

УДК 551.521

РОССИЙСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ АТМОСФЕРНОЙ РАДИАЦИИ В 2003–2006 гг.

© 2009 г. Ю. М. Тимофеев, Е. М. Шульгина

Санкт-Петербургский государственный университет
198904 Санкт-Петербург, Петродворец, ул. Ульяновская, 1
E-mail: tim@troll.phys.spbu.ru

За истекший период Российская комиссия по атмосферной радиации совместно с заинтересованными ведомствами и организациями провела два Международных симпозиума стран СНГ “Атмосферная радиация”, участники которых обсуждали актуальные проблемы современной физики атмосферы – перенос излучения и атмосферная оптика, парниковые газы, облака и аэрозоли, изменения климата, дистанционные методы измерений, новые данные наблюдений. В настоящем отчете представлены пять направлений, охватывающих весь спектр исследований, проводимых в области атмосферной радиации.

ТЕОРИЯ ПЕРЕНОСА ИЗЛУЧЕНИЯ

Многочисленные исследования в этой области были посвящены изучению процессов переноса излучения в различных средах и для различных геометрий измерений, развитию методов и алгоритмов для решения уравнения переноса излучения в приложении к задачам атмосферной оптики.

В ИФА РАН разработана линеаризованная векторная модель радиационного переноса в сферической атмосфере [1–3], оценено влияние многократного рассеяния и аэрозоля на поляризацию излучения [4, 5], проведено сравнение с другими моделями переноса излучения [6]. Интенсивно развиваются различные методы теории переноса излучения в МЭИ. Исследована эффективность представления решения уравнения переноса в виде суммы сингулярной компоненты (на основе малоугловой модификации метода сферических гармоник) и регулярной, более гладкой, части для описания переноса в средах с сильно анизотропным рассеянием [7–10]. Развитию метода дискретных ординат, позволяющего обобщить подход на случай произвольной 3D среды с учетом поляризации, посвящены работы [11–14].

В ИПМ им. М.В. Келдыша РАН совершенствуются численные методы моделирования переноса излучения в атмосфере с неоднородной облачностью и аэрозолем и разрабатываются алгоритмы

решения уравнения переноса излучения в задачах оптики атмосферы на компьютерах с параллельной архитектурой методом дискретных ординат. Особое внимание уделяется методам повышения точности аппроксимации аэрозольных и облачных индикатрис рассеяния. Развита алгоритмы аппроксимации интеграла столкновений с помощью матрицы рассеяния, что дает возможность применения развитых алгоритмов для расчета полей солнечного света не только в одномерных, но и в многомерных областях и учета детальной структуры рассеивающей солнечной среды – облаков, зданий, деревьев и т.д. [15]. Выполнен детальный обзор алгоритмов метода дискретных ординат [16], разрабатываются алгоритмы расчета методом дискретных ординат полей поляризованного света в 3D областях. Выполнено исследование влияния горизонтальных неоднородностей атмосферы на яркость отраженного солнечного излучения [17], развиты упрощенные модели, позволяющие оценить размер пограничных слоев. В монографии [18] обобщены результаты по математическим моделям теории переноса излучения и по методам численного решения задач теории переноса излучения.

В СПбГУ продолжаются исследования процессов переноса неравновесного излучения в средней и верхней атмосфере. Разработанная ранее обобщенная модель переноса излучения с нарушением ЛТР в колебательно-вращательной полосе применена для изучения влияния температурных возмущений гауссова вида в изотермической атмосфере [19]. Проведены тщательные исследования радиационных процессов в полосах поглощения CO_2 – оценено влияние солнечных протонных событий на собственное излучение атмосферы [20] и вклад поглощения солнечного излучения [21] и эмиссий в этих полосах [22, 23], вызванных приливными вариациями температуры, в процессы нагревания и охлажде-

* Материалы представлены Бассом Л.П. (ИПМ РАН), Бобылевым Л.П. (Нансен центр), Будаком В.П. (МЭИ), Дементьевым Б.В. (ИФА РАН), Захаровым В.И. (УГУ), Завелевичем Ф.С. (ИЦ им. М.В. Келдыша), Кадыгровым Е.Н. (ЦАО), Левиным И.М. (ИО РАН), Нерушевым А.Ф. (НПО “Тайфун”), Покровским О.М. (ГГО), Горчаковым Г.И. и Постыляковым О.В. (ИФА РАН), Радионовым В.Ф. (ААНИИ), Станкевичем К.С. (НИРФИ), Сакериным С.М. и Фазлиевым А.З. (ИОА СО РАН), Тонковым М.В., Шведом Г.М. и Янковским В.А. (СПбГУ), Успенским А.Б. (НПО Планета), Фоминым Б.А. (Курчатовский ин-т), Чубаровой Н.Е. (МГУ).

ния мезосферы и нижней термосферы. Параметризация поглощения солнечного излучения в полосах CO_2 в ближней ИК области включена в Канадскую модель средней атмосферы [24]. В работе [25] предложен приближенный безразмерный подход к оценке теплового эффекта 15 мкм полосы CO_2 в термосфере, использованный для создания полуэмпирической модели среднеглобальной температурной структуры земной термосферы.

Большое количество работ посвящено методам расчета переноса излучения в приложениях к задачам дистанционного определения параметров атмосферы и подстилающей поверхности. В НИЦ “Курчатовский институт” разработан алгоритм для “ab initio” вычислений тепловой радиации в плоскопараллельной атмосфере, содержащей аэрозоли и облака [26], позволяющий провести точный учет как газового поглощения, так и многократного рассеяния частицами в любых спектральных интервалах. На основании этого алгоритма в сотрудничестве с Бразильским Институтом Национальных Космических Исследований (INPE) создана модель измерений атмосферной радиации многоканальными спутниковыми спектрометрами любого разрешения [27], воспроизводящая уходящее тепловое излучение для сенсоров высокого, среднего и низкого разрешения. Произведено исследование принципиальных ограничений на точность моделей прямого интегрирования, обусловленных неопределенностью современной спектроскопии [28], и тестирование модели в международном сравнении радиационных программ [29], а также в натурном эксперименте [30]. Опубликованы результаты сравнений (в которых принимали участие сотрудники ИОА СО РАН, НИЦ “Курчатовский институт” и ИВММГ СО РАН) различных кодов 3D радиационных моделей [31]. Существенные результаты получены в ИОА СО РАН в развитии и валидации статистических методов исследования радиационных полей в атмосферах со стохастическими моделями разорванной облачности [32]. Развиваются методы численного моделирования яркости неба вблизи горизонта [33–35] и для определения оптической толщины аэрозольного рассеяния [36]. В НПО “Тайфун” проведены расчеты основных оптических характеристик кристаллических и смешанных облаков. Выполнена параметризация сечений ослабления, рассеяния и поглощения, а также индикатрисы рассеяния излучения как для отдельных ледяных частиц, так и для их систем, характерных для реальных облаков [37]. В Гидрометцентре России для расчета потоков солнечного излучения в облачной атмосфере был разработан метод описания взаимодействия солнечного излучения с облаками с учетом микрофизических свойств облаков [38]. Совместный алгоритм расчета микрофизических характеристик и потоков излучения позволил исследовать зависимость оптических свойств облаков, альбедо и пропускания от микрофизических

параметров. В СПб филиале ИО им. П.П. Ширшова РАН продолжается разработка моделей и методов расчета переноса излучения в приложении к оптике океана. Путем обобщения и развития ранее созданной теории подводного видения с использованием оптических моделей морской воды, поверхности и атмосферы разработана теория видимости морского дна из атмосферы через взволнованную поверхность моря при естественном освещении [39]. Разработан и проанализирован новый эффективный алгоритм для компьютерного моделирования случайного изображения неоднородного дна, наблюдаемого через взволнованную поверхность [40].

