвижности Grimm 5.500 и Диффузионного спектрометра сажи разработки ИОА СО РАН и ИХКТ СО РАН. Состав сопутствующих саже органических соединений определяется хромато-масс-спектрометрически.

Успешная кооперация академических институтов СО РАН и ОАО «Авиадвигатель» впервые в России позволила:

- определить фракционный состав частиц сажи в продуктах эмиссии газотурбинной техники;
- разработать современные подходы к конструированию магистралей отбора проб нелетучих частиц (менее 5% потерь) и импортозамещающему приборному оснащению для регистрации фракционного и химического состава наноразмерных частиц сажи.

СВЯЗЬ СУТОЧНОГО ХОДА ПОКАЗАТЕЛЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ И КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА В ТИПОВЫХ СИНОПТИЧЕСКИХ СИТУАЦИЯХ

И.Н. Кузнецова¹, И.Ю. Шалыгина¹, Н.Е. Брусова¹, А.М. Звягинцев², Н.В. Терёб³, П.В. Захарова⁴

¹Государственное учреждение Гидрометцентр России, г. Москва, Россия, tuza@metcom.ru

²Центральная аэрологическая обсерватория, Московская обл., г. Долгопрудный, Россия

³НПО «Тайфун», г. Обнинск, Россия

⁴Мосэкомониторинг, г. Москва, Россия

Используя данные измерений профилей температуры на телебашне Останкино в Москве и высотной метеорологической мачте в г. Обнинск, а также измерения профилей температуры приборами МТП-5 в разнесенных пунктах московского мегаполиса, проведен анализ связи концентраций приземного озона с градиентом температуры в нижних слоях атмосферы. Обсуждаются различия связей в типовых синоптических ситуациях в сезонных кластерах интенсивности переноса в пограничном слое и температуры воздуха. По результатам сопоставления максимальных суточных концентраций в мегаполисе (Москва) и на фоновой территории (Обнинск) в типовых синоптических ситуациях иллюстрируются количественные оценки вклада «антропогенного» озона.

ОЦЕНКА ПРИЧИН ФОРМИРОВАНИЯ ГОРОДСКОГО ОСТРОВА ТЕПЛА НА ПРИМЕРЕ г. ТОМСКА

Н.В. Дудорова, Б.Д. Белан

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, ninosh@mail.ru

В работе представлены результаты измерений полей температуры и влажности в г. Томске с помощью мобильной станции в 2004, 2005, 2009, 2010 гг. Показано, что в Томске при любых условиях наблюдается остров тепла. На основе данных расчета теплового баланса подстилающей поверхности г. Томска [1] определены причины формирования городского острова тепла (ГОТ): прямые выбросы тепла, образующиеся при сжигании всех видов топлива и расходования электроэнергии; уменьшение альбедо городской подстилающей поверхности; изменение теплофизических свойств городской подстилающей поверхности; поглощение солнечной радиации водяным паром, образующимся при сжигании всех видов топлива; поглощение солнечной радиации малыми газовыми и аэрозольными примесями. Представлена оценка вклада каждого из этих факторов в образование ГОТ.

Показано, что в зимнее время основной вклад в образование ГОТ вносят прямые выбросы тепла, образующиеся при сжигании всех видов топлива и расходования электроэнергии (антропогенное тепло). Влияние изменения альбедо и теплофизических свойств городской подстилающей поверхности (по сравнению с загородными территориями) на образование ГОТ на порядок меньше влияния антропогенных выбросов тепла зимой и соизмеримо с ним летом. Поглощение солнечной и длинноволновой радиации антропогенными примесями воздуха и водяным паром является незначительным и практически не влияет на образование ГОТ.

Работа выполнена при поддержке программы Президиума РАН № 18, программы ОНЗ РАН № 5, междисциплинарных интеграционных проектов СО РАН №№ 35, 70 и 131, грантов РФФИ №№ 14-05-00526, 14-05-00590, 14-05-93108, госконтрактов Минобрнауки № 14.604.21.0100, идентификационный номер RFMTFIBBB210290, № 14.613.21.0013, идентификационный номер RFMEFI61314X0013.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМОСНИМКОВ И НАЗЕМНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА ПОЛЕЙ ДЛИТЕЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА ГОРОДА

Т.В. Ярославцева¹, В.Ф. Рапута²

¹Новосибирский НИИ гигиены Роспотребнадзора, г. Новосибирск, Россия, tani-ta@list.ru

²Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, г. Новосибирск, Россия, raputa@sscc.ru

На космических снимках городских территорий отчетливо проявляется осаждение на снежный покров аэрозолей антропогенного происхождения. На них участки загрязненного снега выглядят как темные пятна и отражают атмосферную динамику процессов переноса пыли от источника.

Проведено сопоставление результатов компьютерной обработки зимних спутниковых снимков с результатами наземного мониторинга состояния снежного покрова ряда крупных городов юга Западной Сибири, включая Новосибирск, Кемерово, Барнаул, Томск. Отбор проб снега преимущественно проводился в конце зимних сезонов 2009–2011 гг. вблизи городских постов контроля загрязнения атмосферного воздуха, что дало возможность установить межсредовые количественные связи с уровнями загрязнения снежного покрова с сопутствующими компонентами примесей в воздухе. Использование спутниковых снимков, полученных в панхроматическом диапазоне, позволило проиндексировать очаги загрязнений с помощью дискретной шкалы оттенков серого цвета.

Результаты линейного корреляционного анализа данных наземных и спутниковых наблюдений показали наиболее высокий уровень согласия для территорий г. Кемерово. В точках отбора проб снега для рассматриваемых зимних сезонов сравнивалась концентрация осадков пыли с тонами серого цвета на космическом снимке от 26 марта 2006 г. Была показана стабильность размещения и функционирования основных источников выбросов взвешенных веществ в атмосферу города. Для остальных городов уровень согласия между наземными и спутниковыми наблюдениями оказался заметно ниже, что объясняется не вполне удачным фоновым размещением постов наблюдения.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ВЫПАДЕНИЙ АЭРОЗОЛЬНЫХ ПРИМЕСЕЙ ОТ ПРОМЫШЛЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ ПО НАЗЕМНЫМ И СПУТНИКОВЫМ НАБЛЮДЕНИЯМ

В.Ф. Рапута¹, Т.В. Ярославцева²

¹Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, г. Новосибирск, Россия, raputa@sscc.ru

²Новосибирский НИИ гигиены Роспотребнадзора, г. Новосибирск, Россия

Экспериментальными и теоретическими исследованиями установлены асимптотики длительных выпадений примесей на достаточных удалениях от точечных и площадных источников [1]. В качестве экспериментальных данных использовались результаты мониторинговых исследований загрязнения снежного покрова в окрестностях крупных городов и промышленных площадок Западной и Восточной Сибири [2].

С учетом вышесказанного, в работе проведено количественное исследование ореолов загрязнения снежного покрова на спутниковых снимках для ряда крупных промышленных предприятий и угольных ТЭЦ, включая Новосибирский электродный завод, Норильский цементный завод, Омскую ТЭЦ – 5. Для этой цели очаги загрязнения от этих источников были проиндексированы с помощью дискретной шкалы оттенков серого цвета по направлениям доминирующих выносов примесей. Дальнейший анализ снимков позволил выявить наличие функциональной связи между изменениями тонов серого цвета по мере удаления от источника и динамикой уменьшения концентраций примесей.

Полученные зависимости позволяют существенно снизить затраты на проведение наземных мониторинговых исследований загрязнения территорий в окрестностях промышленных предприятий. По ограниченному числу опорных точек наблюдений может быть проведена пространственная реконструкция полей выпадений, выполнена оценка суммарных выбросов примесей.

1. Рапута В.Ф., Олькин С.Е., Резникова И.К. // Оптика атмосферы и океана. 2008. Т. 21, № 6. С. 58–562.

2. Королева Г.П., Горшков А.Г., Виноградова Т.П. и др. // Химия в интересах устойчивого развития. 1998. Т. 6. С. 327–337.

НИЗКОУРОВЕННЫЕ СТРУЙНЫЕ ТЕЧЕНИЯ КАК ОСНОВНОЙ МЕХАНИЗМ ПЕРЕНОСА АНТРОПОГЕННЫХ ПРИМЕСЕЙ НА ОЗЕРО БАЙКАЛ

В.А. Оболкин, В.Л. Потемкин, В.Л. Макухин, Т.В. Ходжер

Линнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия, obolkin@lin.irk.ru

Дальность переноса атмосферных загрязнений от высоких источников, таких как трубы крупных ТЭЦ, зависит от метеоусловий пограничного слоя атмосферы (ПСА). Особый интерес представляет известное давно, но до сих пор малоизученное явление – «струйные течения низкого уровня». Они возникают на верхней границе ПСА в ночные часы при ослаблении турбулентных напряжений и превышают по скорости геострофический

ветер. Шлейфы загрязнений переносятся такими струями на сотни километров без существенного рассеяния. В частности на станции мониторинга атмосферы «Листвянка» (Южный Байкал) периодически регистрируются чрезвычайно высокие концентрации окислов серы и азота (до 1000 мкг/м³ и более). Анализ метеорологических данных показывает, что это именно «струйный» перенос шлейфов. Станция расположена на холме и часто оказывается в зоне влияния струйных течений. Однако для полного понимания механизмов и пространственных масштабов этого явления требуются более детальные исследования процессов в ПСА. Институты СО РАН обладают необходимым теоретическим и техническим потенциалом для таких исследований. Объединение этого потенциала в рамках Интеграционного проекта может способствовать совершенствованию математической теории этих струй, а также практическим оценкам масштабов «струйных» переносов загрязнений, в частности на Байкал.

Работа выполнена при поддержке Программы РАН № VIII.76.1.5 и Интеграционного проекта СО РАН № 8.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОАЭРОЗОЛЬНОЙ ФРАКЦИИ ТЕХНОГЕННОЙ УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ

А.М. Бакланов¹, С.В. Валиулин¹, С.Н. Дубцов¹, В.В. Замашиков¹, В.И. Клишин², А.Э. Конторович³,
А.А. Коржавин¹, А.А. Онишук¹, Д.Ю. Палеев², П.А. Пуртов¹

¹Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского СО РАН, г. Новосибирск, Россия,
valiulin@kinetics.nsc.ru

²Институт угля СО РАН, г. Кемерово, Россия

³Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск, Россия

В работе исследован механизм образования наноразмерного аэрозоля при механическом разрушении угля Кузбасского угольного бассейна. С помощью диффузионного аэрозольного спектрометра измерена концентрация и спектр размеров аэрозольных частиц в лаве при работающем очистном комбайне. Установлено, что 90% частиц имеют размер менее 200 нм. При этом в наноразмерном диапазоне присутствуют два пика, соответствующие среднему диаметру 20 и 150 нм. Электронномикроскопический анализ позволил сделать вывод, что пик 20 нм обусловлен одиночными частицами, а пик при 150 нм – агрегатами, состоящими из одиночных частиц.

Для понимания механизма образования наноаэрозольной фракции в лабораторных условиях было исследовано образование аэрозоля при механическом дроблении угля. Установлено, что спектр и морфология частиц, образованных в лабораторной мельнице качественно соответствуют таковым для наноаэрозоля, образующегося в шахте. Хромато-масс-спектрометрический анализ показал, что основными компонентами наноаэрозольных частиц являются алканы и полиароматические соединения. Установлено, что при наличии наноаэрозоля в бедной метано-воздушной среде, смесь становится существенно более взрывоопасной.

Проведенное исследование позволяет сделать вывод, что источником наноаэрозоля являются органические компоненты, содержащиеся в угле, и выделившиеся в газовую фазу при локальном прогреве угля на зубках выемочного комбайна.

СПУТНИКОВЫЙ И НАЗЕМНЫЙ МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В РАЙОНЕ ИСКИТИМСКОГО ЦЕМЕНТНОГО ЗАВОДА

Т.В. Ярославцева¹, А.А. Леженин², В.Ф. Рапута²

¹Новосибирский НИИ гигиены Роспотребнадзора, г. Новосибирск, Россия, tani-ta@list.ru

²Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, г. Новосибирск, Россия

При традиционном подходе последовательные спутниковые снимки в период снеготаяния позволяют выявить зоны загрязнений от промышленных предприятий за зимний сезон [1]. Такой подход существенно ограничивает возможности использования космической информации, получаемой в течение всего зимнего периода. Для максимального применения этой информации целесообразно привлекать данные о текущих метеорологических условиях. Тогда в периоды отсутствия снегопадов можно оценивать зоны промежуточного техногенного загрязнения в периоды времени от нескольких дней до нескольких недель.

С использованием данных метеорологических наблюдений, наземного мониторинга и спутниковых снимков загрязнения снежного покрова, установлено существенное влияние рельефа местности на формирование полей выпадения пыли от высотных труб Искитимского цементного завода. В зимний период основной вынос

загрязняющей примеси происходит в направлении на северо-запад, вдоль долины р. Бердь. Измерения на метеостанции г. Искитим фиксирует преобладание юго-западных и южных ветров. Это противоречие объясняется орографическими особенностями местности, наличием возвышенных форм рельефа в правобережье р. Бердь и часто наблюдаемой устойчивой температурной стратификацией в нижней атмосфере.

Отметим, что в условиях сложного рельефа информация с близлежащих метеостанций может не отражать реальное поле ветра. Поэтому весьма проблематично применение общепринятых методик для расчета полей концентраций примесей. В связи с этим необходимо проведение также и мониторинговых исследований процессов техногенного загрязнения территорий.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ НАНОПОР АЭРОГЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ SiO_2 И $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ПО СПЕКТРАМ ПОГЛОЩЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО ГАЗА В ОБЪЕМЕ ОБРАЗЦОВ

Т.М. Петрова¹, Ю.Н. Пономарев^{1,2}, А.А. Солодов^{1,2}, А.М. Солодов¹

¹Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

²Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

На Фурье-спектрометре Bruker IFS 125 HR с высоким спектральным разрешением проведены измерения тонкой структуры спектра поглощения оксида углерода, находящегося в объеме образцов аэрогелей SiO_2 и $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$. В работе приведены и обсуждаются количественные результаты экспериментов. Показано, что спектроскопический метод [1, 2] эффективен для определения размера нанопор от 17 до 100 нм.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ для молодых ученых-кандидатов наук МК-7801.2015.2

1. Svensson T., Lewander M., Svanberg S. Laser absorption spectroscopy of water vapor confined in nanoporous alumina: wall collision line broadening and gas diffusion dynamics // Opt. Express. 2010. V. 18. P. 16460–16473.
2. Petrova T.M., Ponomarev Yu.N., Solodov A.A., Solodov A.M., Danilyuk A.F. Spectroscopic Nanoporometry of Aerogel // JETP Letters. 2015 V. 101. № 1. P. 65–67.

ВАРИАЦИИ САЖЕВОГО И СУБМИКРОННОГО АЭРОЗОЛЯ В МОСКОВСКОМ РЕГИОНЕ

В.М. Копейкин¹, М.А. Свириденков¹, А.С. Емиленко¹, А.А. Исаков¹, Лоскутова², Т.Я. Пономарева³

¹Институт физики атмосферы им. Обухова РАН, г. Москва, Россия, kopeikin@ifaran.ru

²Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, г. Москва, Россия

³Государственное учреждение Гидрометцентр России, г. Москва, Россия

Для исследования изменчивости антропогенного загрязнения Московского региона и его источников проведены измерения массовой концентрации сажи (Black Carbon) и субмикронного аэрозоля в центре г. Москвы (Пыжевский пер., 3, ИФА РАН) и в двух пунктах на Звенигородской научной станции (ЗНС ИФА РАН), расположенных в 1 км друг от друга. Наблюдения осуществлены в апреле, сентябре – октябре 2014 г., а также в июле и сентябре – октябре 2015 г. Полученные результаты сравнены с данными комплексных измерений в период 1989–2013 гг. Наблюдения характеристик аэрозоля сопровождались измерениями параметров атмосферного слоя перемешивания методами акустической локации.

По данным Гидрометцентра России определен перенос воздушных масс и его влияние на изменчивость антропогенного загрязнения Московского региона. Выявлены случаи повышения загрязнения атмосферного воздуха дымами от горевших торфяников в Брянской области и дымами при сжигании пораженных короедом деревьев в лесах Московской области. Многолетние измерения в Москве показали, что в 2014–2015 гг. содержание сажи в воздухе города снизилось по сравнению с 1991 годом в 2,5 раза. Проведенные измерения на двух пунктах наблюдения позволили оценить влияние увеличения интенсивности автомобильного движения по дороге, проходящей вблизи ЗНС, на параметры аэрозоля.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (грант № 13-05-00956).

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЭРОГЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$

Т.М. Петрова¹, Ю.Н. Пономарев¹, А.А. Солодов¹, А.М. Солодов¹, О.В. Бакина^{2,3}, Е.А. Глазкова^{2,3}

¹Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

²Институт физики прочности и материаловедения СО РСН, г. Томск, Россия

³Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Смешанные кремний-алюминиевые аэрогели синтезированы золь-гель методом с последующей докритической сушкой. В качестве источника оксида алюминия использовали псевдобемит, полученный окислением наночастиц алюминия в воде. Синтезированный аэрогель относится к нанопористым материалам с развитой удельной поверхностью. Каркас аэрогеля образован сферическими частицами оксида кремния и нанолитами оксида алюминия.

На Фурье-спектрометре Bruker IFS 125 HR проведены измерения спектров поглощения и диффузного отражения образцов аэрогеля с различным содержанием золя бемита от 5 до 15%. Определены окна прозрачности образцов и размер нанопор по спектрам поглощения оксида углерода. Показано, что данные материалы являются перспективными для исследования трансформации спектров поглощения различных молекулярных газов.

Авторы благодарят за финансовую поддержку Российскую Федерацию в лице Министерства образования и науки Российской Федерации, проект № 14.578.21.0042 (идентификатор проекта RFMEFI57814X0042). $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$.

РТУТЬ В ПЫЛЕВЫХ АЭРОЗОЛЯХ В ОКРЕСТНОСТИ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА (НА ПРИМЕРЕ г. ПАВЛОДАР, РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН)

Т.С. Шахова, А.В. Таловская, Е.Г. Язиков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия,
tatyana29@yandex.ru

Обсуждаются результаты исследования ртутной нагрузки в окрестностях нефтехимического комплекса по данным исследования снегового покрова. Пробы были отобраны в северо-восточном направлении на расстоянии от 0,5 до 5 км от границ предприятия. Результаты показали, что содержание ртути превышает фон от 2 до 7 раз в пробах твердого осадка снега. Величина среднесуточного притока ртути на снежный покров изменяется от 9,71 до 222 $\text{мг}/(\text{км}^2 \cdot \text{сут})$, при фоне 3,9 $\text{мг}/(\text{км}^2 \cdot \text{сут})$. Выявлена закономерность увеличения содержания ртути в пробах и ее среднесуточного притока на расстоянии от 0,5 до 1,5 км от предприятия, далее по мере удаления эти показатели снижаются.

Вероятным источником поступления ртути является сжигание газа на факелах предприятия. По литературным данным ртуть может содержаться в сырой нефти и нефтепродуктах, также в попутном газе. Кроме того, ранее нами были выявлены повышенные содержания ртути в районе Томского нефтехимического комбината. С другой стороны рядом с нефтехимическим комплексом г. Павлодара функционирует ТЭЦ-3, использующая Экибастузский уголь и нефтяные сдвухи с нефтехимического предприятия. Это обуславливает дополнительный источник поступления ртути в районе исследования.

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИНЕРАЛЬНО-ТЕХНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В СОСТАВЕ ПЫЛЕВЫХ АЭРОЗОЛЕЙ В ОКРЕСТНОСТЯХ ТЭЦ-5 г. ОМСКА ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА

К.Ю. Михайлова, А.В. Таловская, В.В. Литав, Е.Г. Язиков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия,
mikhailovakseniya@mail.ru

Проведено изучение минерального состава и определения типов техногенных образований в пылевых частицах аэрозолей, осевших из атмосферы на снеговой покров, в зоне влияния теплоэлектростанции ТЭЦ-5 г. Омска. Отбор проб проводился в западном, восточном и северо-восточном направлении на расстоянии от 0,75 до 6 км от труб для определения дальности переноса пылевых выбросов. Для изучения состава частиц использовали бинокулярный микроскоп и электронный сканирующий микроскоп, отдельно был изучен состав магнитной

фракции. По результатам исследования были обнаружены минеральные частицы кварца, алюмосиликатов (полевые шпаты, глинистые минералы). Также были выявлены элемент-содержащие фазы, и их размеры: сера, железо, кремний, алюминий-содержащая фаза (2,1 мкм); кремний, алюминий, магний, калий-содержащая фаза (3,3 мкм); барий и сера-содержащая фаза (4,3 мкм); сера, кремний, алюминий – содержащая фаза (4,8 мкм); железо, кремний, алюминий, кальций-содержащая фаза (5 мкм), вероятно имеющие техногенное происхождение. Техногенные фазы представлены алюмосиликатными и металлические микросферулами, а также частицами недожженного угля и угольной пыли, шлаком и золой процентное содержание которых изменялось от 50 до 93%, при фоне 19%. Анализ пространственного распределения содержания техногенных фаз показал, что не показал существенные изменения по мере удаления от труб.