АТМОСФЕРНАЯ МОЛЕКУЛЯРНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ

Основное направление работ по молекулярной спектроскопии атмосферных газов – совершенствование методов расчета параметров спектральных линий и создание банков спектроскопических данных (ИОА СО РАН, ИПФ РАН, СПбГУ). При определении частот и интенсивностей основных компонент атмосферы (H_2O , CO_2) наибольшее внимание уделялось их изотопическим модификациям и высоко-возбужденным колебательно-вращательным состояниям [41–46]. Расчеты в этих работах выполнялись с использованием метода эффективных операторов. Этот метод базируется на теории возмущений, позволяет существенно уменьшить объем вычислений, моделировать спектры с точностью, близкой к точности эксперимента, и при этом не требует вычислительных мощностей суперкомпьютеров. Этот же подход был использован при расчете спектров молекул N_2O и C_2H_2 [47, 48].

Значительная часть работ посвящена изучению влияния межмолекулярных взаимодействий на параметры линий [49–52]. В этих работах проведены точные расчеты траектории сталкивающихся молекул с использованием классической механики, результаты расчета сравниваются с различными приближенными методами. Рассчитанные полуширины линий сравниваются с величинами, измеренными в эксперименте [53].

Б.А. Фомин (НИЦ “Курчатовский институт”) разработал принципиально новый метод k -распределения [54, 55], хорошо учитывающий перекрывание полос разных поглотителей и позволяющий создать параметризации неограниченной точности. Этот метод при таком же уровне точности, как и другие, в 2–3 раза быстрее и так же хорошо работает в верхней атмосфере, как и в тропосфере. С помощью этого метода была разработана первая версия параметризации для моделей погоды и климата, использующая 23 и 15 членов для тепловой и солнечной радиации соответственно, что в 2–3 раза меньше, чем в аналогах.

Нельзя не отметить работы по исследованию субмиллиметрового поглощения. Наиболее интересными представляются здесь работы (с высоким спектральным разрешением и высокой точностью измерений) по исследованию спектров кислорода [56–58]. Определены параметры линий кислорода и их температурные изменения, а также оценены эффекты интерференции линий. Также тщательно проведены исследования вращательных линий молекулы H_2O и континуального поглощения, связанного с этой молекулой [59, 60].

Моделированию эффектов интерференции линий посвящены работы [61, 62]. В них сравниваются разные модели построения матрицы вращательной релаксации, от которой зависит форма колебательно-вращательных полос, и определяются спектральные участки, где следует ожидать проявления эффекта.

И, наконец, объединяющей характер носят работы, в которых сообщается о построении банков данных. Это, во-первых, банк, данные которого можно использовать для расчетов спектров газов при высоких температурах [63], и, во-вторых, банк, который содержит не только параметры линий, но также и программы расчета спектров при конкретных условиях [64–66].

РАДИАЦИОННАЯ КЛИМАТОЛОГИЯ

Работы по данной тематике велись в нескольких направлениях: мониторинг составляющих радиационного баланса (РБ) и атмосферных составляющих, влияющих на радиационный режим; изучение климатических трендов компонентов РБ у поверхности суши; разработка методов реконструкции солнечной радиации; анализ радиационных эффектов атмосферных газов, аэрозоля и облачности.

Для условий Москвы проанализированы многолетние тенденции изменения составляющих радиационного баланса, а также облачности и оптических характеристик атмосферы [67–69]. На основе простых эмпирических соотношений, полученных по данным многолетних наблюдений в МГУ, построены карты фотосинтетически активной радиации (ФАР) для вегетационного периода в Европейском регионе России [70]. Получены параметры изменчивости радиационного режима в Антарктиде на основе данных архива актинометрических измерений на российских антарктических станциях [71]. В ГГО им. А.И. Воейкова проводились исследования многолетних трендов компонентов радиационного баланса у поверхности суши и их взаимосвязи с трендами стандартных метеорологических переменных – температуры и влажности воздуха и почвы, атмосферного давления, осадков, а также составляющих теплового баланса [72–75].

Разработан метод реконструкции УФ радиации, на основе которого восстановлена изменчивость эритемной радиации в Москве с 1968 г. [76]. Показано, что в восточной Европе рост УФР в конце XX века определяется совокупностью действия трех факторов: уменьшением облачности, озона и аэрозольной оптической толщины с 1994 г. Проведены сравнения результатов наземных измерений УФР в Москве с данными спутника TOMS и восстановленных по спутниковому алгоритму JRC METEOSAT [76]. Показаны значительные отклонения в восстановлении УФР по данным TOMS при отсутствии коррекции на поглощающий аэрозоль и также необходимость иного способа задания аэрозоля в алгоритме JRC METEOSAT. Сотрудниками НПО “Тайфун” проведено сравнение дневных экспозиций приземной эритемной радиации, полученных по наземным измерениям с помощью спектрофотометров Brewer и спутниковым измерениям спектрофотометром TOMS. Показано, что спутниковые измерения в целом хорошо коррелируют с наземными измерениями (коэффициент корреляции 0.98–0.99). При этом спутниковые измерения в целом завышены относительно наземных. Выявлено, что различие между спутниковыми и наземными измерениями УФР содержит периодическую составляющую с периодом в несколько лет и годовой ход, имеющий региональные отличия. Причиной периодичности и годового хода является, по-видимому, изменение аэрозольной составляющей прозрачности атмосферы [77, 78]. В работе [79] представлены результаты анализа методом естественных ортогональных функций (ЕОФ) полей среднемесячных значений общего содержания озона (ОСО) и УФ эритемной облученности в тропиках за 25 летний период по данным TOMS 8. Выделены две первые ЕОФ моды (12% и 9.5% соответственно) УФ облученности, связанные с квазидвухлетним циклом (КДЦ) и 11-ти летним солнечным циклом (как и для ОСО). При этом колебания ОСО и УФ эритемной облученности находятся в противофазе.