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ФТОРОМ В ОКРЕСТНОСТЯХ АЛЮМИНИЕВОГО ЗАВОДА ПО ДАННЫМ ИССЛЕДОВАНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА (НА ПРИМЕРЕ г. КРАСНОЯРСКА)

С.А. Поликанова, А.В. Таловская, Н.А. Осипова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия, polikanovasa@mail.ru

Для оценки загрязнения фтором в окрестностях алюминиевого завода г. Красноярск проводился отбор проб снега. В 2013 г. пробы были отобраны на расстоянии 1, 2, 3 км на северо-восток от границы предприятия; в 2014 г. дополнительно были взяты пробы на расстоянии 8 и 13 км от завода. Всего было отобрано 8 проб снега. Содержание фтора в талой снеговой воде по данным измерений в 2013–2014 гг., находится в диапазоне 10,6–15,4 мг/дм³ на расстоянии 1-3 км от границ Красноярского алюминиевого завода, при среднем значении 13,1 мг/дм³. Содержание фтора в пробах талой снеговой воды в 2013 г. превышало ПДК в питьевой воде в среднем в 9 раз, в 2014 г. – в среднем в 5,5 раз. Результаты двухлетних наблюдений показали, что повышенные содержания фтора приходятся на расстояние до 3 км от границ завода. По полученным данным можно сказать, что водорастворимые соединения фтора фиксируются на значительных расстояниях от источников выбросов, что сопоставимо с литературными данными.

ПРОГРАММА ДЛЯ РАСЧЕТА КОМПОНЕНТ ТЕНЗОРА КОЭФФИЦИЕНТОВ ТУРБУЛЕНТНОЙ ДИФфуЗИИ ВОДЯНОГО ПАРА В АТМОСФЕРЕ

К.Ю. Суковатов

Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия, ksukovатов@mail.ru

Для обработки и интерпретации результатов измерений характеристик турбулентного обмена в пограничном слое атмосферы с использованием автоматизированного акустического метеокомплекса АМК-03 разработана программа для расчета компонент тензора турбулентной диффузии. Программа позволяет рассчитать корреляционную функцию случайной величины по заданным пульсациям случайной величины, компоненты искомой величины и их оценки дисперсии. Компоненты тензора турбулентного обмена рассчитываются с использованием процедур численного интегрирования корреляционных функций для турбулентных пульсаций компонент скорости ветра по эйлеровому временному масштабу. Процедура расчета корреляционных функций проверялась на данных с известными корреляционными функциями. Также были протестированы процедуры численного интегрирования. При вычислении коэффициентов турбулентного обмена временной масштаб Эйлера определяется через автокорреляционную функцию пульсаций x -компоненты скорости ветра в точке ее первого обращения в ноль. Программа разработана на языке программирования Python и использует возможности библиотек Scipy, Numpy, Statsmodels.

По измеренным значениям турбулентных пульсаций компонент скорости приземного ветра рассчитаны компоненты тензора коэффициентов турбулентной диффузии водяного пара в атмосфере и дисперсии компонент. Проведено сравнение временного хода коэффициента турбулентного обмена, измеренного другим методом, турбулентного потока импульса и вертикальной диагональной компоненты тензора турбулентного обмена. Получена высокая корреляция между вертикальным турбулентным потоком импульса, интенсивностью турбулентности и вертикальной диагональной компонентой тензора коэффициентов турбулентной диффузии.

Работа выполнена в рамках проекта ФНИ РАН VIII.76.1.2.

ВРЕМЕННОЙ ХОД КОМПОНЕНТ ТЕНЗОРА КОЭФФИЦИЕНТОВ ТУРБУЛЕНТНОГО ОБМЕНА ДЛЯ ВОДЯНОГО ПАРА В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ

К.Ю. Суковатов

Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия, ksukovатов@mail.ru

С использованием автоматизированного акустического метеокомплекса АМК-03 проведены измерения турбулентных пульсаций компонент скорости приземного ветра и других характеристик турбулентности в пограничном слое атмосферы на высоте 25 м в городских условиях. По данным о турбулентных пульсациях компонент скорости ветра в приземном слое проведены расчеты временных корреляционных функций поля скоростей и оценены величины их дисперсии. Далее с использованием полученных корреляционных функций были рассчитаны компоненты тензора коэффициентов турбулентного обмена для водяного пара в приземном слое атмосферы в городских условиях. Рассчитаны дисперсии компонент тензора коэффициентов турбулентной диффузии водяного пара в атмосфере. Анализ полученных результатов показал, что значения компонент тензора коэффициентов турбулентного обмена в течение всего промежутка времени испытывали значительные колебания. Однако в целом эти колебания хорошо коррелируют с изменениями турбулентных потоков, измеренных с использованием метеокомплекса. Значения недиагональных компонент имеют большие абсолютные значения и выходят за пределы величины оценки дисперсии. С уменьшением интенсивности турбулентности в атмосфере наблюдается уменьшение значений компонент тензора турбулентного обмена.

Работа выполнена в рамках проекта ФНИ РАН VIII.76.1.2.

АППРОКСИМАЦИЯ ФУНКЦИИ ПЛОТНОСТИ ВЕРОЯТНОСТИ АБСОЛЮТНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ

К.Ю. Суковатов

Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия, ksukovатов@mail.ru

По измеренным значениям абсолютной влажности воздуха проведена оценка функции плотности вероятности анализируемой величины с использованием аппроксимации по полиномам Чебышева-Эрмита. С использованием автоматизированного акустического метеокомплекса АМК-03 проведены измерения средних значений абсолютной влажности воздуха в приземном слое атмосферы в условиях города. Измерялись средние за десятиминутный интервал значения в г/м³. Далее рассматривался вопрос о виде функции плотности вероятности анализируемой величины. Качественно функция плотности вероятности сильно отличается от нормального распределения. Она является одновершинной, асимметричной, по обе стороны от вершины имеются ветви, достаточно быстро приближающиеся к нулю при возрастании абсолютного значения аргумента. Качественно напоминает логарифмически нормальную функцию. Для логарифмов значений абсолютной влажности гипотеза о нормальности не подтверждается. Для параметризации функций плотности вероятности влажности воздуха использована аппроксимация при помощи ортогональных полиномов. В рамках этой аппроксимации плотность вероятности абсолютной влажности может быть представлена в виде ряда (ряд Эджворта) по одномерным полиномам Чебышева-Эрмита. Разложение в ряд Эджворта в некотором смысле позволяет «измерить» степень отклонения функции плотности вероятности анализируемого параметра от нормального распределения. Рассчитаны значения коэффициентов разложения, в том числе коэффициентов асимметрии, эксцесса, а также для моментов более высокого порядка.

Работа выполнена в рамках проекта ФНИ РАН VIII.76.1.2.

ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ И ВРЕМЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНЦЕНТРАЦИИ МЕТАНА В ПРИЗЕМНОМ ВОЗДУХЕ МОСКВЫ

И.Н. Кузнецова¹, А.А. Архангельская¹, Е.А. Кунчев¹, Н.Е. Брусова¹, П.В. Захарова², Е.А. Лезина²

¹Государственное учреждение Гидрометцентр России, г. Москва, Россия, tuza@metcom.ru

²Мосэкомониторинг, г. Москва, Россия

Наряду с углекислым газом метан признан основной причиной парникового эффекта. В документах ИРСС обозначены и обсуждаются проблемы парниковых газов, в частности отмечается, что распределение метана зависит не от уровня развития промышленности, а от климатических особенностей региона, от темпов глобального потепления. Менее чем глобальные изучены пространственные и временные вариации метана на

ограниченных территориях, в т.ч. в городских агломерациях. По результатам анализа данных измерений концентраций метана в приземном воздухе Москвы представляются статистические показатели, характеризующие уровни и изменчивость метана на станциях мониторинга, обсуждается связь повышения концентраций метана с типом погодных условий и антропогенными газами в городском воздухе.

ПРИЧИНЫ И ФАКТОРЫ АНОМАЛИЙ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В МОСКВЕ И НА ЮГО-ВОСТОЧНОМ ПОБЕРЕЖЬЕ КРЫМА

И.Н. Кузнецова¹, И.Ю. Шалыгина¹, В.А. Лапченко², А.М. Звягинцев³, М.И. Нахаев¹, А.А. Архангельская¹,
Е.А. Лезина⁴

¹Государственное учреждение Гидрометцентр России, г. Москва, Россия

²Карадагский природный заповедник, г. Феодосия, Россия

³Центральная аэрологическая обсерватория, г. Долгопрудный, Россия

⁴Мосэкомониторинг, г. Москва, Россия

Изучены метеорологические факторы, сопутствующие эпизодам с аномально высокими концентрациями загрязняющих веществ в Московском регионе и на юго-восточном побережье Крыма. В качестве основных загрязнителей воздуха рассмотрены рекомендованные Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) следующие вещества: взвешенные частицы (PM10 и PM2.5), озон, окислы азота, серы и углерода. В качестве критических уровней использованы рекомендации ВОЗ, стандарты Европейского Союза и Гигиенические нормативы России. В Московском регионе неудовлетворительное качество воздуха вызывается повышенными концентрациями всех вышеперечисленных веществ, кроме окислов серы; на черноморском побережье Крыма загрязнение воздуха может быть связано только с высокой концентрацией озона, концентрации других загрязнителей здесь не выше сотых долей предельно допустимых. Неудовлетворительное качество воздуха наблюдалось только при метеорологических условиях, неблагоприятных для рассеивания загрязнителей: при термической устойчивости в течение значительной части суток и слабом ветре в пограничном слое атмосферы. Необходимым условием возникновения эпизода озонового загрязнения является максимальная суточная температура выше 26–28°С. Эпизоды аэрозольного высокого загрязнения могут наблюдаться в течение всего года, однако в теплый сезон их повторяемость выше. Кроме таких эпизодов, в Московском регионе фиксируются случаи значительного повышения уровней, обусловленные адвекцией взвешенных частиц из удаленных районов (юг России, Украина, западный Казахстан) в теплых секторах барических образований со скоростью переноса в нижних слоях атмосферы 10–15 м · с⁻¹. Наиболее высокие уровни загрязнения воздуха в Москве наблюдались в период лесных и торфяных пожаров в регионе в 2002 и 2010 гг.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СНЕЖНОГО ПОКРОВА В РЕГИОНЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ ПО ДАННЫМ 2015 г.

О.Г. Нецветаева, Н.П. Сезько, В.В. Носова, И.И. Маринайте, Н.А. Жученко, Н.В. Башенхаева,
М.В. Сакирко, Е.В. Моложникова, Т.В. Ходжер

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия

В феврале–марте 2015 г. проведены снегосъемки в районе Южного, Среднего и Северного Байкала. Целью работы являлось изучение особенностей химического состава снежного покрова в разных районах Байкальского региона и выявление природных и антропогенных факторов, влияющих на повышение концентраций изучаемых компонентов в снеге. Снежный покров отбирался со льда озера, в бассейне его притоков, а также в населенных пунктах, расположенных на побережье озера. В снеговой воде определялись величина рН, перманганатная и бихроматная окисляемость, содержание главных ионов, биогенных компонентов, нефтепродуктов, органического углерода и азота. В ходе работы проведен сравнительный анализ химии снежного покрова в разных районах Байкальского региона. Оценено количество биогенных компонентов и органических веществ, накопленных в снежном покрове и поступающих при его таянии в оз. Байкал. Рассчитано отношение $C_{\text{орг}}/N_{\text{орг}}$, позволяющее судить о генетической природе органического вещества в атмосферных осадках. Исследования выявили пространственную неоднородность химического состава снежного покрова на изучаемой территории. Наиболее низкое содержание изучаемых компонентов определено в снежном покрове со льда Северного Байкала, а также в бассейнах рек Кичера, В. Ангара, Холодная. Наиболее загрязнен снег на Южном Байкале в г. Слюдянка.

Работа выполнена в рамках проекта VIII.76.5.1. «Изменение абиотических и биотических характеристик озера Байкал под влиянием природных и антропогенных факторов».

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИССЛЕДОВАНИЯ АЭРОЗОЛЯ

ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ ФОРМ И ВИДОВ ОБЛАЧНОСТИ НА ОСНОВЕ АКТИНОМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

С.В. Зуев, Н.П. Красненко, Е.С. Карташова

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия, zuev@imces.ru

Наряду с решением прямых задач атмосферной оптики большое значение имеет решение обратных задач, позволяющих определять характеристики атмосферы по результатам инструментальных измерений стандартных метеопараметров. Различные формы и виды облаков имеют свои характерные и обычные особенности в части их оптической толщины. Используя такой признак, как «просвечивающая – полупросвечивающая – непросвечивающая» каждый вид облачности можно описать специфическим, характерным только для нее, влиянием на интенсивность приходящей к поверхности Земли солнечной радиации.

Предлагается подход к параметризации форм и видов облачности на основе анализа их влияния на величины прямой и рассеянной радиации.

Работа выполняется в рамках проектов VII.77.1.2 «Погодно-климатические изменения в Сибири и Арктике в условиях аэрозольных нагрузок» и VIII.80.2.2. «Научные основы создания оптических, акустических и электронных приборов, комплексов и систем для метеорологических измерений и технологии их применения в задачах мониторинга окружающей среды».

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПО ДАННЫМ СУММАРНОЙ РАДИАЦИИ ПРИ КУЧЕВОЙ ОБЛАЧНОСТИ

Е.С. Карташова¹, Н.П. Красненко^{1,2}, С.В. Зуев¹

¹*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия, sunny@imces.ru*

²*Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, г. Томск, Россия*

Основным источником энергии на Земле является Солнце. В результате прохождения в атмосфере интенсивность солнечного излучения меняется за счет рассеяния света молекулами газов и аэрозолями. Почти 98% солнечной радиации сосредоточено в коротковолновой области спектра от 0,3 до 4 мкм. В связи с этим особое значение имеют измерения основных элементов радиационного режима, таких как суммарная, прямая и рассеянная радиация.

Предлагается подход, позволяющий из значений суммарной радиации, полученных с помощью незатененного пиранометра, выделять значения прямой радиации, что позволяет определять такие параметры, как продолжительность солнечного сияния, коэффициент прозрачности и фактор мутности атмосферы по стандартным методикам, изложенным в [1, 2].

Работа выполняется в рамках проекта VII.77.1.2 «Погодно-климатические изменения в Сибири и Арктике в условиях аэрозольных нагрузок».

1. *Руководство гидрометеорологическим станциям по актинометрическим наблюдениям* / Под ред. Г.П. Гущина, Е.П. Барашковой. Л.: Гидрометеоиздат, 1973. 224 с.
2. *Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Метеорологические наблюдения на станциях. Часть I* / Под ред. Г.И. Слабковича. Л.: Гидрометеоиздат, 1985. 301 с.

ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЗЗ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ И МОНИТОРИНГА ПОЖАРНОЙ ОБСТАНОВКИ В СИБИРСКОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ

Д.Ю. Завьялова¹, О.Г. Новикова¹, О.А. Дубровская², Ю.Н. Синявский²

¹НИЦ «Планета», г. Новосибирск, Россия

²Институт вычислительных технологий СО РАН, г. Новосибирск, Россия

Существующая в стране система борьбы с пожарами обеспечивает соответствующий современным требованиям уровень противопожарной защиты лесов лишь на ограниченных территориях европейской части России, Сибири и Дальнего Востока, не затрагивая при этом отдаленные и труднодоступные территории. В докладе представлена технология мониторинга пожароопасной обстановки и задымленности на территории Сибирского федерального округа по разнородным данным ДЗЗ. Технология включает следующие основные этапы:

Обнаружение очагов пожаров по данным с космических аппаратов Terra/Aqua, Suomi NPP и NOAA. Оперативность обнаружения обеспечивается высокой частотой съемки и широкой полосой охвата. Точки вероятного возгорания (hot spot) точки определяются и фиксируются в периодической отчетности.

Классификация фронта пожара в автоматизированном режиме. Использование алгоритма пороговой сегментации по спектральным характеристикам позволяет выделить горящую кромку пожара в отдельный класс и построить соответствующий векторный слой.

Мониторинг пожарной обстановки и распространения дымовых шлейфов. Данные с зарубежных (Terra/Aqua, Suomi NPP, NOAA, Landsat-8) и российских (Метеор-М № 2, Канопус-В, Ресурс-П № 1 и № 2) космических аппаратов используются для прогнозирования распространения надвигающейся кромки к ближайшему населенному пункту. По результатам их классификаций строятся актуальные крупномасштабные карты пожароопасности ситуации и задымленности, позволяющие вычислить площади выгоревших территорий и определить ущерб землям лесного и нелесного фондов.

Автоматический расчет аэрозольного индекса дымового шлейфа. Аэрозольный индекс, рассчитанный по данным прибора OMPS (KA Suomi NPP), позволяет определить степень загрязнения атмосферы над действующими очагами пожаров и проследить динамику распространения дымовых шлейфов.

Представленная технология позволяет оперативно обрабатывать данные и представлять результаты в удобной конечному потребителю форме, что значительно упрощает оперативное принятие решений по предотвращению и снижению ущерба от ЧС.

МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ФУНКЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТИЦ ПО РАЗМЕРАМ В ТУРБИДИМЕТРИЧЕСКОМ ВЫСОКОСЕЛЕКТИВНОМ МЕТОДЕ

А.А. Жирнов, С.С. Титов, О.Б. Кудряшова

Институт проблем химико-энергетических технологий СО РАН, г. Бийск, Россия, toluol_88@mail.ru

Турбидиметрический высокоселективный метод (ТВСМ) является модификацией метода спектральной прозрачности и позволяет определять дисперсные характеристики аэрозольных сред [1]. В математической модели, лежащей в основе алгоритмов обработки экспериментальных данных ТВСМ, решение для функции распределения частиц по размерам находится в виде аналитической функции гамма-распределения.

При измерении дисперсных характеристик аэрозолей, особенно в условиях быстропротекающих процессов (импульсных процессов генерации аэрозолей и т.д.) аналитическая функция не всегда может адекватно описывать экспериментальные данные [2], поэтому для повышения точности полученных результатов в работе предлагается искать решение в виде многопараметрической функции распределения (гистограммы).

Решение обратной задачи оптики аэрозолей путем решения серии прямых задач, особенно при использовании множества параметров, требует большого времени вычислений. Для ускорения расчетов в работе предлагаются оптимизированные алгоритмы с использованием гетерогенного персонального суперкомпьютера (технология Nvidia CUDA).

1. Титов С.С. Турбидиметрический высокоселективный метод и быстродействующий измерительный комплекс определения параметров нестационарных многофазных сред [текст] : дис. канд. техн. наук : 01.04.01 защищена 08.12.2011 / Титов Сергей Сергеевич. Бийск 2011. 153 с.
2. Жирнов А.А., Ахмадеев И.Р., Кудряшова О.Б. Параллельные вычисления в методе малоуглового рассеяния // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2015. № 8. С. 46–50.

МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ СЕТИ СТАНЦИЙ МОНИТОРИНГА ВЫБРОСОВ ГАЗОВ И АЭРОЗОЛЕЙ

Б.М. Десятков, Н.А. Лаптева, А.Н. Шабанов

*Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор», п. Кольцово, Россия,
lapteva@vector.nsc.ru*

При техногенных авариях и террористических акциях в атмосферу могут выбрасываться опасные для человека газы и аэрозоли. Существующая сеть станции контроля загрязнения воздуха в крупных городах и промышленных центрах не всегда позволяет обнаружить такие выбросы и определить координаты источника, так как создана для иных целей. Поэтому актуальной становится задача разработки метода построения оптимальной сети станций контроля, которая позволит следить за потенциально опасными источниками газов и аэрозолей.

Предлагаемый метод основан на последовательном решении «прямых» задач рассеяния атмосферных примесей, когда по информации об источнике моделируется распространение примесей при всех теоретически возможных метеорологических ситуациях. Строится предварительная сеть станций мониторинга, которая будет в состоянии зафиксировать выброс при любых рассмотренных метеорологических условиях. Далее определяется вес каждой станции и проводится ранжирование их по весу. В зависимости от веса определяется минимальное количество станций мониторинга и их координаты, которые позволят зафиксировать выбросы при всех наиболее вероятных метеорологических условиях. Полученную сеть можно разбить на стационарные станции и передвижные (автомобильные). Это позволит существенно уменьшить экономические затраты.

Выполнен анализ оптимальных сетей станций контроля, построенных для всех сезонов года и для различных значений чувствительности приборов, измеряющих концентрацию примесей в атмосфере.

Для моделирования диффузии примесей в пограничном слое атмосферы используется разработанная в ГНЦ ВБ «Вектор» численно-аналитическая модель переноса аэрозолей в термически стратифицированном пограничном слое атмосферы [1].

1. Бородулин А.И., Десятков Б.М. Моделирование распространения примесей в атмосферном пограничном слое. Новосибирск: Новосибирский государственный университет. 2007. 376 с.

КОМПЛЕКСНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ВАЛИДАЦИИ ДАННЫХ НАЗЕМНЫХ МИКРОВОЛНОВЫХ РАДИОМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ АТМОСФЕРЫ

Е.В. Ганшин¹, А.Г. Горелик¹, Г.Н. Ильин², Е.Н. Кадыгров¹, А.К. Князев¹, Е.А. Миллер¹, Т.А. Точилкина¹,
А.В. Троицкий³

¹Центральная аэрологическая обсерватория, г. Долгопрудный, Россия, evgeny.ganshin@gmail.com

²Институт прикладной астрономии РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

³Научно-исследовательский радиофизический институт, г. Нижний Новгород, Россия

Одним из важнейших параметров состояния атмосферы являются профили температуры, влагозапас и вододефицит. Для определения этих параметров широко используются наземные приборы, основанные на использовании метода микроволновой радиометрии. В 2014–2015 гг. в Центральной аэрологической обсерватории были проведены комплексные сравнения приборов. В сравнениях участвовали: многоканальные микроволновые комплексы RPG-HARPRO G4 (Германия), «Микрорадком» (Россия); одноканальный сканирующий микроволновый профилемер МТП-5 для измерения профилей температуры атмосферного пограничного слоя (АПС); двухканальный микроволновый комплекс РВП-2 (Россия) для измерения общего содержания воды и влагозапаса в атмосфере. Кроме того, использовались данные близлежащей (100 м) аэрологической станции радиозондирования (станция № 27612 Москва по классификации WMO), а также данные специализированных приемников GPS о содержании водяного пара в столбе атмосферы. Эксперимент проводился в 2 этапа. Первым являлось прямое сравнение радиометрических данных Q с данными радиозондирования и навигационной системы GPS, станции Зеленоград. Прямые сравнения проводились в апреле–мае 2015 г. в г. Долгопрудный, ЦАО. Среднее значение разности радиометрических и радиозондовых данных определения Q составляли величину $\sim 0,05$ г/см². Второй этап – сравнения температурных профилей радиометрических комплексов с данными радиозондирования. Точность восстановления (СКО) профиля $T(h)$ в интервале высот $0\div 1,2$ км составила величину

ну $(0,2 \div 1,2)^\circ \text{C}$, а точность на высотах $4 \div 8 \text{ км}$ $\sim (2,5 \div 3,5)^\circ \text{C}$, соответственно в зависимости от погодных условий.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (грант 14-05-0038).

СОПОСТАВЛЕНИЕ СПУТНИКОВЫХ ОЦЕНОК АЭРОЗОЛЬНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ТОЛЩИНЫ С ДАННЫМИ ИЗМЕРЕНИЙ НА СТАНЦИЯХ AERONET «МГУ» И «ЗВЕНИГОРОД»

М.А. Свириденков¹, С.А. Ситнов¹, Н.Е. Чубарова²

¹Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия, sviridenkov@ifaran.ru

²Московский государственный университет, г. Москва, Россия

Преимуществом спутниковых методов мониторинга аэрозольной оптической толщины (АОТ) является глобальность охвата. В то же время, точность спутниковых данных невысока, особенно над континентами. Для ее оценки необходимо сравнение с надежными наземными данными. В настоящее время наиболее точно АОТ измеряется на станциях сети AERONET [1], курируемой NASA (США). В европейской части России функционируют две станции AERONET – с 2001 г. MO MSU (Метеорологическая обсерватория МГУ, Москва, Ленинские горы) и Zvenigorod (Новошихово, Московская область) с 2006 г.

В докладе приводятся результаты сопоставления спутниковых данных (спектрорадиометры MODIS на платформах Aqua и Terra) [2] с результатами измерений в Москве (2002–2014 гг.) и Новошихово (2006–2014 гг.). При интерпретации данных солнечной и надирной фотометрии важной является проблема фильтрации облачных ситуаций. В данной работе мы использовали только те дни измерений, когда есть АОТ с обеих платформ. Из наземных измерений были отобраны ситуации, для которых на сайте AERONET представлены результаты решения обратной задачи по данным уровня 2.0. В результате были сформированы массивы в 436 дней для Москвы и 250 для Звенигорода. Корреляция спутниковых и наземных АОТ оказалась не очень высокой – коэффициенты детерминации равны 0,67 (Terra) и 0,69 (Aqua) для Москвы и 0,61 и 0,67, соответственно, для Звенигорода. Обращает на себя внимание значительная величина свободного члена в уравнениях регрессии (0,06–0,08), что означает недооценку малых АОТ со спутников. Сопоставление погрешностей спутниковых оценок с оптическими параметрами аэрозоля – показателем Ангстрема и средним косинусом индикатрисы рассеяния – заметной связи не выявило. К сожалению, данных об альбедо однократного рассеяния недостаточно для статистических оценок.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (Проект № 15-05-07853).

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЗЗ НА ОСНОВЕ ТЕКСТУРНОГО АНАЛИЗА И ТЕХНОЛОГИЙ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

В.Г. Астафуров^{1,2}, Т.В. Евсюткин¹

¹Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, ootphi.iao@gmail.ru

²Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, г. Томск, Россия

Одной из приоритетных задач по обработке данных ДЗЗ является задача автоматической классификации облачности, результаты решения которой необходимы в нефанализе при построении, анализе и синоптической интерпретации карт распределения облачности на обширных территориях для прогноза погоды. При этом вопрос об автоматической классификации перистой облачности по подтипам не рассмотрены в зарубежных и отечественных работах.

В докладе рассматривается специализированный программный комплекс для автоматической классификации текстур изображений, полученных по спутниковым данным MODIS. Основными функциональными возможностями программы являются обработка файлов формата HDF тематических продуктов MODIS (MOD02, MOD06_L2, MOD35_L2) и выполнение процедуры обучения нечетких нейронных сетей (ННС), самоорганизующихся сетей и вероятностных нейронных сетей по наборам фрагментов изображений с различным типом текстур. Также выполнять процедуру классификации текстур изображений на основе значений текстурных признаков методов GLDV, GLCM, SADH. Обсуждаются предложенные нами методики сравнительного анализа гистограмм выборочных значений текстурных признаков для получения информации об их информативности и построения классификатора на основе ННС для классификации слабоконтрастных объектов на спутниковых снимках.

Набор функциональных возможностей программы делает возможным ее использование для классификации четырех подтипов перистой облачности согласно действующему метеорологическому стандарту с оценкой вероятности правильной классификации тестовой выборки равной 0,58.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (грант № 14-07-31018 мол_а).

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОНИКНОВЕНИЯ ПОЛИСТИРОЛЬНЫХ ЧАСТИЦ ЧЕРЕЗ ДЫХАТЕЛЬНЫЕ ПУТИ МЕТОДОМ УСКОРИТЕЛЬНОЙ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ

А.В. Селиванова¹, Е.В. Пархомчук^{1,2}, Д.Г. Гулевич^{1,2}, А.М. Бакланов³, Т.А. Трубицына⁴,
А.В. Петрожицкий⁵

¹Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Россия. alexselivf@gmail.com

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

³Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского СО РАН, г. Новосибирск, Россия

⁴ООО «Академлаб», г. Новосибирск, Россия

⁵Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера, г. Новосибирск, Россия

В связи с ухудшающейся экологической обстановкой, все большее значение приобретают работы посвященные изучению влияния загрязнителей на живые организмы. На данный момент во всех существующих работах, по изучению проникновения аэрозолей через дыхательные пути в живые организмы, исследуются аэрозоли в концентрациях на порядки, превышающие реальные значения.

Данная работа посвящена изучению проникновения аэрозолей в живые организмы в условиях приближенных к реальным.

В качестве объекта исследования были выбраны мыши, подвергающиеся воздействию аэрозоля в специальных камерах. Для генерации аэрозоля использовалась суспензия полистирольных частиц диаметром 0,22 мкм с метками радиоактивного изотопа углерода ¹⁴C. Для регистрации аэрозолей проникающих в ткани живых организмов использовался метод ускорительной масс-спектрометрии, предназначенный для сверхчувствительного анализа изотопного состава вещества.

В данной работе были исследованы ткани легких, сердца, печени, почек и мозга. Показано успешное применение метода ускорительной масс-спектрометрии для исследования проникновения аэрозольных частиц через дыхательные пути.

ОЦЕНКА СКОРОСТИ ИНАКТИВАЦИИ МИКРООРГАНИЗМОВ НА ФИЛЬТРОЭЛЕМЕНТАХ ВОЗДУХООЧИСТИТЕЛЕЙ-ОБЕЗЗАРАЖИВАТЕЛЕЙ «ТИОН»

Г.А. Буряк¹, И.С. Андреева¹, В.А. Вечканов¹, О.В. Пьянков¹, А.С. Сафатов¹, Н.А. Соловьянова¹,
В.В. Солодкий¹, Д.А. Трубицын²

¹Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор», п. Кольцово, Россия,
buriak@vector.nsc.ru

²ООО «Аэросервис», г. Новосибирск, Россия

Очистка воздуха помещений от биоаэрозоля является актуальной задачей. Высокую степень очистки воздуха дают обеззараживатели-очистители воздуха, работающие в режиме рециркуляции, в частности «Тион» (компания «Аэросервис»). Эти и другие устройства рециркуляционного типа содержат фильтрующие элементы, которые удаляют аэрозольные частицы различной природы из очищаемого воздуха. Осевшие на фильтрующих элементах микроорганизмы накапливаются в процессе работы и могут реаэрозольироваться в ходе плановой замены фильтроэлементов, что, при сохранении жизнеспособности микроорганизмов, представляет угрозу здоровью персонала, осуществляющему замену фильтров, и персоналу, работающему в этих помещениях.

Целью данной работы являлось изучение скорости инаktivации некоторых микроорганизмов на фильтроэлементах, работающих в штатном режиме обеззараживателя-очистителя воздуха «Тион» под действием озона и аэроионов, образующихся в коронном разряде во время работы прибора.

Экспериментальные исследования показали, что в условиях проведения экспериментов за 2 часа работы приборов инаktivируется 99,95% бактерий *Staphylococcus aureus*, 99,96% микобактерий *M. smegmatis*, 99,994% вирусов Эбола и свыше 9 порядков величины вирусов гриппа A/Aichi/2/68.

Таким образом, в реальных условиях эксплуатации обеззараживателей-очистителей воздуха «Тион» достаточно их работы с чистым воздухом в течение 4–6 часов, чтобы внутри прибора практически не осталось жизнеспособных микроорганизмов, ранее осевших на фильтроэлементах работавших в штатном режиме устройств.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ТУРБИДИМЕТРИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНЕГО ОБЪЕМНО-ПОВЕРХНОСТНОГО ДИАМЕТРА ЧАСТИЦ АЭРОЗОЛЬНЫХ СРЕД

Э.А. Мецлер, С.С. Титов, А.А. Павленко, В.А. Архипов

Институт проблем химико-энергетических технологий СО РАН, г. Бийск, Россия, mezlered@mail.ru

Данная работа направлена на разработку методики определения среднего объемно-поверхностного диаметра частиц (D_{32}) субмикронных аэрозольных сред. Этот параметр используют в качестве характеристики распределения дисперсных частиц по размерам.

Обычно определение D_{32} по данным о спектральной прозрачности исследуемой среды осуществляется с использованием аналитической зависимости отношения усредненных факторов эффективности ослабления от D_{32} . То есть, используется некая аппроксимационная функция, которая в отличие от точного решения (а методика предполагает точное решение Ми) не может учитывать все особенности поведения этой зависимости, связанные с влиянием на ее вид от ширины и моды функции распределения частиц по размерам. Таким образом, теоретические зависимости отношений усредненных факторов эффективности ослабления от D_{32} , найденные по точным формулам теории Ми, позволяют выявить диапазоны размеров частиц, где на эти отношения не влияет вид функции распределения частиц по размерам. Необходимость этого обусловлена тем, что одному значению D_{32} может соответствовать множество функций распределения частиц по размерам.

Данная методика позволяет для заданных длин волн зондирующего излучения найти диапазон определения D_{32} в котором погрешность определения не превышает заданного значения.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант мол_нр 15-32-50547).

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЗОНДИРОВАНИЯ МАКЕТОМ УОР-ЛИДАРА С ДАННЫМИ КОНТРОЛЯ АТМОСФЕРНОЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ

И.А. Разенков, В.А. Банах

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

Год назад был создан двухканальный аэрозольный микроимпульсный лидар для регистрации усиления обратного рассеяния (УОР) в турбулентной атмосфере. Прибор может работать непрерывно в автоматическом режиме. В настоящее время, из-за высокой частоты повторения лазерных импульсов (50 КГц), трасса зондирования горизонтальная и направлена на стену строящегося здания на удалении 2 км. Лидар позволяет вдоль трассы зондирования регистрировать коэффициент усиления обратного рассеяния, величина которого зависит от интенсивности атмосферной турбулентности.

Для независимого контроля турбулентности на трассе зондирования был реализован способ оценивания дисперсии смещения центра тяжести белого круга на черном фоне. Черный экран с белым кругом в центре располагался на стене здания. Приемный телеобъектив располагался рядом с лидаром. Изображение белого круга строилось на матрице обычной вэб-камеры. В процессе работы для каждого кадра определялось положение центра тяжести. Чтобы можно было осуществлять контроль в ночное время, внутри круга примерно на равном расстоянии размещались белые светодиоды в количестве 28 штук. Диаметр круга составлял 18 см.

В докладе обсуждаются результаты параллельной синхронной работы УОР-лидара и датчика центра тяжести белого круга.

ГЕНЕРАЦИЯ ОПТИКО-АКУСТИЧЕСКОГО СИГНАЛА ПРИ ПОГЛОЩЕНИИ ИМПУЛЬСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ГАЗОВОАЭРОЗОЛЬНЫХ СРЕДАХ

Б.А. Тихомиров

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, bat@iao.ru

Исследовалась форма сигналов, генерируемых в камерах оптико-акустических (ОА) детекторов двух модификаций при поглощении наносекундных импульсов излучения с длинами волн 532 и 1064 нм аэрозольными

частицами (сигаретный дым, сажевый аэрозоль от керосиновой горелки, атмосферный аэрозоль) и молекулами (NO_2 , H_2O) в воздухе. В эксперименте использовались цилиндрические ОА камеры с небольшим ($d \ll L = 25$ см, d – диаметр и L – длина камеры) и большим диаметрами ($d \sim L = 25$ см).

Установлено, что при аэрозольном поглощении в ОА камере малого диаметра дополнительно к полезному сигналу и фоновому сигналу от поглощения стенками камеры излучения, рассеянного на окнах, генерируются фоновые сигналы, связанные с рассеянием излучения аэрозольными частицами. Первый из них появляется в результате поглощения рассеянного излучения стенками камеры и имеет такую же полярность, что и полезный сигнал. Второй сигнал имеет обратную полярность и связывается с проявлением фотоэффекта (выбиванием электронов) на поверхности мембраны микрофона. Амплитуды полезного и всех фоновых сигналов прямо пропорциональны концентрации аэрозольных частиц. Основным заключением работы является то, что, несмотря на значительно меньшую чувствительность ОА детектора с камерой большого диаметра, его применение в исследованиях аэрозольного поглощения лазерных импульсов является предпочтительным. ОА детектор с камерой малого диаметра дает искаженную информацию о характеристиках аэрозольного поглощения.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЛЕДОВ ЭРОЗИИ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ В СОСТАВЕ ДИСПЕРСНЫХ ПРОДУКТОВ ЭМИССИИ МЕТОДОМ РФА СИ

О.В. Чанкина¹, А.С. Козлов¹, С.А. Попова¹, Я.В. Ракшун³, А.К. Петров¹, А.А. Иноземцев², А.Н. Саженов²,
А.М. Сипатов², В.В. Цатнашвили², В.Г. Августинovich²

¹Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского СО РАН, г. Новосибирск, Россия,
popova@kinetics.nsc.ru

²ОАО «Авиадвигатель», г. Пермь, Россия

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

Работа проводилась на автономном испытательном стенде ОАО «Авиадвигатель» с целью проверки возможности диагностики местоположения и скоростей плавного эксплуатационного разрушения нагруженных элементов газотурбинных двигателей.

Проведены исследования по определению элементного состава нелетучих частиц в продуктах эмиссии сектора камеры сгорания газотурбинного двигателя (температура в ходе испытаний достигает 1700°C) методом РФА СИ (ЦКП СЦСТИ). Достоверно определено 12 элементов – Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Sr, Mo и Pb. Причем более 70% от общего количества приходится на железо, цинк и свинец. Причина появления конкретных элементов в пробе является предметом дальнейших исследований. Помимо этого, был изучен элементный состав керосина марки ТС-1, используемого в качестве исходного топлива. Стоит отметить, что влияние керосина на состав эмиссии пренебрежительно мало.

КИНЕТИКА ОБРАЗОВАНИЯ АЭРОЗОЛЯ В СМЕСЯХ ПАРОВ H_2O С МОЛЕКУЛЯРНЫМИ ГАЗАМИ ПРИ РЕГУЛИРУЕМОЙ СКОРОСТИ СБРОСА ДАВЛЕНИЯ И ВОЗДЕЙСТВИИ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

А.В. Климкин¹, А.Н. Куряк¹, К.Ю. Осипов¹, Ю.Н. Пономарев¹, А.С. Козлов², С.Б. Малышкин²

¹Институт оптики атмосферы СО РАН, Томск, Россия, uiron@iao.ru

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

В докладе описаны результаты исследования образования аэрозольных частиц и капель в смесях насыщенного водяного пара с воздухом и молекулярными газами. Кинетика генерации аэрозоля и капель исследована в отсутствие и при воздействии монокинетического пучка электронов на газовую смесь с пересыщенным водяным паром. Аэрозоль и капли образуются в приготовленной смеси при контролируемом сбросе давления из сферической камеры диаметром 1,4 м в вакуумизированный буферный резервуар объемом ~ 40 м³. Кинетика образования аэрозольных частиц и капель регистрировались методом малоуглового рассеяния лазерного луча и с помощью аэрозольного спектрометра, в зависимости от скорости сброса давления и давления и состава исходной газовой смеси.

Работа выполнена в рамках интеграционного проекта междисциплинарных фундаментальных исследований СО РАН № 79.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК АТМОСФЕРЫ С ПОМОЩЬЮ СИНХРОННОГО МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ

А.П. Ростов, Н.А. Шефер

Институт оптики атмосферы им В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, shefer@iao.ru

Проведена серия экспериментов с использованием многопараметрического измерителя турбулентных микропульсаций компонент скорости ветра, температуры, влажности, давления и концентрации аэрозольных частиц с целью экспериментального исследования нижних слоев атмосферы. Измеритель представляет собой компактный прибор, который объединяет в своем составе акустический измеритель трех компонент скорости ветра и температуры, оптический инфракрасный измеритель микропульсаций абсолютной влажности, датчики температуры, давления, и относительной влажности, а также одноугловой нефелометр открытого типа, для измерений пульсаций коэффициента аэрозольного рассеяния и оценки пульсаций концентрации атмосферного аэрозоля.