Атмосферный аэрозоль является одним из основных факторов, определяющих радиационный режим атмосферы и процессы образования облаков. В ИФА РАН проведены обширные исследования процессов выноса аэрозоля с опустыненных территорий (Приаралье, Калмыкия, Астраханская обл.) [80, 81]. Разработана эмпирическая модель выноса минерального аэрозоля с опустыненной территории, позволяющая оценивать микроструктуру аэрозоля, генерируемого на подстилающей поверхности [82]. Продолжает развиваться аэрозольный мониторинг на территории России. Важным этапом в его развитии является успешное продолжение работы ряда станций международной сети AERONET и включение в ее состав ряда новых станций в рамках развития сибирской программы AEROSIBNET [83]. Результаты аэрозольных изме-

рений в рамках AERONET в Москве в МГУ приведены в работах [84, 85], а в Сибири – в [86]. Выявлено уменьшение аэрозольной мутности атмосферы над территорией России в последние годы в разных географических регионах [87–89]. Регулярные измерения спектральной аэрозольной оптической толщины (АОТ) в диапазоне 0.395 мкм до 1.04 мкм на антарктической станции Мирный проводятся сотрудниками ААНИИ. Обобщение результатов наблюдений спектрального аэрозольного ослабления солнечной радиации в полярных регионах за предшествующие 25 лет представлено в публикациях [90, 91]. Экспедиционные исследования пространственно-временной изменчивости оптических, микрофизических характеристик и химического состава атмосферного аэрозоля в различных районах океана, анализ факторов, определяющих эту изменчивость, выполняются сотрудниками ИОА РАН [92–96].

На основании данных измерений и моделирования обсуждаются эффекты газового, аэрозольного и облачного воздействия на солнечное излучение у поверхности Земли, их радиационный форсинг и возможные эффекты на климатическую систему, включая условия дымового аэрозоля [97–101]. Во время дымной мглы выявлено преобладание мелкодисперсного аэрозоля, имеющего низкую поглощательную способность в видимом диапазоне и более высокую – в УФ диапазоне спектра [102, 103]. Исследование смоговых эффектов в Пекине выявило, что рост объемной концентрации аэрозоля при формировании смога обусловлен, главным образом, увеличением размера частиц, а не их концентрации [104]. Проанализированы изменения дисперсного состава аэрозоля дымки при увеличении мутности атмосферы по данным многолетних измерений в Томске [105]. Определенный прогресс также достигнут в понимании эффективности поглощения тропосферными газами и аэрозолями в УФ диапазоне спектра. Показана важная роль диоксида азота среди других малых газовых примесей в поглощении УФР [106–108] в городских условиях, а также в условиях дымной мглы.

ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ АТМОСФЕРЫ И ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

Пассивное дистанционное зондирование озонсферы и малых газовых составляющих атмосферы в видимом, инфракрасном и микроволновом диапазонах спектра, анализ их изменчивости и совершенствование методик измерений и интерпретации ведется рядом институтов (ИФА РАН, СПбГУ, ФИ РАН, ИЭМ НПО “Тайфун”, ИРЭ РАН, ГГО, ААНИИ, ЦАО и ГМЦ).

В 2003–2006 гг. были продолжены работы специалистов ЦАО и ГМЦ по выполнению субпроекта WMO GURME (Global Urban Research Meteorology

and Environmental Project). Проводились исследования вертикальной структуры острова тепла над Москвой путем непрерывных измерений профилей температуры пограничного слоя атмосферы с помощью российских микроволновых температурных профиломеров МТП-5 в трех пунктах: центр Москвы, пригород (г. Долгопрудный), невозмущенная зона (г. Звенигород) [109–111]. Выполнены исследования пространственной неоднородности термического режима пограничного слоя атмосферы в городах Нижний Новгород [112] и Оренбург. Проведен анализ данных, полученных во время сильных пожаров 2002 г. под Москвой, а именно, вариаций концентрации аэрозоля и их влияния на термический режим пограничного слоя атмосферы [113]. Исследуются параметры турбулентности [114] и скорости ветра в пограничном слое атмосферы [115]. По заданию ВМО подготовлен и опубликован обзор по современным дистанционным наземным профиломерам [116].

Сотрудниками НПО “Тайфун” в Обнинске и на Иссык-Куле проводятся регулярные измерения содержания H_2O , CO_2 , CH_4 , N_2O , CO в столбе атмосферы методом абсорбционной спектроскопии. Кроме того, в Обнинске на высотах 25, 100, 200 и 300 метров выполняется отбор проб воздуха для анализа содержания малых газовых компонент атмосферы в приземном слое. На Иссык-Куле эти наблюдения дополнены регулярными измерениями вертикального распределения и общего содержания NO_2 в атмосфере. Регулярные измерения малых газовых составляющих (МГС) атмосферы проводились на станции Новолазаревская в период полярного лета и эпизодические – с борта научно-экспедиционного судна “Академик Федоров” (CO_2 и CH_4 путем отбора проб). Некоторые результаты анализа данных исследований приведены в [117–119]. В НИИФ СПбГУ продолжались наземные измерения общих содержаний CO и CH_4 с помощью ИК спектроскопического метода. На основе этих и локальных измерений определены оценки изменчивости этих газов в районе Санкт-Петербурга, а также антропогенных вкладов в общий баланс содержания метана [120–122]. В ААНИИ продолжались регулярные измерения общего содержания озона (OSO) на антарктических станциях Мирный, Новолазаревская, Восток. В 2003–2005 гг. проведен цикл измерений OSO в центральном арктическом бассейне на дрейфующих станциях “Северный полюс-32, 33” и с борта научно-экспедиционного судна “Академик Федоров”. Результаты анализа данных этих наблюдений опубликованы в [123]. Приведены первые результаты анализа данных, полученных на станциях СП-32 и СП-33 и во время рейсов НЭС “Академик Федоров”. Они характеризуют изменчивость общего содержания озона в Центральном арктическом бассейне в 2003–2005 гг. В 2000 г. на антарктической станции Новолазаревская были возобновлены измерения общего содержания угле-

кислого газа, метана, окиси углерода и водяного пара солнечным спектроскопическим методом. С 2003 г. они выполняются на регулярной основе. В ИФА РАН проводятся измерения концентрации малых газовых примесей и аэрозоля по программе TROICA [124]. В сотрудничестве с НЦ “Курчатовский институт” и МГУ проанализирована задача одновременного восстановления общего содержания диоксида азота и микроструктуры аэрозоля в толще атмосферы по данным измерений на глобальной сети станции AERONET [125, 126].