ОБРАТНЫЕ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ МАСС В СТРАТОСФЕРЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ПОВЫШЕННОГО СОДЕРЖАНИЯ СТРАТОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ

Д.А. Трифонов

Институт оптики атмосферы им В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, dmitriy.trifonov.91@mail.ru

Измерения характеристик стратосферного аэрозоля (СА) осуществляется в ИОА СО РАН в Томске с 1986 года. Траекторный анализ переноса стратосферных воздушных масс по модели NOAA HYSPLIT MODEL позволяет связать наблюдаемые аэрозольные слои с переносом продуктов извержения вулканов. После релаксации аэрозольного возмущения стратосферы в результате извержения вулкана Пинатубо (июнь 1991 г., Филиппины) с 1996 по 2006 г. в стратосфере наблюдалось фоновое аэрозольное содержание. С 2006 г. наблюдалась серия извержения вулканов Тихоокеанского «Огненного кольца» и Исландии. Для определения источников повышенного аэрозольного содержания в стратосфере над Томском были построены обратные траектории движения воздушных масс в районы извержений соответствующих вулканов, в разные дни наблюдения и на различных высотах при помощи программы, которая находится в свободном доступе сети интернета (<http://www.ready.arl.noaa.gov/hysplit-bin/trajsrc.pl>). Для работы программы закладываются реальные и модельные данные (шар-зонд, спутник, лидар и т.д.). Со временем данные которые заложены в программе – корректируются. После каждого извержения вулканов регистрировалось повышенное содержание СА над Томском. С использованием метода построения прямых и обратных траекторий переноса воздушных масс, в стратосфере, показано, что состояние СА над Томском определялось продуктами извержения вулканов 2006–2015.

Работа выполнена при финансовой поддержке Миннауки и образования (Соглашение № 14.604.21.0100). Российского научного фонда (Соглашение № 14-27-00022) и гранта президента РФ по поддержке ведущих научных школ (НШ- 4714.2014.5)

МЕТОД УСТРАНЕНИЯ ДИСТОРСИИ В ALLSKY-ИЗОБРАЖЕНИЯХ ПРИ ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ

В.П. Галилейский¹, А.И. Елизаров^{1,2}, Д.В. Кокарев¹, А.М. Морозов¹

¹*Институт оптики атмосферы им В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, moroz@iao.ru*

²*Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия*

В практике наблюдений облачности «всего» небосвода широко используются панорамные устройства со сверхширокоугольными объективами типа «рыбий глаз» или «Allsky» [1, 2], которые позволяют на одном кадре отобразить весь видимый небосвод. Однако сверхширокоугольные объективы имеют значительную радиальную дисторсию, которая выражается в нелинейности отображения в фокальной плоскости световых пучков приходящих под разными углами относительно оптической оси. Для учета этих искажений необходимо найти функции прямого и обратного преобразования между прямоугольными координатами изображения (x, y) и горизонтальными сферическими координатами (z, A), где z – угловое зенитное расстояние, A – азимут. Авторами доклада разработана методика калибровки «Allsky» оптических систем по звездам, координаты которых рас-

считываются на заданный момент времени. Сопоставляя координаты набора звезд на изображении и на небе, методом полиномиальной аппроксимации рассчитывается двумерный полином 4-го порядка.

1. Галилейский В.П., Морозов А.М., Ошлаков В.К. Панорамный фотометрический комплекс для контроля прямой и рассеянной солнечной радиации. Региональный мониторинг атмосферы. Ч. 2. Новые приборы и методики измерений: Коллективная монография / Под общей редакцией М.В. Кабанова. Томск: изд-во «Спектр» Института Оптики Атмосферы СО РАН, 1997. С. 146–160.
2. Galileiskii V.P., Elizarov A.I., Kokarev D.V., Morozov A.M. Direction and movement angular velocity determining of cloudiness with panoramic images of the sky // Proc. SPIE 9292, 20th International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics, 929212 (November 25, 2014); doi:10.1117/12.2074811.

НАБЛЮДЕНИЕ АНОМАЛЬНОГО ОПТИЧЕСКОГО ЯВЛЕНИЯ НАД ГОРОДОМ

В.П. Галилейский¹, А.И. Елизаров^{1,2}, Д.В. Кокарев¹, А.М. Морозов¹

¹Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, moroz@iao.ru

²Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

В ИОА СО РАН создается панорамно-оптическая станция (ПОС) TomSky, назначение которого – круглосуточный контроль оптического состояния неба. В период тестовых наблюдений весна–осень 2015 было зарегистрировано множество интересных и, даже, необычных событий, произошедших на небосводе. Одному из таких явлений посвящен данный доклад.

Ночью 8 сентября ПОС TomSky на протяжении с 0 часов до 3 часов 15 минут зарегистрировал серию изображений неба с необычной конфигурацией статичных компактных световых пятен различной яркости. По полученным фотографиям, состояние неба на этот период: перистые облака переменной формы и плотности (местами хорошо просматриваются звезды), от 2 до 8 баллов переходящие в конце в плотную перисто-кучевую облачность. Проведенный анализ и обработка всей серии изображений позволяет сделать заключение, что наблюдаемые световые пятна – есть отражение городских источников света на слое перистой облачности содержащей горизонтально ориентированные ледяные пластинки.

1. Галилейский В.П., Морозов А.М. Панорамный фотометрический комплекс // Оптика атмосферы и океана. 1993. Т. 6, № 9. С. 1131–1135.
2. Маричев В.Н., Галилейский В.П., Кузьменков Д.О., Морозов А.М. Экспериментальные наблюдения зеркального отражения лазерного излучения от ориентированных кристаллических частиц, сосредоточенных в слое атмосферы // Оптика атмосферы и океана. 2009. Т. 22, № 12. С. 1145–1147.
3. Borovoi A., Galileiski V., Morozov A., Cohen A. Detection of ice crystal particles preferably oriented in the atmosphere by use of the specular component of scattered light // Opt. Express. 2008. V. 16. No. 11. P. 7625–7633.

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЛАЧНОСТИ ПО ALLSKY ИЗОБРАЖЕНИЯМ НОЧНОГО НЕБА

В.П. Галилейский¹, А.И. Елизаров^{1,2}, Д.В. Кокарев¹, А.М. Морозов¹

¹Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, kdv_02@iao.ru

²Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

Для идентификации облачного поля на AllSky изображениях небосвода, полученных цифровыми фотодетекторами, популярен алгоритм, основанный на существенном различии характера рассеяния солнечного излучения молекулярной атмосферы и крупными частицами облачности, в результате чего чистое небо воспринимается синим, а облачность серым. Однако данный алгоритм не пригоден в ночное и сумеречное время суток из-за отсутствия интенсивного солнечного (или даже лунного) излучения.

Авторами настоящего доклада предложен алгоритм обнаружения облачного поля на изображениях ночного неба и позволяет с высокой достоверностью решить эту задачу. Алгоритм основан на поиске на изображении точечных источников света (звезд). Наличие такого источника света указывает на отсутствие экранирующего объекта (облака). Для выявления точечных источников света изображение фильтруется и выявляются на нем яркие объекты, после этого определяется площадь этих объектов, если площадь объекта удовлетворяет определенному критерию, то этот объект относят к объекту типа «звезда». Надежность обнаружения «безоблачных» участков неба можно увеличить, предварительно рассчитав на заданный момент времени положение звезд на

небосводе. В алгоритме учитывается положение и угловые размеры Луны (при ее наличии на небе) и эта область в анализе не участвует, кроме того, учитываются «битые пиксели» матрицы фотодетектора.

Для реализации такого алгоритма важно, чтобы изображения ночного неба удовлетворяли определенным параметрам их качества.

1. Галилейский В.П., Морозов А.М. Панорамный фотометрический комплекс // Оптика атмосферы и океана. 1993. Т. 6, № 9. С. 1131–1135.

ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ОБЛАЧНОСТИ И КОНТРОЛЯ ОПТИКО-ФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРЫ, НА БАЗЕ ПАНОРАМНОЙ ФОТОМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «ALL SKY»

В.П. Галилейский¹, А.И. Елизаров^{1,2}, Д.В. Кокарев¹, А.М. Морозов¹

¹Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, kdy_02@iao.ru

²Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

В настоящее время в мире существует сеть панорамных Allsky станций по наблюдению за облачностью. К недостаткам таких станций можно отнести тот факт, что они предназначены только для наблюдения, и не предполагается какого либо анализа текущей ситуации и тем более прогнозирования. Кроме того, используемых в этих устройствах фотоприемники не обеспечивают высокое угловое и пространственное разрешение.

Нами разработана автоматизированная программно-аппаратная панорамная система TomSky предназначенная для мониторинга текущего состояния облачности, с возможностью в дальнейшем построения комплекса разнесенных на большой территории связанных Allsky станций под общим управлением для получения общей картины. Основное преимущество заключается в увеличении пространственного разрешения системы наблюдения а, следовательно, увеличения степени детализации данных предназначенных для дальнейшей обработки и прогноза. Кроме этого в комплексе реализованы алгоритмы, позволяющие надежно определять состояние окружающего пространства:

- коррекция искажений регистрируемых изображений;
- определение балла облачности в дневное и ночное время;
- расчет направления и скорости перемещения облачных полей;
- расчет яркости и прозрачности атмосферы.

1. Galileiskii V.P., Elizarov A.I., Kokarev D.V., Morozov A.M. Direction and movement angular velocity determining of cloudiness with panoramic images of the sky // Proc. SPIE 9292, 20th International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics, 929212; [oi:10.1117/12.2074811](https://doi.org/10.1117/12.2074811).

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ ПОЛЯРНЫХ СИЯНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАНОРАМНО-ОПТИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ TOMSKY

В.П. Галилейский¹, А.И. Елизаров^{1,2}, Д.В. Кокарев¹, А.М. Морозов¹

¹Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, gvp@iao.ru

²Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

В верхних слоях атмосферы нередко наблюдается свечение, вызванное возбуждением атомов и молекул на высотах 90–1000 км потоками космических частиц (электронов и протонов с энергиями от сотен эВ до десятков кэВ). По интенсивности этого свечения можно судить о мощности воздействия на земную атмосферу, и планету в целом, внешнего физического поля.

Основным источником высокоэнергетических частиц является Солнце. Генерируемые им частицы, распространяясь в космическом пространстве, взаимодействуют с космическими телами его окружающим и, в том числе, с нашей планетой. Магнитное поле способно трансформировать движение электронов и протонов. Это происходит и при их движении в околоземном пространстве, так как наша планета обладает заметным магнитным полем. Следует отметить, что поток космических частиц носит резко иррегулярный характер и магнитное поле нашей планеты в течение года изменяет свое положение относительно направления потока частиц. Эти два обстоятельства заметно влияют и на уровень наблюдаемого свечения в верхних слоях атмосферы.

Созданная в ИОА СО РАН Панорамно-оптическая станция TomSky позволяет круглосуточно регистрировать угловое распределение яркости по всему небу и, в том числе, полярные сияния. В настоящем сообщении рассматриваются некоторые результаты наблюдения полярных сияний, выполненные в Томске за летне-осенний период 2015 г.

ХРАНИЕНИЕ И ОБРАБОТКА ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ALLSKY

В.П. Галилейский¹, А.И. Елизаров^{1,2}, Д.В. Кокарев¹, А.М. Морозов¹

¹Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, gvp@iao.ru

²Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

Благодаря разработанной программно-технической системе Allsky появляется возможность осуществлять мониторинг облачности и контролировать состояния атмосферы. Для регистрации небосвода, используется однокамерное панорамное устройство со сверхширокоугольным объективом типа «рыбий глаз» или «Allsky» [1]. Основным преимуществом, по сравнению с аналогичными системами, является высокое пространственное разрешение, что в свою очередь приводит к большому объему получаемых данных. Информация, получаемая с такой системы, используется, в первую очередь, для анализа текущей обстановки, например для определения балла облачности. Для проведения детального анализа состояния атмосферы, например определения яркости и прозрачности атмосферы, или прогнозирования перемещения облачных полей в локальном масштабе, необходимо информацию не только обрабатывать, но и накапливать. Для этих целей нами разрабатывается база данных позволяющая хранить каталогизировать набор данных получаемых с помощью системы мониторинга Allsky. В числе основных функций такой БД можно выделить следующие:

- хранение Allsky снимков высокого разрешения;
- хранение сопутствующей информации: место, время и параметры съемки, состояние облачности и метеоусловия в момент наблюдения;
- доступ к БД через интернет и объединение информации с нескольких Allsky систем.

1. Галилейский В.П., Елизаров А.И., Кокарев Д.В., Морозов А.М. Определение направления и угловой скорости перемещения облачности с помощью панорамных изображений неба // Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы: Сборник докладов XX Международного симпозиума. [Электронный ресурс – 1 CD-ROM]. ISBN 978-5-94458-145-7. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2014. С. В82-В85.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНТЕРФЕРОМЕТРА ФАБРИ–ПЕРО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРОВ ВОДЫ В НИЖНЕЙ АТМОСФЕРЕ СО СПУТНИКА

С.Ф. Баландин

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, bal@iao.ru

Ранее было показано возможность измерения паров воды в нижней атмосфере (0–5 м) со спутника методом газокорреляционной спектроскопии. При этом, как показали расчеты, оптимальная длина эталонной корреляционной кюветы составляла 5400 м при 1% содержании паров воды в ней и давлении в 1 атм. Такая кювета в принципе непригодна для проведения спутниковых измерений. В данной работе впервые анализируются возможности применения интерферометра Фабри–Перо для проведения корреляционных измерений паров воды со спутника. Поскольку в области $1000\text{--}10000\text{ см}^{-1}$ везде присутствует спектр воды, для измерений путем анализа всего спектра был выбран участок в диапазоне $8970\text{--}8995\text{ см}^{-1}$. Основным критерием выбора служила регулярность спектральных линий, что позволяло подстраивать линии спектра интерферометра Фабри–Перо под спектр паров воды. Проведенный анализ показал, что при расстоянии между пластинами интерферометра $d = 1\text{ см}$, коэффициенте отражения зеркал $R = 0,7$, коэффициенте поглощения материала зеркал $K_p = 0,02$, для проведения измерений наиболее подходит угол отражения излучения $U_{fp} = 0,202\text{ рад}$. В этом случае аппаратная функция меняется от 0 до 0,015 при изменении объемной концентрации паров воды от 0 до $2 N_f$ (N_f – усредненная фоновая объемная концентрация паров воды в нижней атмосфере). При других углах рост аппаратной функции замедляется или даже становится отрицательным.

1. Баландин С.Ф., Шишигин С.А. Метод дистанционного корреляционного газоанализа для оперативного измерения парниковых газов в атмосфере со спутника // Изв. Вузов. Физика. 2010. Т. 53, № 9/3. С. 50–51.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЙ СОДЕРЖАНИЯ МЕТАНА СО СПУТНИКА В ОБЛАСТИ 1,6 мкм С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ МЕТОДИКИ

С.Ф. Баландин

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, bal@iao.ru

Спектральная область 1,6 мкм представляет интерес для измерений метана, прежде всего, возможностью простой аппаратной реализации. В этом диапазоне возможно применение обыкновенной стеклянной оптики и обычных ламп накаливания в качестве источника излучения. Нами рассмотрена полоса поглощения метана в области 5900–6150 см⁻¹ в нижней атмосфере 0–5 км. Представлены спектры других мешающих газов Н₂О, СО, СН₄, N₂O, и эталонной корреляционной кюветы с метаном. Расчет аппаратных (измеряемых) функций производился как для эталонной корреляционной кюветы с метаном, так и для искусственно созданного корреляционного фильтра. Исследовано влияние паров воды и температуры на аппаратные функции. Показано, что чувствительность искусственно созданного корреляционного фильтра больше чем у эталонной кюветы с метаном на 20% при больших объемных концентрациях метана ($2N_f$, N_f – средняя фоновая объемная концентрация метана в слое 0–5 км). Установлено, что для паров воды, начиная с $1,5N_f$ чувствительность измерений падает, как для эталонной кюветы, так и для искусственно созданного корреляционного фильтра.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИХРЕВОГО ОПТИЧЕСКОГО ПУЧКА ДЛЯ ЗОНДИРОВАНИЯ ДИСКРЕТНОЙ РАССЕИВАЮЩЕЙ СРЕДЫ

И.П. Лукин

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, lukin_ip@mail.ru

В настоящее время интерес к проблеме описания распространения структурированных и модулированных по фазе вихревых оптических пучков постоянно возрастает. Вихревые оптические пучки могут формироваться из гауссовских оптических пучков после прохождения через фазовый транспарант – фазовый винт. Наличие дискретной рассеивающей среды вызывает структурные искажения формируемого вихревого оптического пучка. Цель данной работы состоит в нахождении таких условий распространения когерентных вихревых оптических пучков, которые обеспечивают возможность измерения параметров дискретной рассеивающей среды по измерениям искажений формы вихревых оптических пучков. Метод исследования заключается в решении уравнения для функции взаимной когерентности второго порядка оптического пучка, полученного на основе параксиального скалярного волнового уравнения. Конкретно, анализируется пространственное распределение средней интенсивности вихревого оптического пучка вблизи его оптической оси. После прохождения некоторого расстояния в дискретной рассеивающей среде функциональный вид поперечного сечения пространственного распределения средней интенсивности вихревого оптического пучка описывается монотонно спадающей функцией. Найдены простые количественные соотношения, связывающие параметры вихревых оптических пучков (в том числе и топологический заряд вихревого пучка) с характеристиками дискретной рассеивающей среды. На основе анализа влияния искажающих факторов дискретной рассеивающей среды на характерные особенности структуры вихревого оптического пучка показано, что устойчивость формы вихревого оптического пучка при распространении в дискретной рассеивающей среде увеличивается с ростом значения топологического заряда пучка.

СТЕПЕНЬ КОГЕРЕНТНОСТИ ВИХРЕВЫХ БЕССЕЛЕВЫХ ПУЧКОВ В ДИСКРЕТНОЙ РАССЕИВАЮЩЕЙ СРЕДЕ

И.П. Лукин

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, lukin_ip@mail.ru

В данной работе представлены результаты теоретического рассмотрения поведения степени когерентности полностью когерентного вихревого бесселева пучка, распространяющегося в дискретной рассеивающей среде. Показано, что как при малых, так и больших оптических толщах дискретной рассеивающей среды в центральной части двумерного поля степени когерентности вихревых бесселевых пучков кольцевая дислокация степени

когерентности не формируется. Этот факт обнаруживает принципиальное отличие поведения пространственной когерентности вихревых бесселевых пучков в дискретной рассеивающей среде (даже такой, как крупномасштабная по сравнению с длиной волны оптического излучения, например, капли дождя, мороси, градины или снежинки) от случая распространения в крупномасштабной непрерывной случайно-неоднородной среды – атмосферной турбулентности.

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ ВЕТРА ПО ИЗОБРАЖЕНИЯМ УДАЛЕННОГО ОБЪЕКТА

И.П. Лукин

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, lukin_ip@mail.ru

Методы дистанционного бесконтактного измерения скорости ветра, как усредненной по измерительной трассе, так и с возможностью профилирования ее, активно разрабатываются. В работе анализируется возможность измерения скорости ветра по статистическим характеристикам изображения удаленного объекта, наблюдаемого через турбулентную атмосферу. Совместное действие атмосферы и оптической системы обычно рассматривают как случайную линейную фильтрацию, а систему «турбулентная атмосфера – оптическая система» характеризуют оптической передаточной функцией. Оптическая передаточная функция – Фурье-преобразование от распределения интенсивности в пространстве изображения оптической системы, создаваемое точечным источником, находящимся в пространстве предмета. Хорошо известно, что оптическая передаточная функция турбулентной атмосферы существенно зависит от времени усреднения. Базируясь на понятии мгновенной оптической передаточной функции «турбулентная атмосфера – оптическая система» вводится понятие усредненной за конечное время оптической передаточной функции «турбулентная атмосфера – оптическая система». В данной работе рассчитываются статистические характеристики оптической передаточной функции турбулентной атмосферы и телескопической оптической системы при произвольном времени усреднения. При исследовании дисперсии флуктуаций оптической передаточной функции турбулентной атмосферы и телескопической оптической системы обнаружено, что с увеличением времени усреднения флуктуации оптической передаточной функции уменьшаются и при временах усреднения значительно превышающих время проноса средней скоростью ветра турбулентных неоднородностей на расстояние равное характерному масштабу апертуры они исчезают совсем. Таким образом, полученные результаты показывают, что измерения статистических характеристик оптической передаточной функции (или связанного с ней спектра мощности случайного изображения) при разных временах усреднения позволяют получить информацию о перпендикулярной направлению распространения света средней скорости ветра на трассе распространения оптического излучения.

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЛИДАРНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА СВЕТА ДЛЯ ГАЗОАНАЛИЗА АТМОСФЕРЫ

О.А. Романовский, О.В. Харченко, В.К. Шумский, С.В. Яковлев

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, roa@iao.ru

В работе рассматривается возможность применения лазерной системы с параметрической генерацией света (ПГС) на основе нелинейного кристалла КТА для лидарного зондирования атмосферы по методу дифференциального поглощения в диапазоне спектра 3–4 мкм. Проведено численное моделирование зондирования газовых составляющих атмосферы на приземных тропосферных трассах. Учитывалось мешающее поглощение всех основных атмосферных газовых компонент. Расчеты проводились для ширины аппаратной функции от 1 до 5 см⁻¹.

Результаты численного моделирования показывают возможность восстановления лидарного сигнала на трассах до 5 км при зондировании закиси и двуокиси азота, а также хлоро- и бромоводорода. Установлено, что лазер с ПГС на основе нелинейного кристалла КТА является перспективным источником излучения для дистанционного газоанализа по методу ДП на приземных трассах.

Работа выполнена при финансовой поддержке Миннауки и образования (Соглашение № 14.604.21.0100). Российского научного фонда (Соглашение № 14-27-00022) и гранта президента РФ по поддержке ведущих научных школ (НШ- 4714.2014.5).

МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ, ОСНОВАННОГО НА ГЕНЕРАЦИИ В АТМОСФЕРУ АЭРОЗОЛЕ-ГАЗОВЫХ СОЛИТОНОВ С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ФОТО-ВИДЕО РЕГИСТРАЦИЕЙ ИХ СОСТОЯНИЯ

М.В. Речицкий

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, rtmv@iao.ru

Для понимания процессов, влияющих на изменение климата Земли, важными являются данные по таким параметрам атмосферы, как загрязнение аэрозолями антропогенного происхождения. По имеющимся данным, содержание такого аэрозоля в общей массе аэрозоля земной атмосферы уже достигло значительного уровня, и его концентрация продолжает возрастать. В ИОА СО РАН в течение ряда лет разрабатываются методы зондирования атмосферы на основе взаимодействия оптического излучения с ее веществом.

В настоящем докладе рассматривается метод оценки физических свойств атмосферы (а именно: высотного профиля скорости и направления движения воздушных масс в районе зондирования). Основой метода является генерация в атмосферу импульсов аэрозоле-газовых смесей и, последующая за этим, фото и видео фиксация их изображений во времени. Аэрозоле-газовые смеси с помощью специальной установки будут генерироваться в форме вихревых снарядов. Установка будет прицельно выстреливать вихревыми образованиями в исследуемые участки облаков в атмосфере. Исследование закономерности деформации вихревых образований с помощью обработки изображений ПЗС позволит произвести анализ атмосферных параметров для выявления влияния антропогенных загрязнений на атмосферу. После математической обработки зарегистрированных временных рядов изображений, указанных устойчивых аэрозоле-газовых образований, оценивается высотный профиль скорости и направления движения атмосферных воздушных масс.

МОДИФИКАЦИЯ МЕТОДА ЛЕВЕНБЕРГА-МАРКВАРДТА В ПРИЛОЖЕНИИ К ЗАДАЧАМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

М.Ю. Хаматнурова, К.Г. Грибанов

Уральский федеральный университет им. Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, m.kolyasnikova@yandex.ru, kgribanov@remotesensing.ru

Метан является вторым по значимости парниковым газом, вклад которого в антропогенный парниковый эффект составляет ~ 15% [1]. Для определения содержания CH_4 применяется модифицированный метод Левенберга-Марквардта [2] в приложении к задаче определения вертикального профиля метана в атмосфере с последующим вычислением полного содержания в атмосферном столбе. Возможности метода изучены на спектрах теплового ИК диапазона, измеренные сенсором IASI/METOP. В качестве начального приближения состояния атмосферы использовались данные ретроспективного анализа NCEP/NCAR [3]. В вычислительном эксперименте использовалось модифицированное программное обеспечение FIRE-ARMS [4].

Для оценки качества метода и полученных результатов использованы данные ретроспективного анализа Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды (ECMWF MACC)[5].

Работа выполнена при финансовой поддержке постановления № 211 Правительства Российской Федерации, контракт № 02.А03.21.0006 и частично гранта РФФИ № 15-01-05984А.

1. Макарова М.В., Гаврилов Н.М., Тимофеев Ю.М., Поберовский А.В. Сравнения спутниковых (GOSAT) и наземных фурье-спектрометрических измерений содержания метана вблизи Санкт-Петербурга // Исследование Земли из космоса. 2013. № 6. С. 50–56.
2. Ma C., Jiang L. Some Research on Levenberg-Marquardt Method for the Nonlinear Equations // Applied Mathematics and Computation. 2007. V.184. P. 1032–1040.
3. <http://www.esrl.noaa.gov/psd>
4. Griбанov K.G., Zakharov V.I., Tashkun S.A., Tyuterev V.I. A New Software Tool for Radiative Transfer Calculations and its application to IMG/ADEOS data // JQSRT. 2001. V. 68. No. 4. P. 435–451.
5. <http://www.ecmwf.int>

ОЦЕНКА ИНТЕГРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЛАЧНОСТИ НА ОСНОВАНИИ АНАЛИЗА СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ

А.И. Елизаров^{1,2}, Н.Н. Скороход¹

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия, alex@iao.ru

²Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

В связи с тем, что облачность играет важнейшую роль в радиационном балансе, актуальным является изучение распространения и движения различных типов облачности. Основными источниками такой информации являются ИСЗ, предоставляющие данные в виде набора изображений. В настоящий момент колоссальные объемы информации поступают со спутников и, к сожалению, не имеется отлаженной системы ее обработки. Одним из этапов обработки информации спутниковых данных является оценка интегральных характеристик облачности, и оценка их изменения во времени. Такая информация может быть использована при составлении краткосрочных прогнозов, в авиационной метеорологии и актуальна в различных научных исследованиях.

В то же самое время, Интернет стал определяющим фактором в распространении геоинформационных систем и превращении их в важный компонент современных информационных технологий и научных исследований. Наиболее информативными системами, для получения оперативной информации о состоянии облачности, являются Google Maps, Openweathermap, Wunderground.

Предлагается, на основании данных полученных из открытых источников, провести оценку скоростей и направления перемещения облачности, и оценить возможность построения краткосрочного прогноза перемещения облачного покрова.

1. Елизаров А.И., Галилейский В.П., Кокарев Д.В., Морозов А.М., Скороход Н.Н. Обработка изображений облачных полей на основании спутниковых данных // Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы: Тезисы докладов XXI Международного симпозиума. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2015, с. В188-В191.

ПОВЕРКА И КАЛИБРОВКА ПОРТАТИВНОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ ВЫСОТЫ НИЖНЕЙ ГРАНИЦЫ ОБЛАЧНОСТИ

А.И. Гришин, А.В. Крючков

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

В работе рассмотрены проблемы калибровки и поверки портативного измерителя высоты нижней границы облачности. Проанализированы характерные особенности условий эксплуатации калибровочных комплектов. Выявлена и обоснована возможность разработки методики для использования компактного поверочного устройства. На основе проведенного исследования авторами предлагается технический способ реализации, формулируются основные характеристики, источники и пределы погрешностей.

О КАЛИБРОВКЕ МАЛОГАБАРИТНОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ДАЛЬНОСТИ ВИДИМОСТИ

А.И. Гришин, А.В. Крючков

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

В работе ставится задача рассмотреть возможность калибровки малогабаритного измерителя метеорологической дальности видимости, методами отличными от метода прямого сличения. В результате анализа авторы впервые в литературе доказывают, что возможно использовать для этого ГСО, в качестве средства для калибровки измерителя МДВ.

ВОЗМОЖНОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ИЗМЕРИТЕЛЯ ВЫСОТЫ НИЖНЕЙ ГРАНИЦЫ ОБЛАЧНОСТИ

А.И. Гришин, А.В. Крючков

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

Работа посвящена вопросам оптимизации параметров измерителя высоты нижней границы облачности. Авторы раскрывают задачи и возможные пути улучшения измерителя высоты нижней границы облачности. Особое внимание обращается на улучшение функционирования устройства без изменения материальной базы. На основе анализа пожеланий потребителей определяется необходимость дополнительных опций изделия.

КРУГЛЫЙ СТОЛ
«ИССЛЕДОВАНИЕ СЛУЧАЙНЫХ АЭРОЗОЛЬНЫХ,
ТЕМПЕРАТУРНЫХ И ВЕТРОВЫХ ПОЛЕЙ
В АТМОСФЕРЕ»
(руководитель Банах В.А.)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТА УСИЛЕНИЯ ОБРАТНОГО
РАССЕЯНИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОТ АЭРОЗОЛЯ В 2015 г.

А.П. Ростов, И.А. Разенков

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, rostov@iao.ru

Для экспериментального подтверждения эффекта обратного рассеяния лазерного излучения от аэрозоля летом 2015 г. было приведена серия работ чуть более 500 реализаций. Авторами разработана и собрана экспериментальная установка лидарного типа двумя синхронными каналами приема, осевым и не осевым, и одним передающим каналом. Синхронно велась регистрация уровня турбулентности на протяженных трассах двумя способами. По дрожанию изображения на трассе 3 км и по флуктуациям интенсивности лазерного пучка на трассе 500 м.

Обработка полученных данных показала наличие усиления обратного рассеяния на аэрозоле на дальности более 3 км.

1. Гурвич А.С. Лидар. Патент на полезную модель № 116245. Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 20 мая 2012 г.
2. Гурвич А.С. Лидарное зондирование турбулентности на основе эффекта усиления обратного рассеяния // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2012. Т. 48, № 6. С. 655–665.
3. Афанасьев А.Л., Гурвич А.С., Ростов А.П. Экспериментальное исследование эффекта усиления обратного рассеяния в турбулентной атмосфере // XVIII Междунар. симпоз. «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». Иркутск, 2012.

ОРБИТАЛЬНЫЙ УГЛОВОЙ МОМЕНТ СУПЕРПОЗИЦИИ ВИХРЕВЫХ ПУЧКОВ,
РАСПРОСТРАНЯЮЩИХСЯ В ТУРБУЛЕНТНОЙ АТМОСФЕРЕ

А.В. Фалиц

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, falits@iao.ru

С помощью численного моделирования исследуется взаимное влияние между каналами передачи информации атмосферной оптической линии связи, в которой реализована технология мультиплексирования каналов передачи данных с использованием оптических полей, обладающих различными значениями орбитального углового момента.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФЛУКТУАЦИЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ЛАЗЕРНОГО ПУЧКА,
ПРОСВЕЧИВАЮЩЕГО МОДЕЛЬ ОГНЕННОГО СМЕРЧА

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

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, shmike@iao.ru

Модельный огненный смерч (МОС) возникал при взаимодействии винтообразно закрученного восходящего воздушного потока с пламенем жидкого топлива в неподвижной емкости [1]. Лазерный пучок (0,63 мкм)

проходил МОС горизонтально. Проводилась серия экспериментов: несколько частот закрутки воздушного потока и несколько высот просвечивания. Прием лазерного излучения осуществлялся с помощью ФЭУ. Спектральная плотность лазерного сигнала рассчитывалась с помощью быстрого преобразования Фурье (БПФ) временных пульсаций сигнала. Рассчитывались спектральные функции плотности сигнала.

При горении топлива в режиме МОС, характер спадающей спектральной функции в высокочастотной области происходит «медленнее» (пропорционально спектру « $-6/5$ ») в отличие от свободного горения топлива, где спадание аналогичной функции происходит по закону « $-5/3$ ». Установлена зависимость характера спадающей упомянутой спектральной функции от высоты лазерного пучка над поверхностью топлива и от частоты закрутки воздушного потока.

1. Гришин А.М., Рейно В.В., Сазанович В.М., Цык Р.Ш., Шерстобитов М.В. // Изв. ВУЗов. Физика. 2011. № 12. С. 14–23.

АЭРООПТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ РАСПРОСТРАНЕНИИ ОПТИЧЕСКОГО ПУЧКА ЧЕРЕЗ УДАРНУЮ ВОЛНУ, ОБРАЗУЮЩУЮСЯ ПРИ ОБТЕКАНИИ СВЕРХЗВУКОВЫМ ПОТОКОМ ВОЗДУХА ТУРЕЛИ В ОДНОРОДНОЙ СРЕДЕ

А.А. Сухарев

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, shmike@iao.ru

В работе представлены результаты расчета средней интенсивности и величины отклонения от прямолинейного распространения оптического пучка, прошедшего через ударную волну, образующуюся при обтекании сверхзвуковым потоком воздуха турели, в начале трассы и распространяющегося затем в однородной среде.

ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРООПТИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ В ТУРБУЛЕНТНОЙ АТМОСФЕРЕ ПРИ СВЕРХЗВУКОВОМ ОБТЕКАНИИ ТУРЕЛИ

А.А. Сухарев

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, shmike@iao.ru

В работе представлены результаты исследования средней интенсивности, флуктуаций интенсивности и случайных смещений оптических пучков, распространяющихся через ударную волну, возникающей в турбулентной атмосфере при сверхзвуковом обтекании турели. Показано влияние интенсивности оптической турбулентности на степень проявления аэрооптических эффектов для трасс различной геометрии и протяженности.

КОМПЕНСАЦИЯ РАЗЪЮСТИРОВКИ ОСЕЙ ЛАЗЕРНЫХ ПУЧКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИХРОИЧНОЙ ПЛАСТИНЫ

В.В. Кусков^{1,2}, А.Н. Шестернин¹

¹*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, vvk@iao.ru*

²*Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия*

При совмещении лазерных пучков возникает необходимость союстировки их осей. Решить данную задачу можно при помощи дифракционной решетки, дихроичной пластины, призмы и т.д. В докладе представлены результаты лабораторных экспериментов по совмещению лазерных пучков с использованием дихроичной пластины.

В экспериментах использовались два лазерных источника на длинах волн $\lambda_1 = 0,532$ мкм и $\lambda_2 = 1,064$ мкм. Излучение от первого лазерного источника коллимировалось и через управляемое поворотное зеркало направлялось на дихроичную пластину. Излучение от второго источника также коллимировалось и направлялось на пластину. Отраженное дихроичной пластиной излучение от первого источника и прошедшее через пластину излучение от второго источника собиралось приемным линзовым объективом на регистрирующей ПЗС матрице, установленной в плоскости резкого изображения объектива. По положениям энергетических центров тяже-

сти пучков на ПЗС матрице итерационно вырабатывались сигналы для управления поворотным зеркалом. Результаты эксперимента показывают, что возможно согласование осей лазерных пучков с помощью дихроичной пластины с погрешностью, не превышающей 1 угловую секунду.

УСТРОЙСТВО СОВМЕЩЕНИЯ ЛАЗЕРНЫХ ПУЧКОВ НА ОСНОВЕ ДИФРАКЦИОННОЙ РЕШЕТКИ И УПРАВЛЯЕМОГО ПОВОРОТНОГО ЗЕРКАЛА

В.В. Кусков^{1,2}, А.Н. Шестернин¹

¹Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, vvk@iao.ru

²Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

Представлено устройство совмещения лазерных пучков на основе дифракционной решетки и управляемого поворотного зеркала, а также результаты экспериментальной апробации разработанного устройства в лабораторных экспериментах.

В экспериментах использовались 2 лазерных источника на длинах волн $\lambda_1 = 0,532$ мкм и $\lambda_2 = 1,064$ мкм. Излучение от первого источника коллимировалось и направлялось на дифракционную решетку под углом φ_1 . Излучение от второго источника так же коллимировалось и управляемым поворотным зеркалом направлялось на дифракционную решетку под углом φ_2 . После отражения от дифракционной решетки лазерные пучки проходили через приемный объектив и регистрировались ПЗС матрицей в плоскости изображения приемного объектива. По разности координат энергетических центров тяжести регистрируемых изображений лазерных пучков вырабатывался управляющий сигнал для поворотного зеркала. Управляющий сигнал вырабатывался на основе стандартного итерационного алгоритма центрирования светового пятна квадрантного приемника. Установлено, что для достижения угла рассогласования осей лазерных пучков с погрешностью, не превышающей 1 угловую секунду, достаточно нескольких итераций.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОГРАФИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ МАСШТАБОВ ТУРБУЛЕНТНОСТИ В ДИФфуЗИОННЫХ ПЛАМЕНАХ

М.В. Агафонцев¹, Е.Л. Лобода¹, О.В. Матвиенко¹, В.В. Рейно²

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия, loboda@mail.tsu.ru

²Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

В докладе представлены результаты экспериментальных измерений полей температуры в диффузионных пламенах с применением термографии в узких спектральных интервалах среднего ИК-диапазона. В качестве топлив применялись растительные горючие материалы, спирт, бензин, керосин, дизельное топливо. Для получения в динамике качественного инфракрасного изображения пламени и измерения его оптических характеристик применялся тепловизор с узкими спектральными рабочими диапазонами 2,5–2,7 мкм, 2,64–3,25 мкм, 3,1–3,3 мкм, 3,7–3,9 мкм, 4,35 мкм и 4,0–5,0 мкм (JADE J530SB) и с возможностью регистрации изображений в реальном времени с частотой 170 кадров в секунду и выше, включая дополнительную опцию – радиометрическую измерительную функцию. Экспериментально получены спектры изменения температуры в пламени. Установлено, что в спектрах изменения температуры в пламени присутствуют характерные частоты, различные для разных видов топлив. Даются оценки масштабов турбулентности в пламени на основе измерений размеров температурных неоднородностей и анализе спектров изменения температуры в пламени. В докладе приведена математическая модель, позволяющая на основании спектров изменения температуры в пламени проводить оценки масштабов турбулентности. Представленное сравнение результатов математических оценок масштабов турбулентности в пламени с экспериментальными данными о размерах температурных неоднородностей на термограммах говорит об удовлетворительном согласовании результатов.

Работа выполнена при поддержке Гранта Президента РФ № МД-5754.2015.1, грантов РФФИ №№ 15-01-00513_а, 14-01-000211_а, Программы ОФН РАН «Фундаментальные проблемы электродинамики и волновой диагностики атмосферы».

ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭНЕРГИИ В ИМПУЛЬСНЫХ ШИРОКОФОРМАТНЫХ ЛАЗЕРНЫХ ПУЧКАХ

А.Н. Кудрявцев, А.П. Ростов, В.М. Сазанович, Р.Ш. Цвык

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, zoxyl@iao.ru

Прибор предназначен для измерения изменения суммарной энергии в течение каждого импульса при частотно – импульсном режиме работы лазерного источника. Прибор выполнен в виде отдельного выносного блока подключаемого к персональному компьютеру при помощи Ethernet. Работает прибор следующим образом: отраженное от экрана, излучение принимается германиевым фотоприемником, усиливается предварительным усилителем и поступает на вход скоростного АЦП (250 МГц), который запускается по переднему фронту сигнала от каждого импульса длительностью до 250 нс – 1 мкс. Результаты оцифровки в течение длительности импульса запоминаются в скоростной памяти. По окончании каждого импульса данные передаются в персональный компьютер. Одновременно по переднему фронту каждого импульса в измерителе формируется импульс синхронизации СИ, который используется для запуска внешних устройств. Управление измерительной головкой осуществляется с помощью микроконтроллера. Имеется два режима работы «имитация» и «измерение». В режиме имитация внутри блока включается импульс имитирующий сигнал для проверки его работоспособности. В режиме «измерение» осуществляется измерение распределение энергии в каждом импульсе и формируется сигнал синхронизации. Рассмотрена методика испытаний и ее результаты с применением частотно-импульсного лазера на 1,064 мкм.

ИЗМЕРИТЕЛЬ МОЩНОСТИ НЕПРЕРЫВНОГО ЛАЗЕРНОГО ПУЧКА ПО ОТРАЖЕННОМУ ОТ ЭКРАНА ИЗЛУЧЕНИЮ

А.Н. Кудрявцев, В.М. Сазанович, Р.Ш. Цвык

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, zoxyl@iao.ru

Измеритель предназначен для измерения мощности в широкоформатном непрерывном пучке лазерного излучения, отраженного от экрана и расчета временных статистических характеристик изменения мощности во времени. Прибор выполнен в виде отдельного выносного блока подключаемого к персональному компьютеру через Ethernet. Работает прибор следующим образом: отраженное от экрана, излучение модулируется механическим модулятором, принимается фотоприемником МГ-30, усиливается предварительным усилителем и поступает на вход АЦП (700 Гц). Микропроцессор определяет максимальное и минимальное значения амплитуды в каждом периоде синусоиды и рассчитывает их разность. Результаты оцифровки передаются в персональный компьютер для обработки. Одновременно в измерителе формируется импульс синхронизации СИ длительностью равной длительности излучения, который используется для запуска внешних устройств. Имеется два режима работы «имитация» и «измерение». В режиме имитация внутри блока включается тепловой излучатель имитирующий сигнал для полной проверки работоспособности прибора. В режиме «измерение» осуществляется измерение интенсивности излучения и формируется сигнал синхронизации. Рассмотрена методика испытаний и ее результаты с применением АЧТ.