Исследования характеристик подстилающей поверхности дистанционными методами проводятся в ряде организаций. В ИОА РАН разработан алгоритм восстановления концентрации оптически активных веществ в океане из измерений спектров уходящей радиации гиперспектральным приемником с учетом шумов приемника [127]. Разработанный алгоритм позволяет оптимально планировать эксперимент по извлечению информации об оптически активных веществах в воде из корабельных, авиационных и спутниковых измерений яркости океана. Алгоритм применен к задаче восстановления концентраций фитопланктона, растворенного органического вещества и минеральной взвеси при использовании реального мультиспектрального приемника, помещенного на произвольной высоте над поверхностью моря. Показано [128], что шумы фотодетектора существенно уменьшают точность восстановления, но эта точность может быть повышена за счет априорной информации об условиях наблюдения. С начала 80-х годов в НИРФИ проведен большой объем исследований собственного излучения взволнованной морской поверхности в микроволновом диапазоне в натуральных условиях морского волнения, разрабатываются методики определения тонкой температурной стратификации поверхностного слоя океана [129].

В ряде институтов проводится разработка и создание приборов для радиационных исследований и дистанционного зондирования. В ИОА СО РАН создан фотометр SP-6 для региональной сети аэрозольного мониторинга [130]. Его отличительные особенности в сравнении с аналогами – более широкий спектральный диапазон измерений АОТ (0.34–4 мкм), а также метеопараметров в районе наблюдений. Специалисты из НЦ им. М.В. Келдыша, СПбГУ, МГТУ, ГОИ и ИКИ РАН разрабатывают инфракрасный Фурье-спектрометр ИКФС-2, предназначенный для метеорологического и экологического мониторинга атмосферы Земли с борта космических аппаратов серии “Метеор” [131]. Прибор позволит получать профили температуры в тропосфере и стратосфере, профили влажности в тропосфере, общее содержание озона и его профиль в стратосфере, температуру подстилающей поверхности, содержание ряда МГС по спектрам уходящего излучения системы “атмосфера–поверхность”. Для аэрокартографии содер-

жаний CO и CH₄ в слое атмосферы до 20 км специалистами ФИАН и НИИФ СПбГУ разрабатывается малогабаритный газокорреляционный ИК-радиометр с перспективой применения такого рода аппаратуры на космических аппаратах [132, 133]. Изготовлен экспериментальный образец прибора для измерения содержания метана с аппаратурной составляющей погрешности определения метана менее 1%.

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ СПУТНИКОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Исследования, посвященные созданию методов интерпретации спутниковых измерений, составляют основную часть разработок в этом направлении. Отдельные коллективы ученых принимали участие в проектах и программах (как правило, международных) по развитию методов анализа данных экспериментальных и будущих спутниковых приборов. В работе [134] представлены общие сведения о программе развития отечественных оперативных спутников дистанционного зондирования.

В рамках исследований по проектам, поддержанным EUMETSAT, в рамках Международной Группы IASI (ISSWG) велись работы по созданию методов анализа измерений перспективных ИК зондировщиков высокого спектрального разрешения (IASI/MetOp) с целью сжатия информации, создания методов детектирования и идентификации облачности, получения данных температурно-влажностного зондирования атмосферы (ТВЗА), оценки общего содержания атмосферного озона, других МГС. Рассмотрены возможности использования алгоритмов метода главных компонент и статистической линейной регрессии для сжатия информации, фильтрации инструментального шума, численного решения задачи ТВЗА [135, 136]. Кроме того, выполнены исследования по использованию данных микроволнового зондировщика МТВЗА (КА серии “Метеор”) для ТВЗА [137], совершенствованию технологий обработки данных ATOVS ИСЗ NOAA [138]. Рассмотрены методы восстановления интегральных параметров атмосферы по данным спутниковых микроволновых измерений [139–141].

Предложен пороговый метод автоматической классификации данных радиометра AVHRR, позволяющий определять типы облачного покрова, детектировать зоны осадков [142]. Разработаны методы детектирования и идентификации облачности по данным ИК зондировщиков высокого спектрального разрешения [143] и методы мониторинга осадков по данным NOAA [144]. Возмущения геофизических полей интенсивными атмосферными вихрями рассмотрены в [145]. Разработан метод, позволяющий по данным микроволнового зондирования определять сглаженное пространственное распределение скорости приводного ветра во всей области действия циклона – от центра до перифе-

рии [146]. Этот метод опробован на данных зондирования системы океан–атмосфера радиометрами SSM/I в зонах действия тропических циклонов Атлантического и Тихого океанов. Метод для выявления областей интенсивной турбулентности в сложных атмосферных явлениях, таких как струйные течения, циклоны тропических и умеренных широт, фронтальные зоны и др., обсуждается в работе [147]. Получили развитие методики диагноза опасных атмосферных явлений (ливни, грозы, град в облаках) по измерениям уходящего теплового излучения Земли с полярно-орбитальных (NOAA) и геостационарных (Meteosat) спутников [148–150].

Продолжаются исследования по созданию методов и алгоритмов дистанционного определения общего содержания озона, МГС (CH_4 , CO , N_2O) по данным ИК зондировщиков типа IASI/MetOp [136, 151–153]. В период 2004–2006 гг. при поддержке IAF/ESA совместно со специалистами из Центра Дистанционного зондирования Канады (CCRS) и Бременского университета (ФРГ) в НИЦ “Планета”, ИМФ РНЦ “Курчатовский институт” и ИОА РАН (Томск) велись работы по созданию новых методов дистанционного определения вариаций атмосферного CO_2 над бореальными лесами. Предложены и испытаны методы оценки общего содержания CO_2 в верхней тропосфере по данным AIRS/Aqua, правильно воспроизводящие сезонный ход вариаций CO_2 [153, 154]. Рассмотрен и апробирован также усовершенствованный метод мониторинга общего содержания CO_2 по данным спектрометра Sciamachy/Envisat [155, 156].

Разрабатываются методики получения спутниковых данных о компонентах радиационного баланса Земли (РБЗ). Выполнен анализ данных аппаратуры СРРБ, установленной на ИСЗ “Метеор-3” N7, Ресурс-01 N1, и позволяющей дистанционно измерить компоненты РБЗ [157].

В СПбГУ разработана оригинальная методика интерпретации данных измерений прибора SAGE III (российско-американский эксперимент на ИСЗ “Метеор-3М), позволяющая восстанавливать вертикальные профили содержания озона, двуокиси азота, оптических и микрофизических характеристик стратосферного аэрозоля. Проведена массовая обработка данных измерений SAGE III и валидация результатов восстановлений [158–163]. Учет аэрозольного ослабления в методике интерпретации данных измерений SAGE III осуществлен на основе построения статистических моделей атмосферного аэрозоля и оптимальной аппроксимации спектральной зависимости коэффициентов ослабления. Статистические модели аэрозоля были построены для тропосферного и стратосферного аэрозоля, а также полярных стратосферных облаков [164–167]. Исследования параметров верхней атмосферы было осуществлено с помощью интерпретации измерений спектрометра CRISTA. Полу-

чены новые данные о пространственных вариациях кинетической и колебательных температур, наличии мезосферных инверсий и содержании углекислого газа и озона в мезосфере [168–171]. Проведен анализ влияния горизонтальной неоднородности атмосферы на точность лимбового зондирования атмосферы [172, 173]. Значительное внимание уделялось валидации различных спутниковых измерений характеристик газового состава атмосферы и сравнениям их с результатами численного моделирования [174, 175]. Предложена новая самосогласованная модель дневных эмиссий $\text{O}_2(a^1\Delta_g, v \geq 0)$ и

$\text{O}_2(b^1\Sigma_g^+, v \geq 0)$ в средней атмосфере для определения вертикальных профилей содержания озона по измерениям из космоса [176–179].