ИНТЕНСИВНОСТЬ ОБРАТНО РАССЕЯННОГО НА МИШЕНИ С ЛАМБЕРТОВСКОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ ИЗЛУЧЕНИЯ ВЫСШИХ МОД ЛАГЕРР-ГАУССОВА ПУЧКА, РАСПРОСТРАНЯЮЩЕГОСЯ НА МОНОСТАТИЧЕСКОЙ ТРАССЕ В ТУРБУЛЕНТНОЙ АТМОСФЕРЕ

Д.С. Рычков

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, dsr@iao.ru

В работе представлены результаты расчетов средней интенсивности отраженного от мишени с ламбертовской (шероховатой) поверхностью вихревого Лагерр-Гауссова лазерного пучка с произвольным топологическим зарядом, распространяющегося на моностатической трассе в турбулентной атмосфере. Расчеты проведены для режима слабых флуктуаций интенсивности лазерного пучка [1]. Результаты расчетов средней интенсивно-

сти и коэффициента усиления интенсивности обратной волны (по сравнению с интенсивностью пучка на бистатической трассе) сравниваются с известными результатами для пучка с начальным гауссовым распределением интенсивности.

1. Банах В.А., Миронов В.Л. Локационное распространение лазерного излучения в турбулентной атмосфере. Новосибирск: Изд. «Наука», 1986. 174 с.

ФУНКЦИЯ ГРИНА КРУГЛОГО ГИБКОГО ЗЕРКАЛА СО СВОБОДНЫМ КРАЕМ

Д.С. Рычков, Д.А. Маракасов

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, dsr@iao.ru

В работе получено разложение функции Грина круглого зеркала со свободным краем. В отличие от ранее исследовавшихся зеркал с защемленными краями, краевые условия не фиксируют координаты и нормальные производные смещения пластины, что позволяет более гибко аппроксимировать волновой фронт. Представлены результаты расчетов функции Грина для различных положений точечного актюатора, а также определены характерные размеры отклика, определяющие минимальный масштаб возмущений фазы, которые могут быть компенсированы зеркалом.

ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ПОПЕРЕЧНОЙ СКОРОСТИ ВЕТРА ПАССИВНЫМ МЕТОДОМ

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

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, afanasiev@iao.ru

Проведен ряд комплексных натурных экспериментов по отработке оптических методов оценки поперечной к лучу зрения интегральной скорости ветра в приземном слое атмосферы.

С целью оценки ветровых характеристик пассивным методом применялся подход, основанный на анализе излучения рассеянного на природных или искусственных топографических объектах в условиях естественного дневного освещения. Метод заключается в формировании некогерентных изображений и анализе их искажений вызванных атмосферной турбулентностью между объектом и плоскостью наблюдения.

Модифицированная оптическая схема пассивного измерителя бокового ветра представляет собой два приемных объектива, пространственно разнесенных в поперечной к линии визирования плоскости на фиксированное расстояние. Регистрация изображений осуществлялась двумя синхронизированными скоростными видеокамерами, сопряженными с компьютером. Обработка видеоизображений и оценки скорости ветра осуществлялись в реальном времени.

Оценки скорости ветра на основе проведенных оптических измерений сравниваются с независимыми данными акустических анемометров.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты №№ 13-05-00320 и 12-05-00332-а).

АЛГОРИТМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАДИАЛЬНОЙ ЗАВИСИМОСТИ СПЕКТРА ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ В ОСЕСИММЕТРИЧНОЙ СВЕРХЗВУКОВОЙ СТРУЕ ИЗ ДАННЫХ ЛАЗЕРНОГО ПРОСВЕЧИВАНИЯ

Д.А. Маракасов, В.М. Сазанович, Р.Ш. Цвык

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, mda@iao.ru

В работе предложен алгоритм определения радиальной зависимости спектра флуктуаций показателя преломления в аксиально симметричной струе из флуктуаций интенсивности лазерного пучка, просвечивающего струю. На основе соотношения между пространственным спектром неоднородностей плотности воздуха и временным спектром мощности диафрагмированного лазерного излучения, с учетом распределения средней скорости воздуха по сечению струи, найдены соотношения, позволяющие определить форму спектра неоднородностей и амплитудный коэффициент. Представлены результаты численных экспериментов и некоторые результаты анализа экспериментальных данных, полученных на модуле ВСУ ИТПМ СО РАН (г. Новосибирск).

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант №15-08-06549 А).

АНАЛИЗ ДРОЖАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗОБРАЖЕНИЙ НЕКОГЕРЕНТНОГО ИСТОЧНИКА, ОБУСЛОВЛЕННОГО ВЕТРОВЫМ ПЕРЕНОСОМ АТМОСФЕРНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ

Д.А. Маракасов, А.Л. Афанасьев, А.П. Ростов

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, mda@iao.ru

В работе представлены результаты обработки данных, полученных в ходе серии экспериментов в 2015 г. на БЭК ИОА СО РАН. Проводилась регистрация изображений некогерентных источников оптического излучения различной формы парой видеокамер, разнесенных в поперечной к лучу зрения плоскости. Синхронизация видеокамер и достаточно высокая частота съемки (до 300 Гц) позволила обнаружить наличие корреляции между рядами смещений центров тяжести изображений. При горизонтальном разnose камер (в основном вдоль поперечной к лучу зрения компоненты ветра) коэффициент корреляции составлял 0,6–0,8, а направление и величина смещения корреляционного максимума согласовывались с направлением и величиной поперечного ветра, регистрировавшегося системой акустических анемометров и лазерным измерителем. При диагональном разnose камер также обнаружена корреляция рядов смещений центров тяжести, однако с заметно меньшим коэффициентом корреляции (0,2–0,4), что, вероятно, обусловлено уменьшением участка трассы, дающего заметный вклад в корреляционную функцию из-за непараллельности оптических осей камер и направления поперечного переноса турбулентных неоднородностей.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 15-05-04210 А).

ФОРМИРОВАНИЕ КОЛЬЦЕВОЙ ДИСЛОКАЦИИ ПРИ ОТРАЖЕНИИ ВИХРЕВОГО ОПТИЧЕСКОГО ПУЧКА ОТ ШЕРОХОВАТОЙ ПОВЕРХНОСТИ

И.П. Лукин

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, lukin_ip@mail.ru

В данной работе проводятся теоретические исследования когерентных свойств вихревых оптических пучков, распространяющихся в однородной среде после отражения от шероховатой поверхности. Показано, что при низких уровнях случайной шероховатости отражающей поверхности, степень когерентности вихревого оптического пучка существенно зависит от величины топологического заряда пучка. В центральной части двумерного поля степени когерентности формируется кольцевая дислокация, число колец в которой равно величине топологического заряда пучка. При высоких уровнях случайной шероховатости отражающей поверхности (ламбертовский отражатель), степень когерентности вихревого оптического пучка стремится к аналогичной характеристике некогерентного оптического источника. В этом случае кольцевая дислокация степени когерентности отраженного оптического излучения не наблюдается, т.к. радиус когерентности оптического излучения оказывается существенно меньше линейных размеров кольцевой дислокации степени когерентности оптического излучения.

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ВЕТРА НА ВРЕМЯ КОРРЕЛЯЦИИ ФЛУКТУАЦИЙ РАССЕЯННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ФОКУСИРОВАННОГО ЛАЗЕРНОГО ПУЧКА (0,63 мкм) В ПРИЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЕ В ДОЖДЕ, МОРОСИ, ТУМАНЕ И ДЫМКЕ

Н.А. Вострецов, А.Ф. Жуков

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, vna@iao.ru

Проведены измерения временной автокорреляционной функции флуктуаций рассеянного излучения фокусированного лазерного пучка (0,63 мкм) в приземной атмосфере в дожде, мороси, тумане и дымке на трассе длиной 130 м.

Установлено, что время корреляции флуктуаций рассеянного излучения сфокусированного лазерного пучка в дожде, мороси, тумане и дымке уменьшается с ростом перпендикулярной составляющей к трассе скорости ветра при близких атмосферных условиях, при близких значениях оптической толщи и размера частиц атмосферных осадков. Время корреляции в мороси больше, чем в дожде. Время корреляции в тумане на порядок и более, больше, чем в дожде. Время корреляции в дымке больше, чем в дожде и мороси.

ВЛИЯНИЕ НАЧАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛЯ НА ДИФРАКЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ В КОРОТКИХ ИМПУЛЬСНЫХ ПУЧКАХ

Л.О. Герасимова

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, lilyan@iao.ru

Рассмотрено влияние на дифракционную расходимость импульсных лазерных пучков в зависимости от способа задания начального распределения поля пучка. На примере мод лаггер-гауссова пучка показано, что в импульсных пучках короткой длительности будет присутствовать подавление дифракционного расплывания по сравнению с пучками непрерывного излучения при правильном учете начальной кривизны волнового фронта в спектральной области.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ТРЕХКАНАЛЬНЫЙ АЭРОЗОЛЬНЫЙ ЛИДАР ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ УСИЛЕНИЯ ОБРАТНОГО РАССЕЯНИЯ

И.А. Разенков, В.А. Банах, А.И. Надеев, О.А. Рынков, А.Н. Грицута, Е.В. Гордеев

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

На основе полученного в последние три года практического опыта и при финансовой поддержке РНФ в Институте оптики атмосферы создается экспериментальный лидар, работающий на эффекте усиления обратного рассеяния (УОР). Прибор относится к классу микроимпульсных лидаров, работающих в режиме счета фотонов. Источником импульсного излучения является чип-лазер Cobolt (532 нм) с частотой посылки импульсов в атмосферу 7500 Гц и средней выходной мощностью 400 мВт. В качестве приемника будет использован 30 см афокальный телескоп. Лидар собирается по схеме с расширением пучка через единый приемо-передающий телескоп. Размер передающей и приемных апертур составит 40...50 мм, т.е. будет близок к размеру первой зоны Френеля для дистанций зондирования 1...4 км. Это необходимо для регистрации УОР. Расстояние между приемными апертурами будет порядка 150...250 мм, при этом одна приемная апертура должна точно совпадать с передающей. Второй приемный канал необходим для нормировки первого канала, чтобы устранить влияния флуктуаций коэффициента аэрозольного рассеяния в атмосфере. Третий приемный канал может быть задействован как для регистрации поляризационной кросс компоненты аэрозольного сигнала, так и для регистрации кольцевой зоны вокруг зоны усиления, в которой должно наблюдаться ослабление.

В докладе обсуждается конструкция приемо-передатчика, который задуман в виде одного модуля, помещенного в центр сканера, служащего основанием и выполненного в форме поворотной вилки. Сканер имеет два привода по азимуту и углу места. Приемо-передающий модуль выполнен из углепластика и состоит из трубы телескопа, на которой закреплена оптическая скамья. На скамье располагаются лазер, оптические элементы и детекторы. Для транспортировки системы предусмотрена возможность снятия приемо-передатчика с основания. До конца 2015 г. планируется завершить сборку конструкции лидара и начать его испытания и отладку.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОЦЕНИВАНИЯ ПИКА УСИЛЕНИЯ ОБРАТНОГО РАССЕЯНИЯ В ТУРБУЛЕНТНОЙ АТМОСФЕРЕ

И.А. Разенков, В.А. Банах, А.И. Надеев

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

Эффект усиления обратного рассеяния (УОР) возникает при двух кратном распространении света через одни и те же атмосферные турбулентные неоднородности. Два года назад была предложена, реализована и запатентована идея построения двухканального аэрозольный микроимпульсного лидара для регистрации усиления обратного рассеяния. В настоящее время мы имеем прибор, который работает непрерывно и в автоматическом режиме. В этом докладе предлагается способ регистрации пика обратного рассеяния и первые, полученные недавно, экспериментальные результаты.

Суть способа заключается в регистрации сигнала на очень маленькую сканирующую приемную апертуру (9 мм), которая помещается внутрь лазерного зондирующего пучка (45 мм). Пучок при этом направляется на экран, который диффузно отражает свет. Отраженный от экрана свет принимается нашим миниатюрным телескопом и регистрируется. Сканирование мини-телескопом через центр зондирующего пучка позволяет полу-

чить информацию о профиле пика усиления обратного рассеяния, который представляет собой трансформацию индикатрисы рассеяния при очень малых углах вблизи оси зондирующего пучка.

В докладе обсуждаются полученные результаты. Заметим, что первые данные были получены в ручном режиме. Когда мы убедились в том, что предложенная схема работает, то автоматизировали процесс измерения, чтобы работа производилась в рутинном режиме.

КРУГЛЫЙ СТОЛ

«АТМОСФЕРНЫЙ АЭРОЗОЛЬ АЗИАТСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ И ОБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ В СИСТЕМЕ АТМОСФЕРА–ВОДНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ–БИОТА»

(руководитель Сакерин С.М.)

О РЕЗУЛЬТАТАХ ДВУХТОЧЕЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ АЭРОЗОЛЬНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ТОЛЩИ АТМОСФЕРЫ В НЕСКОЛЬКИХ РЕГИОНАХ РОССИИ

Д.М. Кабанов¹, Г.С. Жамсуева², А.С. Заяханов², Г.И. Корниенко³, С.А. Нагуслаев², А.Н. Павлов⁴,
М.В. Панченко¹, В.В. Перминов⁵, Д.А. Пестунов¹, С.М. Сакерин¹, К.А. Шмирко⁴

¹*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, dkab@iao.ru*

²*Институт физического материаловедения СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия*

³*Уссурийская астрофизическая обсерватория ДВО РАН, г. Уссурийск, Россия*

⁴*Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН, г. Владивосток, Россия*

⁵*Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия*

Обсуждаются пространственные различия аэрозольного замутнения в ряде районов, которые возникают, под влиянием как антропогенных, так и других факторов. 1. Томский Академгородок – обсерватория «Фооновая» (~ 60 км от города, 2011–2014 гг.), Академгородок – центральные районы Томска (2015 г.). 2. Владивосток – п. Горнотаежное (~ 60 км от города, 2010–2013 гг.). 3. Восточный и западный берега оз. Байкал (удаление ~ 69 км, летние периоды 2012–2013 гг.).

Анализ проводился на основе спектральных составляющих аэрозольной оптической толщи атмосферы (АОТ), а также АОТ грубо- и мелкодисперсного аэрозоля (τ^c , $\tau_{0.5}^f$). Показано, что в районе г. Томска различия τ^c и $\tau_{0.5}^f$ между городом и фоновым районом имеют как сезонный, так и дневной ход. Однако, средняя величина этих различий не превышает погрешности определения АОТ (0,01–0,02). Уровень аэрозольного замутнения атмосферы во Владивостоке, как правило, выше чем в п. Горнотаежное. Средняя величина $\Delta\tau_{0.5}^a$ за весь период совместных наблюдений в этом районе составила 0,03, а максимальные различия наблюдаются в июне (~ 0,05) и октябре–ноябре (~ 0,11). Причем, основной вклад в $\Delta\tau_{0.5}^a$ обусловлен грубодисперсными частицами. На оз. Байкал основные различия спектральных зависимостей АОТ проявляются в коротковолновой области. Средние значения $\tau_{0.5}^a$ на западном берегу выше, чем на восточном на величину 0,02.

Работа выполнена при финансовой поддержке партнерского интеграционного проекта СО РАН.

ПАРТНЕРСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ: ИТОГИ 2015 г. И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ РАБОТ

С.М. Сакерин

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

Несмотря на официальное завершение Программы партнерских фундаментальных исследований СО РАН (совместно с ДВО и УрО РАН), работы по тематике проекта «Атмосферный аэрозоль азиатской части России...» были продолжены. В докладе представлен обзор экспедиционных исследований аэрозоля, выполненных в 2015 г. Основные итоги совместных работ включают: 1) проведение второго аэрозольного эксперимента на Среднем Урале; 2) приборное дооснащение и продолжение измерений на арктической станции в Баренцбурге; 3) измерение характеристик аэрозоля в арктической экспедиции NABOS-2015 и в Восточном Крыму; 4) обобщение результатов двух экспедиций на маршруте Северного морского пути и серии двухточечных экспериментов (измерений АОТ) в нескольких районах от Урала до Приморья. Отмечается важность продолжения сотруд-

ничества, необходимого для сохранения/развития фотометрических наблюдений на территории России и комплексов аэрозольных исследований.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК АЭРОЗОЛЯ НА АРХИПЕЛАГЕ ШПИЦБЕРГЕН В 2015 г. В СОПОСТАВЛЕНИИ С ДАННЫМИ 2011–2014 гг.

Д.Г. Чернов¹, Д.М. Кабанов¹, В.С. Козлов¹, В.Ф. Радионов², С.М. Сакерин¹, О.Р. Сидорова²,
Ю.С. Турчинович¹, К.Е. Лубо-Лесниченко²

¹Институт оптики атмосферы им В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, chernov@iao.ru

²Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург, Россия

С 2011 г. на арх. Шпицберген (п. Баренцбург) ведутся ежегодные измерения характеристик атмосферного аэрозоля: аэрозольной оптической толщи в области спектра 0,34–2,14 мкм, массовой концентрации аэрозоля и поглощающего вещества («сажи»), счетной концентрации частиц в диапазоне диаметров 0,3–20 мкм. С 2014 г. начаты измерения коэффициентов полного и обратного рассеяния. В отличие от предшествующего периода, в 2015 г. был введен в действие стационарный фотометр SP-9 (взамен портативного SPM) и измерения проводились непрерывно в течение всего полярного дня.

В предшествующих работах [1–2] обобщались характеристики аэрозоля за 4-х летний период наблюдений в Баренцбурге, и проводился сравнительный анализ с другими полярными районами. В настоящем докладе обсуждаются особенности изменчивости параметров аэрозоля в мае–сентябре 2015 г. в сравнении со средними данными 2011–2014 гг.

Работа выполнена при финансовой поддержке партнерского проекта СО РАН № 25.

1. Сакерин С.М., Андреев С.Ю., Кабанов Д.М. и др. О результатах исследований аэрозольной оптической толщи атмосферы в арктических районах // Оптика атмосферы и океана. 2014. Т. 27, № 5. С. 413–423.
2. Сакерин С.М., Кабанов Д.М., Козлов В.С., Полькин В.В., Радионов В.Ф., Чернов Д.Г. Сравнительный анализ характеристик атмосферного аэрозоля в акваториях Южного и Северного Ледовитого океанов // Труды VIII Международной конференции «Современные проблемы оптики естественных вод» (ONW'2015), 8–12 сентября 2015, С.-Петербург. С. 236–240.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕГРЕССИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЛИЧИН АЭРОЗОЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

А.П. Лужецкая, Е.С. Дубинкина, В.А. Поддубный

Институт промышленной экологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия, ann@ecko.uran.ru

На основе результатов наблюдений аэрозольной оптической толщи (АОТ) спутникового сканера MODIS получены оценки среднерегионального влияния атмосферного аэрозоля на возмущение потоков коротковолновой солнечной радиации на верхней и нижней границе атмосферы для пяти пунктов мониторинга российского сегмента сети AERONET. Оценка проводилась на основе однофакторных статистических моделей зависимостей «Аэрозольное радиационный форсинг (АРФ) на верхней границе атмосферы – АОТ» и «Аэрозольное радиационное воздействие (АРВ) на нижней границе атмосферы – АОТ», разработанных для различных географических регионов России. Представлены пространственные распределения величин АРФ и АРВ для различных регионов России для летнего периода. Показано, что в период летних пожаров 2010 г. на Среднем Урале средние значения АРФ и АРВ превышали типичные средние летние значения примерно в 2 раза.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта фундаментальных исследований ИПЭ УрО РАН № 15-ИПЭ-03 и проекта фундаментальных и поисковых научных исследований, выполняемого в рамках соглашения о сотрудничестве УрФУ и УрО РАН, «Моделирование процессов переноса атмосферного аэрозоля».

СРАВНЕНИЕ СУТОЧНОГО ХОДА МИКРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИЗЕМНОГО АЭРОЗОЛЯ В ДВУХТОЧЕЧНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ «ГОРОД–ФОН» НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ В 2014–2015 гг.

В.В. Полькин¹, В.А. Поддубный²

¹*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, victor@iao.ru*

²*Институт промышленной экологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия,*

В 2015 г. с 1 по 20 июня был повторен синхронный двухточечный эксперимент в приземном слое тропосферы по оценке антропогенного влияния города, который проводился в 2014 г. [1, 2]. В тех же измерительных точках использовались подобные два комплекта однотипной аппаратуры: фотоэлектрического счетчика аэрозольных частиц АЗ-10, оценивающего счетную и массовую концентрации частиц аэрозоля диаметрами 0,3÷5 мкм; измерителя массовой концентрации поглощающего вещества («сажи») в субмикронном аэрозоле типа аэталометра.

Рассматриваются особенности суточного нормированного на среднесуточные значения хода параметров в 2015 по сравнению с 2014 г., который проявляется в наличие более выраженных вариаций значений параметров для 2015 г., но похожестью различий «город–фон» в общих чертах для этих лет.

Работа выполнена при финансовой поддержке Партнерского интеграционного проекта СО РАН № 25, программы фундаментальных исследований ИПЭ УрО РАН № 15-ИПЭ-03 и проекта фундаментальных и поисковых научных исследований, выполняемого в рамках соглашения о сотрудничестве УрФУ и УрО РАН «Моделирование процессов переноса атмосферного аэрозоля».

1. *Полькин В.В., Поддубный В.А.* Микрофизические характеристики приземного аэрозоля в двухточечном эксперименте «город–фон» на среднем Урале // Аэрозоли Сибири. XXI Рабочая группа: Тезисы докладов. Томск: Изд-во ИОА СО РАН. 2014. С. 100.
2. *Сакерин С.М., Полькин В.В., Кабанов Д.М. и др.* Комплексный газово-аэрозольный эксперимент «город–фон» на среднем Урале // Аэрозоли Сибири. XXI Рабочая группа: Тезисы докладов. Томск: Изд-во ИОА СО РАН. 2014. С. 101.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ АЭРОЗОЛЬНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ТОЛЩИ АТМОСФЕРЫ В ВОСТОЧНОМ КРЫМУ В ИЮЛЕ 2015 г.

В.Н. Ужegov¹, Д.М. Кабанов¹, С.М. Сакерин¹, Е.Н. Корчемкина²

¹*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, sms@iao.ru*

²*Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, Россия*

В июле 2015 г. на восточном побережье Крыма (п. Орджоникидзе; 44,96° N, 35,36° E) проведен цикл наблюдений прозрачности атмосферы в диапазоне спектра 0,34–1,56 мкм с помощью портативного солнечного фотометра SPM [1]. Массив данных составил 373 серии за 21 день измерений. В докладе обсуждаются особенности изменчивости аэрозольной оптической толщи (АОТ) атмосферы, ее мелко- и грубодисперсной компонент,

а также общего содержания водяного пара. Диапазон изменчивости среднесуточных АОТ (0,5 мкм) составил 0,08–0,33 при среднем значении 0,19. Рассматриваются: дневная изменчивость аэрозольного замутнения, зависимость АОТ от метеорологических условий и результаты восстановления микроструктуры аэрозоля. Проводится сопоставление результатов измерений спектральных АОТ со средними многолетними данными в ближайшем районе – Севастополе [2], полученными с помощью Sun-Sky радиометра Cimel CE 318 (AERONET; <http://aeronet.gsfc.nasa.gov>).

Работа выполнена при финансовой поддержке партнерского интеграционного проекта СО РАН.

1. *Сакерин С.М., Кабанов Д.М., Ростов А.П., Турчинович С.А., Князев В.В.* Солнечные фотометры для измерений спектральной прозрачности атмосферы в стационарных и мобильных условиях // Оптика атмосферы и океана. 2012. Т. 25, № 12. С. 1112–1117.
2. *Маньковский В.И., Толкаченко Г.А., Шибанов Е.Б., Мартынов О.В., Корчемкина Е.Н., Яковлева Д.В., Калинин И.А.* Оптические характеристики прибрежных вод и атмосферы в районе Южного берега Крыма в конце летнего сезона 2008 г. // Морской гидрофизический журнал. 2010. № 3. С. 52–74.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК АЭРОЗОЛЯ В АТМОСФЕРЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО И ЗАПАДНОГО РАЙОНА РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ (ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ)

Вас.В. Полькин¹, Д.М. Кабанов¹ В.Ф. Радионов², А.С. Кессель²

¹Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, pv@iao.ru

²Арктический и Антарктический НИИ, г. Санкт-Петербург, Россия

В августе–сентябре 2015 г. проводились исследования в рамках российско-американской экспедиции АВЛАП/NAVOS 2015 на НЭС «Академик Тreshников». Комплексные измерения оптических и микрофизических характеристик аэрозоля выполнялись в приводном слое тропосферы по пути следования судна (Баренцево море, Карское море, Море Лаптевых, Восточно-Сибирское море, и прилегающих частях глубоководной части Арктического бассейна) с помощью аэрозольного комплекса измерительных приборов. Измерения характеристик спектральной прозрачности атмосферы (АОТ) проводились портативным солнечным фотометром.

В состав аэрозольного комплекса входили фотоэлектрический счетчик АЗ-10, аэталометр МДА-04. С помощью приборов получали данные о счетной, массовой концентрации аэрозольных частиц, дисперсном составе в диапазоне размеров частиц от 0,3 до 5 мкм, а также массовой концентрации поглощающей части субмикронного аэрозоля («сажи»). Портативным солнечным фотометром SPM проводились измерения характеристик спектральной прозрачности атмосферы. Как и в предыдущей экспедиции (АВЛАП/NAVOS 2013) измерительный период отличался высокой изменчивостью характеристик аэрозоля. Диапазон вариации счетной концентрации доходил до трех порядков, а массовой концентрации до двух порядков величины. Средние значения массовой концентрации «сажи» M_{BC} , счетной концентрации частиц размерами более 0,3 мкм N_{A03} , были соответственно около 0,013–0,15 мкг · м⁻³ и 3 см⁻³ Баренцева, Карского морей. Минимальные значения измеряемых параметров наблюдались в более высоких широтах (выше 80° с.ш.). Так минимальные значения M_{BC} и N_{A03} для широт 80–83° с.ш. были соответственно 0,01 мкг · м⁻³ и 0,5 см⁻³, что соответствует фоновым значениям для этого района.

Работа выполнена при поддержке программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Фундаментальные проблемы океанологии: физика, геология, биология, экология» и партнерского интеграционного проекта СО РАН № 25.

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ СПУТНИКОВОГО И НАЗЕМНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ АЭРОЗОЛЯ И ХЛОРОФИЛЛА-«А» ЗА ПЕРИОД С 2010 ПО 2015 г.

К.А. Шмирко, А.А. Бобриков, В.А. Качур

Одним из наиболее эффективных способов исследования Земли является спутниковое зондирование. Важным и до конца не решенным остается вопрос об атмосферной коррекции спутниковых данных. Особенно актуальна эта проблема в прибрежных районах и местах, подверженных значительным аэрозольным выносам. К таким районам относится юг Приморья. В данной работе проводятся сравнения результатов наземных и спутниковых измерений оптических характеристик аэрозоля и концентрации хлорофилла-«а» на юге Приморского края. В рамках исследования были привлечены данные фотометрического зондирования за пятилетний срок, которое проводилось с помощью фотометра SP9 со здания ИАПУ г. Владивосток; данные экспедиций в прибрежных водах юга Приморского края, где проводились фотометрические измерения с помощью портативного солнечного фотометра SPM и измерения восходящего от воды излучения ASD радиометром. Сравнение выполнялось с данными 3 уровня спутникового радиометра MODIS Aqua. Также привлекались результаты траекторного анализа по модели HYSPLIT.

На правильность аэрозольной коррекции в первую очередь влияет выбор аэрозольной модели, которая в спутниковых алгоритмах осуществляется на основании АОТ и коэффициента Ангстрема. Сравнение подспутниковых измерений со спутниковыми выявили завышение АОТ по данным наземных измерений в весенний период. Именно в это время спутниковые радиометры фиксируют повышенные значения концентрации хлорофилла-«а» в прибрежных районах.

СЛИКИ И ПЛЕНОЧНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ НА ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЯХ МОРСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

А.Н. Павлов, К.А. Шмирко, О.Г. Константинов, А.А. Бобриков

В работе развивается методика мониторинга морских акваторий с помощью видеосистем. Рассматривается задача идентификации сликов, обусловленных тонкими органическими пленками при помощи RGB камеры с поляризатором. Рассматривается теоретическая модель отражения поляризованного излучения от взволнованной морской поверхности. Приводятся результаты теоретических расчетов контрастов между сликовой и чистой морской поверхностью для s - и p -компонент поляризованного излучения. Указываются оптимальные условия регистрации контрастов. В завершение приводятся результаты натурных экспериментов по регистрации контрастов при помощи поляризационной RGB камеры с борта беспилотного летательного аппарата.

СПЕКТРАЛЬНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ЭФФЕКТИВНОЙ ВЫСОТЫ АЭРОЗОЛЬНОЙ АТМОСФЕРЫ В ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН 0,5–2,2 мкм В РАЗНЫЕ СЕЗОНЫ ГОДА

В.Н. Ужегов, Д.М. Кабанов, С.М. Сакерин, Ю.А. Пхалагов

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

Продолжено сопоставление результатов одновременных измерений спектральных коэффициентов аэрозольного ослабления в приземном слое воздуха $\beta(\lambda)$ и аэрозольной оптической толщины $\tau(\lambda)$ атмосферы для длин волн λ : 0,5–2,2 мкм [1–2]. Измерения проводились на окраине г. Томска в 2002–2013 гг. Рассчитана эффективная высота однородной аэрозольной атмосферы $H_0(\lambda) = \tau(\lambda)/\beta(\lambda)$. Получено более 3000 реализаций. Наибольшее число данных получено с апреля по октябрь. Исследовался межсезонный ход величин: связанных с вариациями грубодисперсного $H_{0\text{CD}} = \tau(2,2)/\beta(2,2)$ и субмикронного аэрозоля $H_{0\text{FN}} = [\tau(0,5) - \tau(2,2)]/[\beta(0,5) - \beta(2,2)]$. Корреляция между параметрами $\tau(2,2)$ и $\beta(2,2)$ практически отсутствует: 0–0,1, а корреляционная связь между параметрами образующими величину $H_{0\text{FN}}$ значима и варьирует от 0,3 до 0,5. Межсезонная изменчивость $H_{0\text{FN}}$ более выражена (от 1 км в марте и октябре до 3 км в июле) по сравнению с $H_{0\text{CD}}$ (от 0,4 км до 0,6 км, соответственно).

1. Сакерин С.М., Кабанов Д.М., Пхалагов Ю.А., Ужегов В.Н. Исследование одновременных вариаций аэрозольного ослабления радиации на горизонтальных и наклонных трассах // Оптика атмосферы и океана. 2002. Т. 15, № 4. С. 321–327.
2. Ужегов В.Н., Пхалагов Ю.А., Кабанов Д.М., Сакерин С.М. Грубодисперсный аэрозоль и его роль в формировании высоты однородной аэрозольной атмосферы // Оптика атмосферы и океана. 2012. Т. 25, № 12. С. 1023–1027.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ РАДИАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

А.П. Лужецкая, Е.С. Дубинкина, В.А. Поддубный

Институт промышленной экологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия, EkaterinaN@ecko.uran.ru

Представлен анализ пространственно-временной изменчивости полей аэрозольного радиационного форсинга (АРФ) на верхней границе атмосферы и аэрозольного радиационного воздействия (АРВ) на нижней границе атмосферы, построенных на основе спутниковых измерений радиационных характеристик атмосферного аэрозоля. Получены средние за летний сезон пространственные распределения АРФ, АРВ, рассчитанные для периода 2010–2015 гг.; приведены статистические характеристики аэрозольных радиационных параметров.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта фундаментальных исследований ИПЭ УрО РАН № 15-ИПЭ-03 и проекта фундаментальных и поисковых научных исследований, выполняемого в рамках соглашения о сотрудничестве УрФУ и УрО РАН, «Моделирование процессов переноса атмосферного аэрозоля».

СРАВНЕНИЕ МЕТОДИК ОЦЕНКИ МЕЛКО- И ГРУБОДИСПЕРСНЫХ КОМПОНЕНТ АЭРОЗОЛЬНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ТОЛЩИ АТМОСФЕРЫ ПО ДАННЫМ ИЗМЕРЕНИЙ В ВИДИМОЙ ОБЛАСТИ СПЕКТРА

Д.М. Кабанов, С.М. Сакерин

¹*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, dkab@iao.ru*

Аэрозольная оптическая толщина (АОТ) атмосферы определяется ослаблением оптического излучения двумя основными фракциями аэрозоля – мелко- и грубодисперсной, которые различаются природой происхождения, характером изменчивости и спектральным поведением. Для разделения оптического вклада двух фракций в настоящее время используются эмпирическая методика [1], основанная на измерении АОТ в ИК диапазоне спектра (более 1 мкм), либо приближенный алгоритм расчета [2], основанный на данных спектральных измерений АОТ в видимой области спектра. В докладе рассматриваются альтернативные подходы оценки двух компонент АОТ, с использованием регрессионных связей грубодисперсной компоненты с параметрами формулы Ангстрема. На основе результатов многолетних измерений АОТ в районе Томска и различных районах океана проводится сравнительный анализ применения различных методик оценки мелко- и грубодисперсной компонент и оцениваются соответствующие погрешности.

1. *Сакерин С.М., Кабанов Д.М.* О взаимосвязях параметров формулы Ангстрема и аэрозольной оптической толщи атмосферы в области спектра 1–4 мкм // *Оптика атмосферы и океана*. 2007. Т. 20, № 3. С. 222–228.
2. *O'Neill N.T., Eck T.F., Smirnov A., Holben B.N., and Thulasiraman S.* Spectral discrimination of coarse and fine mode optical depth // *J. Geophys. Res.* 2003. V. 108. No. D17. P. 4559–4573, doi:10.1029/2002JD002975.

КРУГЛЫЙ СТОЛ «ЛИДАРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ОПТИЧЕСКИХ И МИКРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АЭРОЗОЛЯ И МЕТЕОВЕЛИЧИН АТМОСФЕРЫ»

(руководитель Балин Ю.С.)

КОНЦЕПЦИЯ ЛИДАРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТЕОПАРАМЕТРОВ АТМОСФЕРЫ

С.М. Бобровников^{1,2}, Е.В. Горлов^{1,2}, В.И. Жарков¹

¹*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, zharkov@iao.ru*

²*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия*

Разрабатываемый лидар для измерения вертикального распределения метеопараметров атмосферы представляет огромный интерес в задачах прогнозирования состояния атмосферы и тенденций развития протекающих в ней процессов. Во всех этих, и многих других задачах подобного плана вертикальное распределение температуры и влажности атмосферы, и их изменение во времени, является важным входным параметром.

В докладе обосновывается возможность реализации лидара для одновременного измерения вертикального распределения влажности и температуры атмосферы при использовании одного источника лазерного излучения. Приводится расчет и компьютерное моделирование узлов и компонентов лидара.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых (Договор № 14.У30.15.6286-МК).

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СРАВНЕНИЯ ПРИЕМНИКОВ ИК-ДИАПАЗОНА ДЛЯ ЗАДАЧ ЛИДАРНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

А.И. Надеев, В.А. Банах, И.А. Разенков

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, nadeev@iao.ru

Современные фотоприемники ближнего ИК-диапазона, предназначенные для регистрации слабых сигналов, имеют низкую квантовую эффективность. Это утверждение справедливо как для фотоэлектронных умножителей (ФЭУ), так и для лавинно-пролетных диодов (ЛПД). Мы располагали возможностью произвести сравнение двух различных фотодетекторов на лидарной установке в реальной атмосфере.

Первый детектор – ФЭУ Н10330В-75 фирмы Hamamatsu, в котором фотокатод имеет размер 1,5 мм и изготовлен из InP/InGaAs. Второй детектор – кремниевый (Si) ЛПД фирмы Licel с размером чувствительной площадки 1 мм. Для первого детектора заявленная квантовая эффективность равна 2%. Во втором случае фирма заявляет о высокой квантовой эффективности (более 40%) для, возможно, только токового режима работы. При этом ЛПД вблизи пробоя вполне может работать и в токовом режиме.

В лидаре применялся импульсный волоконный лазер с частотой следования импульсов 50 КГц и средней мощностью около 40 Вт. Энергия каждого импульса составляла 0,8 мДж. Пучок фокусировался на расстояние 300 м. Регистрация эхосигнала производилась на осциллограф Tektronix, который позволял накапливать сигнал. Детекторы менялись, т.е. измерения производились последовательно. Мощность лазера за время измерений изменялась примерно в 40 раз. Атмосфера оставалась при этом стабильной.

Результаты испытаний показали, что оба детектора имеют примерно одинаковые характеристики. Стоит отметить, что при очень малых уровнях сигнала чувствительность ЛПД немного выше, чем у ФЭУ. Однако, ФЭУ обладает несколько лучшими частотными характеристиками и меньшим последствием. Поэтому форма

сигнала из атмосферы при повышении мощности лазера для ФЭУ оставалась неизменной, а для ЛПД сигнал уширялся и его задний фронт деформировался.

МИКРОИМПУЛЬСНЫЙ АЭРОЗОЛЬНЫЙ ЛИДАР ДЛЯ ЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРНОЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ

И.А. Разенков, В.А. Банах, А.И. Надеев

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

Три года назад в Институте оптики атмосферы была опробована конструкция лидарного приемопередатчика, предназначенного для регистрации усиления обратного рассеяния (УОР). Эффект усиления обратного рассеяния возникает при двухкратном распространении света в турбулентной атмосфере. Эффект проявляется в повышении интенсивности рассеянного света на оси лазерного пучка. По сути, происходит «деформация» индикатрисы рассеяния в очень узкой области, близкой по размеру к зоне Френеля.

Первоначально на основе импульсного волоконного лазера (532 нм) и 40 см афокального телескопа был построен двухканальный аэрозольный микроимпульсный лидар по схеме с расширением пучка через приемный телескоп. Размер передающей и приемных апертур составляет 45 мм, расстояние между приемными апертурами равно 250 мм. Второй внеосевой приемный канал нечувствителен к усилению, т.к. находится в стороне от зондирующего пучка, и, что очень важно, необходим для исключения влияния пространственно-временной изменчивости коэффициента обратного рассеяния на результат регистрации усиления обратного рассеяния. Система способна работать непрерывно в течении продолжительного времени.

В докладе приводятся данные зондирования УОР-лидаром на горизонтальной трассе и сравнение с независимыми датчиками турбулентности в приземном слое атмосферы. Обсуждаются вопросы дальнейшего развития предложенного метода и аппаратуры.

ЗОНДИРОВАНИЕ ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ ТРОПОСФЕРЫ МИКРОИМПУЛЬСНЫМ ЛИДАРОМ В РЕЖИМЕ НЕПРЕРЫВНОГО МОНИТОРИНГА

И.Э. Пеннер¹, Ю.С. Балин¹, Г.П. Коханенко¹, С.В. Насонов¹, Gérard Ancellet², Jacques Pelon²

¹*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, penner@iao.ru*

²*UPMC Univ. Paris 06; Univ. Versailles St-Quentin; CNRS/INSU, LATMOS-IPSL, Paris, France*

Получение информации о пространственной структуре и оптических свойствах пограничного слоя атмосферы в режиме непрерывного мониторинга является немаловажным фактором для понимания процессов, влияющих на изменение климата и моделирования радиационного баланса Земли. В ИОА СО РАН, в рамках сотрудничества с LATMOS (Laboratoire Atmosphères, Milieux, Observations Spatiales) для этих целей используется микролидар CE372 разработанный совместно с фирмой CIMEL, который в координации с солнечным фотометром CE318 той-же фирмы позволяет с высоким пространственно-временным разрешением исследовать вертикальную структуру как геометрических так и оптических характеристик пограничного слоя в круглогодичных измерениях. В институте микролидар работает в рутинном режиме мониторинга с апреля 2015 г. В июне 2015 г. в рамках комплексного аэрозольного эксперимента была проведена интеркалибровка со стационарным лидаром ЛЮЗА-С. Произведенное сравнение восстановленных аэрозольных вертикальных профилей показывает достоверность и достаточную точность измерений микролидаром.

МНОГОВОЛНОВОЙ АЭРОЗОЛЬНЫЙ ЛИДАР АВТОМОБИЛЬНОГО БАЗИРОВАНИЯ

Г.П. Коханенко¹, А.Н. Грицута, А.В. Клишкин¹, А.Н. Куряк¹, К.Ю. Осипов¹,
Ю.Н. Пономарев¹, Г.В. Симонова²

¹*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, kokh@iao.ru*

²*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН*

Рассмотрена концепция многоволнового аэрозольного лидара, использующего сигналы упругого рассеяния, СКР и лазерно-индуцированной флуоресценции. Разработана оптическая схема, в которой используются 3 длины волны (1064, 355 и 266 нм), генерируемые лазерной системой фирмы LOTIS TII.