Сотрудниками Уральского государственного университета показана принципиальная возможность определения вертикального профиля отношения $\text{HDO}/\text{H}_2\text{O}$ в атмосфере из спектров, наблюдаемых со спутников в надиры Фурье спектрометрами типа IMG, TES, IASI и др. в диапазоне $600\text{--}2000\text{ см}^{-1}$ с разрешением $\sim 0.1\text{ см}^{-1}$. Разработан и апробирован на спектрах IMG метод последовательного определения вертикальных профилей температуры, H_2O , HDO и $\text{HDO}/\text{H}_2\text{O}$ для целей спутникового мониторинга такой характеристики гидрологического цикла как широтно-высотное распределение отношения HDO к H_2O в атмосфере [180–183]. Полученные из спектров IMG данные по широтному распределению профилей $\text{HDO}/\text{H}_2\text{O}$ над территорией Тихого океана [184–186] согласуются (в пределах погрешностей методов) с результатами расчетов профилей $\text{HDO}/\text{H}_2\text{O}$ по моделям общей циркуляции атмосферы NASA GISS ModelE и ECAM4 над исследуемым регионом и более поздними аналогичными результатами, полученными с помощью интерферометра TES. Разработан метод определения полного содержания метана в атмосферном столбе из спектров уходящего теплового излучения Земли, наблюдаемых спутниковыми сенсорами типа AIRS в районе $600\text{--}1500\text{ см}^{-1}$ с разрешением $\sim 0.5\text{ см}^{-1}$. Из спектров, зарегистрированных сенсором AIRS со спутника AQUA в период с марта 2004 по декабрь 2006 гг. над территорией Западной Сибири, получены данные о среднесезонных вариациях содержания CH_4 в атмосфере этого региона [187]. Разрабатывается модель количественной оценки расхода попутного газа на факелах по данным зондирования из космоса сенсорами типа MODIS в микроокне прозрачности атмосферы $3.660\text{--}3.840\text{ мкм}$.

Исследования ученых ИФА РАН под руководством А.С. Гурвича проводились в двух направлениях: а) наблюдения атмосферных мерцаний звезд с борта космических аппаратов и б) использование метода радиозатмений на основе источников GPS и ГЛОНАСС. По результатам измерений мерцаний звезд, проведенных на ОС “МИР”, для высот $30\text{--}70\text{ км}$ получены высотные зависимости внут-

ренного масштаба и структурных характеристик турбулентности, оценены значения скорости диссипации кинетической энергии турбулентности, внешние масштабы, масштабы обрушения и структурные характеристики внутренних волн (ВВ) в стратосфере [188–191]. Теоретически исследована возможность получения данных о структуре плотности на высотах менее 30 км из наблюдений сильных мерцаний [192]. Разработанная методика обработки измерений мерцаний, полученных с помощью прибора GOMOS с европейского спутника ENVISAT, позволила получить глобальные высотные распределения параметров стратосферных неоднородностей плотности [193]. Разработана методика обработки измерений спутников GPS и ГЛО-НАСС в задаче радиопросвечивания для случая многолучевого распространения излучения в тропосфере [194–197], используемая для решения задач метеорологии.

В Международном центре по окружающей среде и дистанционному зондированию им. Нансена продолжаются интенсивные исследования по разработке методик использования спутниковых данных для мониторинга подстилающей поверхности. Исследован баланс масс Гренландского ледникового щита по данным измерений спутниковых радарных альтиметров ERS-1 (1992–1996) и ERS-2 (1995–2003) и проведен анализ пространственно осредненных по всей Гренландии временных рядов изменений высоты, который выявил сезонную и межгодовую изменчивость, составляющую больше десяти сантиметров. Для всего Гренландского ледникового щита обнаружена положительная скорость изменения высоты 5.4 ± 0.2 см/год или ~60 см в течение периода наблюдений [198]. По данным пассивных микроволновых радиометров спутников SSMR–SSM/I проанализированы изменения концентрации Арктического ледового покрова за 1979–2006 г. [199, 200]. Разработан биооптический алгоритм для изучения биотических и абиотических процессов в морских и внутренних водах по данным спутникового радиозондирования в видимом диапазоне спектра (SeaWiFS и MODIS) [201–203]. Проведены исследования качества вод и температуры поверхности Карского, Белого морей [204–206], поверхностных проявлений динамических, химических и биологических процессов в озере Ладога [207]. Осуществлено синергетическое спутниковое зондирование озер Мичиган и Эри с использованием видимых, инфракрасных и микроволновых данных (SeaWiFS, Quicksat, AVHRR и др. приборы) [208, 209]. Развивается морская информационная система на основе измерений радаров с синтетической апертурой (SARMIS) [210–214], с помощью разработанных моделей проводится исследование влияния морских брызг на атмосферный пограничный слой и возможности контроля нефтяных пятен [215, 216]. Исследуются изменения климата в Арктике [217].

В ГГО продолжалась разработка метода восстановления альbedo объектов суши по данным дистанционных многоугловых измерений отраженной солнечной радиации [218, 219] и реализация его с использованием данных измерений BRDF аппаратурой POLDER [220, 221].

Продолжается развитие методов ассимиляции и использование спутниковых данных в схемах численных прогнозов погоды (ЧПП) и в климатических исследованиях. Методы усвоения данных (в т.ч. результатов спутникового атмосферного зондирования) в схемах оперативного анализа метеополей рассмотрены в [222]. В существующей оперативной схеме (на основе оптимальной интерполяции) усваиваются следующие данные спутникового зондирования: наблюдения о ветре по движению облаков; восстановленные профили температуры и влажности; оценки температуры поверхности океана. Ведутся также работы по включению в разрабатываемую систему анализа 3D-Var следующих видов спутниковых данных: микроволновых измерений уходящей радиации (AMSU-A/NOAA); радиозатменных (radio-occultation) наблюдений температуры и влажности (GPS). Выполнен цикл исследований по усвоению данных дистанционного зондирования атмосферы (параметры облачности) и подстилающей поверхности (температура, альbedo, вегетационный и листовой индексы и др.) в моделях гидрологического цикла для расчетов потоков тепла и влаги на уровне поверхности [223].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Постыляков О.В.* Модель переноса радиации в сферической атмосфере с расчетом послойных воздушных масс и некоторые ее приложения // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2004. Т. 40. № 3. Р. 276–290.
2. *Postylyakov O.V.* Radiative transfer model MCC++ with evaluation of weighting functions in spherical atmosphere for use in retrieval algorithms // Adv. Space Res. 2004. V. 34. № 4. P. 721–726. doi: 10.1016/j.asr.2003.07.070.
3. *Postylyakov O.V.* Linearized vector radiative transfer model MCC++ for a spherical atmosphere // J.Q.S.R.T. 2004a. V. 88. № 1–3. P. 297–317. doi: 10.1016/j.jqsrt.2004.01.009.
4. *Ugolnikov O.S., Postylyakov O.V., Maslov I.A.* Effects of multiple scattering and atmospheric aerosol on the polarization of the twilight sky // J.Q.S.R.T. 2004. V. 88. № 1–3. P. 233–241, doi: 10.1016/j.jqsrt.2003.12.033.
5. *Postylyakov O.V., Mitin I.V.* Modeling of effect of polarization on UV sky radiance during twilight // Adv. Space Res. 2005. V. 35. № 3. P. 465–469. doi: 10.1016/j.asr.2005.04.019.
6. *Loughman R.P., Griffioen E., Oikarinen L. et al.* Comparison of radiative transfer models for limb-viewing scattered sunlight measurements // J.G.R. 2004. V. 109. № D6. doi: 10.1029/2003JD003854. D06303.

7. Boudak V.P., Kozelsky A.V. Backscattering radiance calculation in turbid medium with anisotropic scattering by spherical harmonics method // Proc. SPIE. 2003. V. 5026. P. 135–139.
8. Boudak V.P., Kozelsky A.V. About the precision and application range of the small angle approximation in the theory of radiative transfer // Proc. SPIE. 2004. V. 5743. P. 248–255.
9. Будак В.П., Козельский А.В. О точности и границах применимости малоуглового приближения // Оптика атмосферы и океана. 2005. Т. 18. № 1–2. С. 38–44.
10. Будак В.П., Козельский А.В., Савицкий Е.Н. Улучшение сходимости метода сферических гармоник при сильно анизотропном рассеянии // Оптика атмосферы и океана. 2004. Т. 17. № 1. С. 36–41.
11. Будак В.П., Меламед О.П. Модифицированный метод сферических гармоник для определения функции рассеяния точки слоя мутной среды // Оптика океана и атмосферы. 2006. Т. 19. № 12. С. 1047–1052.
12. Budak V.P., Korkin S.V. Mathematical model of the polarized light reflection by the turbid medium slab with an anisotropic scattering // Proc. SPIE. 2005. V. 5888. P. 363–370.
13. Budak V.P., Korkin S.V. The vectorial radiative transfer equation problem in the small angle modification of the spherical harmonics method with the determination of the solution smooth part // Proc. SPIE. 2006. V. 6408. P. 11–1–11–8.
14. Budak V.P., Korkin S.V., Melamed O.P. Effective computational method of the light fields in 3D medium with anisotropic scattering // Proc. SPIE. 2005. V. 5979. P. 125–130.
15. Marshak A., Davis A. Three-Dimensional Radiative Transfer in Cloudy Atmospheres. Berlin: Springer. 2005. 686 p.
16. Nikolaeva O.V., Bass L.P., Germogenova T.A. et al. Radiative transfer in horizontally and vertically inhomogeneous turbid media. In: Light scattering reviews. / Ed. A.A. Kokhanovsky. Chichester, UK: Springer-Praxis. 2007. 352 p.
17. Nikolaeva O.V., Bass L.P., Germogenova T.A. et al. The influence of neighboring clouds on the clear sky reflectance studied with the 3-D transport code RADUGA // J.Q.S.R.T. 2005. V. 94. P. 405–424.
18. Сушкевич Т.А. Математические модели переноса излучения. Лаборатория знаний. М.: БИНОМ, 2006. 661 с.
19. Семенов А.О., Швед Г.М. Влияние высотного изменения температуры на неравновесную населенность колебательных состояний молекул в планетных атмосферах // Астрономический вестник. 2003. Т. 37. № 4. С. 336–343.
20. Огибалов В.П., Хворостовский С.Н., Швед Г.М. Усиление инфракрасных эмиссий углекислого газа во время солнечных протонных событий // Геомагнетизм и аэрономия. 2006. Т. 46. № 2. С. 159–167.
21. Fomichev V.I., Ogibalov V.P. Parameterization of solar heating by the near IR CO₂ bands in the mesosphere // Adv. Space Res. 2003. V. 32. № 5. P. 759–764.
22. Shved G.M., Ogibalov V.P., Pogoreltsev A.I. Effect of planetary waves on cooling the upper mesosphere and lower thermosphere by the CO₂ 15 μm emission // Ann. Geoph. 2004. V. 22. № 10. P. 3383–3394.
23. Огибалов В.П., Погорельцев А.И., Федулina И.Н., Швед Г.М. Дополнительное лучистое выхолаживание верхней мезосферы и нижней термосферы, обусловленное приливными вариациями температуры // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2006. Т. 42. № 1. С. 92–101.
24. Fomichev V.I., Ogibalov V.P., Beagley S.R. Solar heating by the near-IR CO₂ bands in the mesosphere // Geoph. Res. Lett. 2004. V. 31. L21102, doi: 10.1029/2004GL020324.
25. Семенов А.О., Швед Г.М. Полуэмпирическая модель среднеглобальной температурной структуры земной термосферы для переменного содержания углекислого газа // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2004. Т. 40. № 3. С. 291–305.
26. Fomin B.A. Monte-Carlo algorithm for line-by-line calculations of thermal radiation in multiple scattering layered atmospheres // J.Q.S.R.T. 2006. V. 98. P. 107–115. doi: 10.1016/j.jqsrt.2005.05.078.
27. Fomin B.A., Correa M.P., Ceballos J.C. et al. FLISS: A user-friendly satellite signal simulator using Monte-Carlo and line-by-line techniques for multiple scattering layered atmospheres // The 2005 Eumetsat Meteorological Satellite Conf. Dubrovnik, Croatia. 19.09–23.09.2005. EUM P 46, Darmstadt 2005. P. 490–493.
28. Fomin B.A., Udalova T.A., Zhitnitskii E.A. Evolution of spectroscopic information over the last decade and its effect on line-by-line calculations for validation of radiation codes for climate models // J.Q.S.R.T. 2004. V. 86. P. 73–85.
29. Halthore R.N., Crisp D., Schwartz S.E. et al. Intercomparison of shortwave radiative transfer codes and measurements // J. Geoph. Res. 2005. V. 110, D02106, doi: 10.1029/2004JD005293.
30. Plana-Fattori A., Dubuisson Ph., Fomin B.A., Correa M.P. Estimating the atmospheric water vapor content from multi-filter rotating shadow-band radiometry at San Paulo, Brazil // Atmos. Res. 2004. Vol. 71. P. 171–192.
31. Cahalan R., Oreopoulos L., Marshak A. et al. The International Intercomparison of 3D Radiation Codes (I3RC): Bringing together the most advanced radiative transfer tools for cloudy atmospheres // Bull. of Amer. Meteor. Soc. 2005. V. 86. № 9. P. 1275–1293.
32. Журавлева Т.Б., Маршак А.Л. К вопросу о валидации пуассоновской модели разорванной облачности // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2005. Т. 41. № 6. С. 783–797.
33. Журавлева Т.Б., Насртдинов И.М., Сакерин С.М. и др. Численное моделирование угловой структуры яркости неба вблизи горизонта при наблюдении с Земли. 2. Аэрозольно-газовая атмосфера. // Оптика атмосферы и океана. 2003. Т. 16. № 12. С. 1065–1074.
34. Журавлева Т.Б., Насртдинов И.М., Сакерин С.М. Численное моделирование угловой структуры яркости неба вблизи горизонта при наблюдении с