Излучение на 3-х длинах волн коллимируется в единый соосный пучок, специально сконструированным коллиматором. Сигнал упругого рассеяния регистрируется лавинным фотодиодом фирмы Licel, возбуждаемая лазерным излучением флуоресценция атмосферного аэрозоля регистрируется спектроанализатором Shamrock 303i. По временной и спектральной зависимости сигнала флуоресценции анализируется химический состав аэрозоля естественного и антропогенного происхождения.

В докладе рассмотрена общая конструкция многоволнового аэрозольного лидара автомобильного базирования. Детально описаны основные оптико-механические узлы: платформа для размещения приемно-передающей оптики, выдвижной сканатор для нескольких рабочих длин волн видимого и УФ диапазонов, система подъема и управления сканатором от компьютера, система переключения оптических каналов.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ АЭРОЗОЛЬНЫХ ПОЛЕЙ ТРОПОСФЕРЫ НА БАЙКАЛЕ В ПЕРИОД ИНТЕНСИВНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

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

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, nsvtsk@gmail.com

Для исследования физических процессов формирования вертикальной структуры аэрозольных полей тропосферы и набора статистического материала для построения региональных высотных оптических моделей аэрозоля в 2015 г. было продолжено проведение в контролируемых метеорологических условиях комплексного аэрозольного оптического эксперимента «Томск-15». Исследования проводились с использованием средств дистанционного и локального контроля параметров атмосферы (многоволнового лидара «ЛОЗА-S», доплеровского лидара «Stream Line»; радиозондов RS92-SGP Vaisala и содара). Для выявления особенностей региональной модели в зависимости от орографии местности также было продолжено проведение экспедиционных работ с использованием малогабаритного аэрозольно-рамановского лидара «ЛОЗА-M2» в различных районах Сибири (Томская область, Бурятия). В летний период 2015 г. в рамках реализации экспедиции «Байкал-2015» были проведены лидарные исследования атмосферы в южной части акватории оз. Байкал в районе п. Боярск. В этот период проведения экспериментальных исследований атмосферы на берегу Байкала наблюдались экстремально высокие значения содержания дымового аэрозоля в тропосфере от интенсивных лесных пожаров.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ФУНКЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГРУБОДИСПЕРСНОЙ ФРАКЦИИ АЭРОЗОЛЯ ПО ЛИДАРНЫМ ИЗМЕРЕНИЯМ

С.В. Самойлова

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, ssv@seversk.tomsknet.ru

Восстановление функции распределения аэрозольных частиц по размерам (ФР) является одной из принципиальных задач при исследовании атмосферного аэрозоля оптическими методами. Разработка практических методов ее оценивания по данным лидарных наблюдений началась в 1999 г. с введением КР-каналов зондирования в цикл рутинных измерений, что обеспечивает независимое определение коэффициенты ослабления (для длин волн 355 и 532 нм) и обратного рассеяния (355, 532 и 1064 нм). Использование ограничений на гладкость позволяет корректно оценивать параметры ФР субмикронной фракции аэрозоля методом регуляризации Тихонова. Для корректного (несмещенного и правдоподобного) оценивания параметров грубодисперсной фракции целесообразно использование метода оптимальной линейной фильтрации Винера, практическая реализация которого требует априорного задания первых статистических моментов ФР. В условиях априорной неопределенности возможна замена оптимального стабилизатора на близкий к нему, более простой, используя для его построения меньшую априорную информацию: качественную, о наличии двух фракций, и количественную, о значениях среднегеометрического радиуса для крупных частиц. Оценку последнего можно проводить непосредственно по лидарным измерениям.

В докладе будет представлен сравнительный анализ определения параметров ФР различными методами по данным численного моделирования, а также приведены результаты восстановления ФР по лидарным измерениям пограничного слоя и средней тропосферы многочастотным лидаром «ЛОЗА-C» в Томске.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (гранты №№ 13-05-00096-а, 13-08-98013-а).

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АЭРОЗОЛЯ ПО ДНЕВНЫМ ЛИДАРНЫМ ИЗМЕРЕНИЯМ (ЧЕТЫРЕХЧАСТОТНОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ)

С.В. Самойлова, Ю.С. Балин, Г.П. Коханенко, И.Э. Пеннер

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия, ssv@seversk.tomsknet.ru

Совершенствование методов интерпретации данных многочастотного зондирования в отсутствии КР – каналов (дневные наблюдения) обусловлено, в первую очередь, высокой изменчивостью аэрозольных характеристик пограничного слоя в светлое время суток. С математической точки зрения задача сводится к решению системы N лидарных уравнений относительно $2N$ неизвестных оптических коэффициентов, обратного рассеяния и ослабления (N – число рабочих длин волн лидара), и требует априорного задания спектрального хода лидарного отношения. В условиях априорной неопределенности показано применение спектрально *зависимых* методов, с параметризацией связи между коэффициентами на различных длинах волн и последующей оценкой неизвестных параметров. Хотя теоретические основы подхода были изложены Г.М. Крековым еще в конце 1980-х годов, в полном объеме аналитическое решение задачи пока не найдено. Отметим, что при вертикальном зондировании для двухкомпонентной среды (без дополнительных допущений) практическое использование методов требует не менее четырех рабочих длин волн лидара.

В докладе будут представлены результаты интерпретации одновременных измерений лидаром LOZA-S (355, 532 и 1064 нм) и микроимпульсным лидаром CIMEL CE372 (808 нм), проводившихся в Томске (июнь 2015 г.) в рамках комплексного аэрозольного эксперимента.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (гранты №№ 13-05-00096-а, 13-08-98013-а).

Авторский указатель

А		Васильева М.С.	5	Емиленко А.С.	25, 58
Абрамчук Т.В.	54	Веретенников В.В.	8	Еремина А.С.	42
Августинович В.Г.	69	Вечканов В.А.	11, 22, 67	Ж	
Агафонцев М.В.	80	Вигриянов М.С.	27	Жамсуева Г.С.	86
Акулова О.Б.	7	Виноградова А.А.	13, 49	Жарков В.И.	92
Алексеева М.Н.	12	Воробьева И.Г.	11	Жирнов А.А.	64
Алтунина Л.К.	15	Воронецкая Н.Г.	20	Жуков А.Ф.	83
Андреева И.С.	11, 22, 67	Воропай Н.Н.	16	Журавлева Т.Б.	4, 44, 48
Аникин П.П.	5	Вострецов Н.А.	83	Жученко Н.А.	18, 62
Антипов О.Л.	40	Г		З	
Антохин П.Н.	47	Галилейский В.П.	70, 71, 72, 73	Завьялова Д.Ю.	64
Антохина О.Ю.	47	Ганьшин Е.В.	65	Задворных И.В.	39
Ануфриев И.С.	27	Герасимова Л.О.	84	Замашиков В.В.	57
Архангельская А.А.	61, 62	Глаголев М.В.	44	Захаренко В.С.	14
Архипов В.А.	68	Гладких В.А.	41	Захаров В.И.	43
Аршинов М.Ю.	11, 20	Глазкова Е.А.	59	Захарова П.В.	55, 61
Астафуров В.Г.	31, 66	Головко А.К.	20	Захарова Т.В.	14
Афанасьев А.Л.	82, 83	Головко В.В.	13, 21	Заяханов А.С.	86
Б		Гордеев Е.В.	84	Звягинцев А.М.	55, 62
Бакина О.В.	59	Горелик А.Г.	65	Здерева М.Я.	29, 31
Бакланов А.М.	27, 57, 67	Горлов Е.В.	92	Зуев В.В.	16, 29, 45
Баландин С.Ф.	73, 74	Горчаков Г.И.	8, 23, 24, 25	Зуев С.В.	63
Балин Ю.С.	93, 94, 95	Горячев Б.В.	48	Зуева Н.Е.	45
Банах В.А.	68, 82, 84, 92, 93	Грибанов К.Г.	39, 43, 46, 76	И	
Баранов Н.А.	29	Грицута А.Н.	84, 93	Ивлев Г.А.	11
Башенхаева Н.В.	62	Гришин А.И.	77	Ильин Г.Н.	65
Безверхний В.А.	19	Груздев А.Н.	5	Ильин С.Н.	52
Безуглова Н.Н.	48	Грязин В.И.	5	Иноземцев А.А.	54, 69
Белан Б.Д.	9, 11, 16, 17, 20, 55	Гулевич Д.Г.	67	Исаков А.А.	5, 25, 58
Белан С.Б.	9	Д		Истомин В.Л.	13, 21
Березин Е.В.	33, 34	Давыдов Д.К.	44	К	
Береснев С.А.	5	Дайбова Е.Б.	14	Кабанов Д.М.	86, 87, 88, 89, 90, 91
Бобриков А.А.	89, 90	Дейчули В.М.	39, 42	Кадыгров Е.Н.	65
Бобровников С.М.	92	Денисова Н.Ю.	43, 46	Калинина О.Ю.	12
Богданова Ю.В.	35	Десятков Б.М.	65	Камардин А.П.	46, 47
Борков Ю.Г.	37	Джола А.В.	19	Канев Ф.Ю.	40
Боровкова О.В.	27	Долгий С.И.	5, 14	Карпов А.В.	8, 23, 24, 25
Боровой А.Г.	3, 7	Домышева В.М.	17, 21	Карташова Е.С.	63
Бочковский Д.А.	50	Дубинкина Е.С.	87, 90	Качур В.А.	89
Брусова Н.Е.	55, 61	Дубровская О.А.	64	Кессель А.С.	89
Букатый В.И.	7, 11	Дубцов С.Н.	14, 27, 57	Кирсанов А.А.	33
Бунтов Д.В.	23, 24	Дудоров В.В.	42	Клемашева М.Г.	93
Бурлаков В.Д.	5, 14	Дудорова Н.В.	55	Климкин А.В.	69, 93
Буряк Г.А.	11, 22, 67	Дульцева Г.Г.	14, 27	Клиточенко И.И.	53
Буш Г.А.	5	Е		Клишин В.И.	57
В		Евсюткин Т.В.	66	Князев А.К.	65
Валиулин С.В.	57	Елизаров А.И.	70, 71, 72, 73, 77		
Васильев М.С.	49				

Авторский указатель

Кобзарь С.К.	11	Лукин И.П.	74, 75, 83	Павлов Г.С.	32, 39
Козлов А.С.	11, 20, 54, 69	Ляпина Е.Е.	16	Палеев Д.Ю.	57
Козлов В.С.	3, 8, 24, 44, 54, 87			Панченко М.В.	3, 4, 8, 11, 17, 21, 44, 54, 86
Кокарев Д.В.	70, 71, 72, 73	М		Пархомчук Е.В.	67
Коковкин В.В.	54	Макаров В.И.	11	Певнева Г.С.	21
Колотков Г.А.	18	Макенова Н.А.	40	Пененко А.В.	30
Комаров В.С.	52	Максютов Ш.	44	Пененко В.В.	11, 28
Кондратьева А.А.	38	Макухин В.Л.	56	Пеннер И.Э.	93, 94, 95
Кондратьева А.Г.	23, 25	Малыгина Н.С.	22	Перемитина Т.О.	11, 12
Коновалов И.Б.	33, 34	Малышкин С.Б.	54, 69	Перминов В.В.	86
Коношонкин А.В.	3, 7	Мамышева А.А.	41	Пестунов Д.А.	17, 21, 86
Константинов О.Г.	90	Маракасов Д.А.	82, 83	Петров А.К.	54, 69
Конторович А.Э.	57	Маринайте И.И.	62	Петрова Т.М.	36, 39, 42, 58, 59
Копейкин В.М.	23, 24, 25, 58	Маричев В.Н.	50	Петрожицкий А.В.	67
Копьев Е.П.	27	Мартынова Ю.В.	47	Петухов С.И.	39
Коржавин А.А.	57	Матвиенко О.В.	80	Платов Г.А.	50
Корниенко Г.И.	86	Меньщикова С.С.	8	Плохотниченко М.Е.	27
Коробов В.Б.	12	Мецлер Э.А.	68	Поддубный В.А.	87, 88, 90
Короткова Е.М.	16	Миллер Е.А.	65	Поликанова С.А.	60
Корчемкина Е.Н.	88	Михайлова К.Ю.	59	Полькин В.В.	3, 44, 88
Косторная А.А.	50	Мишина Н.В.	23, 25	Полькин Вас.В.	89
Коханенко Г.П.	93, 94, 95	Моложникова Е.В.	62	Пономарев Ю.Н.	58, 59, 69, 93
Кочнева Л.Б.	5	Морару Е.И.	45	Пономарева Т.Я.	25, 58
Красненко Н.П.	63	Морозов А.М.	70, 71, 72, 73	Попова С.А.	11, 69
Краснов О.А.	44	Мохов И.И.	19	Потемкин В.Л.	56
Краснолуцкий С.Л.	3	Мусяненко О.П.	40	Пуртов П.А.	57
Крымский Г.Ф.	32, 39			Пхалагов Ю.А.	6, 90
Крючков А.В.	77	Н		Пьянков О.В.	67
Кудрявцев А.Н.	81	Нагорский П.М.	23, 25, 38	Пьянова Э.А.	38
Кудряшова О.Б.	23, 64	Нагуслева С.А.	86		
Кузин В.И.	33, 50	Надеев А.И.	84, 92, 93	Р	
Кузнецов Г.А.	24, 25	Насонов С.В.	9, 93, 94	Радионон В.Ф.	16, 87, 89
Кузнецова И.Н.	33, 55, 61, 62	Насртдинов И.М.	44, 48	Разенков И.А.	68, 78, 84, 92, 93
Куйбида Л.В.	54	Нахаев М.И.	33, 62	Ракшун Я.В.	69
Кунчев Е.А.	61	Нахтигалова Д.П.	29	Рапута В.Ф.	11, 30, 54, 55, 56, 57
Курбатов Г.А.	24	Невзоров А.А.	14	Рахимов Р.Ф.	24
Курбацкая Л.И.	33	Невзоров А.В.	5, 14	Резникова И.К.	11
Курбацкий А.Ф.	33	Невзорова И.В.	47	Рейно В.В.	80
Курьянович К.В.	40	Ненашева Г.И.	23	Речицкий М.В.	76
Куряк А.Н.	69, 93	Нецветаева О.Г.	17, 18, 62	Решетников А.А.	49
Кусков В.В.	79, 80	Николашкин С.В.	49	Родимова О.Б.	33, 36
Кустова Н.В.	3, 7	Новикова О.Г.	64	Романовский О.А.	14, 75
		Новоселов М.М.	94	Ростов А.П.	70, 78, 81, 82, 83
Л		Носов В.В.	32	Рудь В.В.	26
Лаптева Н.А.	50, 65	Носов Е.В.	32	Рудяк В.Я.	3
Лапченко В.А.	62	Носова В.В.	62	Русскова Т.В.	4, 48
Леженин А.А.	30, 57			Рынков О.А.	84
Лезина Е.А.	25, 33, 61, 62	О		Рычков Д.С.	81, 82
Лещев А.В.	12	Оболкин В.А.	56	Рябчинская Н.А.	22
Лещевич В.В.	27	Огородников В.А.	37		
Литау В.В.	59	Одинцов С.Л.	41, 46, 47	С	
Лобанов А.С.	33	Олькин С.Е.	11	Савельева Е.С.	45
Лобода Е.Л.	80	Онищук А.А.	57	Савкин Д.Е.	16, 17
Логинов С.В.	45	Осипов К.Ю.	69, 93	Саженов А.Н.	54, 69
Ломакина Н.Я.	52	Осипова Н.А.	60	Сазанович В.М.	78, 81, 82
Лоскутова	58			Сакерин С.М.	4, 16, 86, 87, 88, 90, 91
Лубо-Лесниченко К.Е.	87	П		Сакирко М.В.	17, 21, 62
Лужецкая А.П.	87, 90	Павленко А.А.	68		
Лукин В.П.	32, 40	Павлов А.Н.	86, 90		

Самойлова С.В.	94, 95	Титов С.В.	49	Шагаев М.П.	50
Самохвалов И.В.	9	Титов С.С.	64, 68	Шалыгина И.Ю.	33, 55, 62
Сапожников Ф.В.	12	Тихомиров Б.А.	68	Шамрин А.М.	17, 21
Сапрыкин И.Е.	50	Тихонов А.В.	5	Шарыпов О.В.	27
Сафатов А.С.	11, 22, 67	Токарев В.М.	29, 31	Шахова Т.С.	59
Сваровская Л.И.	15	Толмачев Г.Н.	11, 17, 20	Шевченко В.П.	12, 13
Свириденков М.А.	6, 25, 58, 66	Томберг И.В.	18	Шелехов А.П.	29
Сезько Н.П.	18, 62	Торгаев А.В.	32	Шелехова Е.А.	29
Селиванова А.В.	67	Точилкина Т.А.	65	Шерстобитов М.В.	78
Семутникова Е.Г.	25	Трифонов Д.А.	70	Шестернин А.Н.	79, 80
Серегин А.О.	24	Троицкий А.В.	65	Шефер Н.А.	70
Сересева О.В.	37	Трубачев С.А.	26	Шишигин С.А.	20
Сидорова О.Р.	87	Трубицын Д.А.	67	Шишко В.А.	3, 7
Симоненков Д.В.	11, 20	Трубицына Т.А.	67	Шмаргунов В.П.	8, 24
Симонова Г.В.	93	Турчинович Ю.С.	87	Шмирко К.А.	86, 89, 90
Синявский Ю.Н.	64			Шукуров К.А.	52
Сипатов А.М.	54, 69	У		Шумский В.К.	75
Ситнов С.А.	19, 25, 66	Ужегов В.Н.	6, 88, 90		
Скороход Н.Н.	77			Щ	
Скороходов А.В.	31	Ф		Щелканов Н.Н.	9
Смоляков Б.С.	11	Фалейчик Л.М.	38	Щербаков А.П.	42
Соколов А.В.	24	Фалиц А.В.	78		
Соловьянова Н.А.	11, 22, 67	Фирсов К.М.	53	Э	
Солодкий В.В.	67	Фофонов А.В.	44	Эккердт К.Ю.	7
Солодов А.А.	36, 39, 42, 58, 59			Ю	
Солодов А.М.	36, 39, 42, 58, 59	Х		Юдин М.С.	28
Сорокикова Л.М.	18	Хаматнурова М.Ю.	76		
Стариков В.И.	39	Харченко О.В.	75	Я	
Стародымова Д.П.	13	Харюткина Е.В.	45	Язиков Е.Г.	59
Старченко А.В.	35	Ходжер Т.В.	56, 62	Яковлев А.Е.	14
Степкина М.Ю.	23			Яковлев С.В.	75
Стукова О.П.	43	Ц		Яковлева В.С.	23, 25, 38
Суковатов К.Ю.	25, 26, 41, 51, 60, 61	Цатиашвили В.В.	54, 69	Ярославцева Т.В.	30, 55, 56, 57
Сулакшина О.Н.	37	Цветова Е.А.	11, 29	Яушева Е.П.	8
Суторихин И.А.	7, 11	Цвык Р.Ш.	78, 81, 82	Яценко И.Г.	11, 12, 15
Сухарев А.А.	79	Цыбуля Н.В.	14		
		Ч		А	
Т		Чанкина О.В.	69	Ancellet Gérard	93
Таловская А.В.	59, 60	Черепнев М.С.	23, 25, 38		
Теплякова Т.В.	11	Чернов Д.Г.	8, 44, 54, 87	В	
Тереб Н.В.	55	Чеснокова Т.Ю.	42, 48, 53	Beekmann M.	35
Терентьева М.В.	35	Чубарова Н.Е.	66		
Терпугова С.А.	3, 44	Ш		Р	
Титов А.А.	24	Шабанов А.Н.	65	Pelon Jacques	93

XXII Рабочая группа

АЭРОЗОЛИ СИБИРИ

Тезисы докладов

Подписано к печати 9.11.2015.
Формат 60×84/8. Печать офсетная. Бумага офсетная.
Гарнитура «Times New Roman».
Усл. печ. л. 11,39. Уч.-изд. л. 10,34. Тираж 210 экз.

Издательство Института оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН.
634021, г. Томск, пл. Академика Зуева, 1.
Тел.: (382-2) 49-23-84; факс: (382-2) 49-20-86

Тираж отпечатан в типографии ООО «СерДжум».
634021, г. Томск, пр. Фрунзе, 137/1, стр. 1.
Тел.: (382-2) 24-26-42; факс: (382-2) 24-26-42