- Земли. 1. Аэрозольная атмосфера // Оптика атмосферы и океана. 2003. Т. 16. № 5–6. С. 537–546.
35. *Сакерин С.М., Журавлева Т.Б., Насртдинов И.М.* Численное моделирование угловой структуры яркости неба вблизи горизонта при наблюдении с Земли. Ч. III. Закономерности углового распределения // Оптика атмосферы и океана. 2005. Т. 18. № 3. С. 242–251.
 36. *Zhuravleva T.B., Pavlov V.E., Pashnev V.V., Sheshtukhin A.S.* Integral and difference methods for the determination of the aerosol scattering optical depth from sky brightness data // J.Q.S.R.T. 2004. V. 88. 191–209.
 37. *Petrushin A.G.* Parameterization of basic optical radiation scattering properties of ice crystal particles // Proc. SPIE. 2005. V. 5829. P. 138–150.
 38. *Дмитриева-Араго Л.Р.* Методы краткосрочного прогноза неконвективной облачности и осадков на основе модели преобразования влаги с учетом параметризации микрофизических процессов. Метод прогноза осадков, основанный на рассчитанных полях водности и параметризации микрофизических процессов в неконвективных облаках // Метеорология и гидрология. 2004. № 3. С. 27–49.
 39. *Dolin L., Gilbert G., Levin I., Luchinin A.* Theory of imaging through wavy sea surface. N. Novgorod: Publ. of Institute of Applied Physics RAS., 2006. 172 p. ISBN 5–8048–0038–8.
 40. *Гильберт Г.Д., Долин Л.С., Левин И.М. и др.* Влияние условий освещения на видимость морского дна // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2006. Т. 42. № 2. С. 126–135.
 41. *Naumenko O., Leshchishina O., Campargue A.* High sensitivity absorption spectroscopy of HDO by ICLAS-VecSEL between 9100 and 9640 cm^{-1} // J. Mol. Spect. 2006. V. 236. № 1. P. 58–69.
 42. *Ding Y., Perevalov V.I., Tashkun S.A. et al.* $^{16}\text{O}^{13}\text{C}^{18}\text{O}$: high-resolution absorption spectrum between 4000 and 9500 cm^{-1} and global fitting of vibration–rotational line positions // J. Mol. Spect. 2003. V. 222. № 2. P. 276–283.
 43. *Wang L., Perevalov V.I., Tashkun S.A. et al.* Absolute line intensities of $^{13}\text{C}^{16}\text{O}_2$ in the 4200–8500 cm^{-1} region // J. Mol. Spect. 2005. V. 234. № 1. P. 84–92.
 44. *Auwers J.V., Claveau C., Teffo J.-L. et al.* Absolute line intensities of $^{13}\text{C}^{16}\text{O}_2$ in the 3090–3920 cm^{-1} region // J. Mol. Spect. 2006. V. 235. № 1. P. 77–83.
 45. *Naumenko O.V., Voronina S., Hu S.-M.* High resolution Fourier transform spectrum of HDO in the 7500–8200 cm^{-1} region // J. Mol. Spect. 2004. V. 227. № 2. P. 151–157.
 46. *Teffo J.-L., Daumont L., Claveau C. et al.* Infrared spectra of the $^{16}\text{O}^{12}\text{C}^{17}\text{O}$ and $^{16}\text{O}^{12}\text{C}^{18}\text{O}$ species of carbon dioxide: I. The 500–1500 cm^{-1} region; II. The 1500–3000 cm^{-1} region // J. Mol. Spect. 2002. V. 213. № 2. P. 145–152; 2003. V. 219. № 2. P. 271–281.
 47. *Perevalov V.I., Lyulin O.M., Jacquemart D. et al.* Global fitting of line intensities of acetylene molecule in the infrared using the effective operator approach // J. Mol. Spect. 2003. V. 218. № 2. P. 180–189.
 48. *Ding Y., Perevalov V.I., Tashkun S.A. et al.* Weak overtone transitions of N_2O around 1.05 μm by ICLAS-VECSEL // J. Mol. Spect. 2003. V. 220. № 1. P. 80–86.
 49. *Лаврентьева Н.Н., Стариков В.И.* Аппроксимация резонансных функций для реальных траекторий в ударной теории уширения. I. Электростатические взаимодействия, действительные части // Оптика атмосферы и океана. 2005. Т. 18. № 9. С. 814–819.
 50. *Ivanov S.V.* Peculiarities of atom-quasidiatom collision complex formation: classical trajectory study // Mol. Phys. 2004. V. 102. № 16–17. P. 1871–1880.
 51. *Ivanov S.V., Nguyen L., Buldyreva J.* Comparative analysis of purely classical and semiclassical approaches to collision line broadening of polyatomic molecules: I. $\text{C}_2\text{H}_2\text{-Ar}$ case // J. Mol. Spect. 2005. V. 233. P. 60–67.
 52. *Lokshtanov S.E., Ivanov S.V., Vigin A.A.* Statistical physics partitioning and classical trajectory analysis of the phase space in $\text{CO}_2\text{-Ar}$ weakly interacting pairs // J. Mol. Structure. 2005. V. 742. P. 31–36.
 53. *Vykov D., Lavrentieva N.N., Saveliev V.N. et al.* Half-width temperature dependence of nitrogen broadened lines in the ν_2 band of H_2O // J. Mol. Spect. 2004. V. 224. № 2. P. 164–175.
 54. *Fomin B.A.* A k-distribution technique for radiative transfer simulation in inhomogeneous atmosphere: 1. FKDM, fast k-distribution model for the longwave // J.G.R. 2004. V. 109. D02110. doi: 10.1029/2003JD003802.
 55. *Fomin B.A., Correa M.P.* A k-distribution technique for radiative transfer simulation in inhomogeneous atmosphere: 2. FKDM, fast k-distribution model for the shortwave // J.G.R. 2005. V. 110. D02106. doi: 10.1029/2004JD005163.
 56. *Tretyakov M.Yu., Golubiatnikov G.Yu., Parshin V.V. et al.* Experimental Study of Line Mixing Coefficient for 118.75 GHz Oxygen Line // J. Mol. Spect. 2004. V. 223. P. 31–38.
 57. *Tretyakov M.Yu., Koshelev M.A., Dorovskikh V.V. et al.* 60-GHz oxygen band: precise broadening and central frequencies of fine structure lines, absolute absorption profile at atmospheric pressure, revision of mixing coefficients // J. Mol. Spect. 2005. V. 231. P. 1–14.
 58. *Tretyakov M.Yu., Koshelev M.A., Koval I.A. et al.* Temperature dependence of pressure broadening of 1-oxygen line at 118.75 GHz // J. Mol. Spect. 2006. V. 241. P. 66–68.
 59. *Koshelev M.A., Tretyakov M.Yu., Golubiatnikov G.Yu. et al.* Broadening and Shifting of the 321-, 325- and 380-GHz Lines of Water Vapor by Pressure of Atmospheric Gases // J. Mol. Spect. 2007. V. 241. № 1. P. 101–108.
 60. *Третьяков М.Ю., Кошелев М.А., Коваль И.А. и др.* Континуальное поглощение в смеси водяного пара с азотом в диапазоне 100–210 ГГц // Оптика атмосферы и океана. 2007. Т. 20. № 2. С. 101–105.
 61. *Domanskaya A.V., Filippov N.N., Grigorovich N.M., Tonkov M.V.* Modeling of the rotational relaxation matrix in line-mixing effect calculations // Molecular Physics. 2004. V. 102. № 16–17. P. 1843–1850.
 62. *Filippov N.N., Grigoriev I.M., Grigorovich N.M., Tonkov M.V.* Line mixing in ν_3 and forbidden ν_2 bands of CH_4 in gaseous helium // Molecular Physics. 2006. V. 104. № 16–17. P. 2711–2718.
 63. *Tashkun S.A., Perevalov V.I., Teffo J.-L. et al.* CDSD-1000, the high-temperature carbon dioxide spectro-

- scopic databank // J.Q.S.R.T. 2003. V. 82. № 1–4. P. 165–196.
64. *Быков А.Д., Воронин Б.А., Козодоев А.В. и др.* Информационная система по молекулярной спектроскопии. 1. Работа с данными // Оптика атмосферы и океана. 2004. Т. 17. № 11. С. 921–926.
65. *Козодоев А.В., Фазлиев А.З.* Информационная система для решения задач молекулярной спектроскопии. 2. Операции преобразования наборов параметров спектральных линий // Оптика атмосферы и океана. 2005. Т. 18. № 9. С. 760–764.
66. *Gordov E.P., Lykosov V.N., Fazliev A.Z.* Web portal on environmental sciences “ATMOS” // Adv. Geosci. 2006. № 8. С. 33–38.
67. *Абакумова Г. М., Горбаренко Е.В., Незваль Е.И., Шиловцева О.А.* Многолетние изменения радиационного режима Москвы. В: География, общество, окружающая среда. М.: ИД “Городец”, 2004. Т. VI. С. 117–128.
68. Справочник эколого-климатических характеристик Москвы / Ред. А.А. Исаева. М.: Изд. МГУ, 2003 г. Т. 1. С. 302.
69. Справочник эколого-климатических характеристик Москвы / Ред. А.А. Исаева. М.: Изд. МГУ, 2005 г. Т. 2. С. 410.
70. *Шиловцева О.А., Дьяконов К.Н., Балдина Е.А.* Косвенные методы расчета суммарной фотосинтетически активной радиации по актинометрическим и метеорологическим наблюдениям // Метеорология и гидрология. 2005. № 1. С. 37–47.
71. *Сибир Е.Е., Радионов В.Ф., Мишин А.А.* Параметры изменчивости характеристик радиационного режима на российских антарктических станциях по результатам анализа данных из архива актинометрических измерений на этих станциях // Проблемы Арктики и Антарктики. 2003. Вып. 74. С. 7–18.
72. *Покровский О.М.* Композиция наблюдений атмосферы и океана. СПб: Гидрометеиздат, 2004. 323 с.
73. *Покровский О.М., Махоткина Е.Л., Покровский И.О., Рябова Л.М.* Тенденции межгодовых колебаний составляющих радиационного баланса и альbedo поверхности суши на территории России // Метеорология и гидрология. 2004. № 5. С. 37–46.
74. *Покровский О.М., Королевская Н.П., Рябова Л.М.* Моделирование дневного хода компонентов радиационного баланса с помощью нейронных сетей в схеме усвоения данных дистанционного зондирования // Исследования Земли из космоса. 2004. № 1. С. 3–13.
75. *Pokrovsky O.M., Makhotkina E.L., Pokrovsky I.O., Ryabova L.M.* Land Surface Radiation Budget Response to Global Warming: Case Study for European and Asian Radiometric Network // Proc. of the ACIA Int. Sci. Sym. Climate Change in Arctic. Reykjavik. November 2004. AMAP. Oslo, Norway. 2004. Paper № 3.3. P. 1–5.
76. *Chubarova N.Y., Nezval Y.I., Verdebout J. et al.* Long-term UV irradiance changes over Moscow and comparisons with UV estimates from TOMS and METEOSAT/Ultraviolet Ground- and Space-based Measurements, Models, and Effects // Proc. SPIE. 2005. P. 63–73.
77. *Нерушев А.Ф., Тереб Н.В.* Сравнение наземных и спутниковых измерений экспозиций приземной ультрафиолетовой радиации для Центрально-Европейского региона России // Исследование Земли из космоса. 2003. № 5. С. 35–42.
78. *Tereb N., Nerushev A.* Comparison of Ground-Based and Satellite Measurement Data on Surface Ultraviolet Radiation for the Central Part of the European Region of Russia // Proc. Quad. Ozone Symp. Greece. 2004. P. 621–622.
79. *Крамарова Н.А., Кузнецов Г.И.* Исследование связи долговременных вариаций общего содержания озона и УФ-облученности с общей циркуляцией в тропической области // Вестник МГУ. Физика и астрономия. 2006. № 3. С. 71–77.
80. *Горчаков Г.И., Шукуров К.А.* Флуктуации концентрации субмикронного аэрозоля в конвективных условиях // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2003. Т. 39. № 1. С. 85–97.
81. *Горчаков Г.И., Копров Б.М., Шукуров К.А.* Вихревой вынос аридного субмикронного аэрозоля // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2003а. Т. 39. № 5. С. 596–608.
82. *Горчаков Г.И., Копров Б.М., Шукуров К.А.* Влияние ветра на вынос аэрозоля с подстилающей поверхности // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2004. Т. 40. № 6. С. 759–775.
83. *Сакерин С.М., Кабанов Д.М., Ростов А.П. и др.* Система сетевого мониторинга радиационно-активных компонент атмосферы. Ч. I. Солнечные фотометры // Оптика атмосферы и океана. 2004. Т. 17. № 4. С. 354–360.
84. *Улюмджиева Н., Чубарова Н., Смирнов А.* Аэрозольные характеристики атмосферы в Москве по данным солнечного фотометра CIMEL // Метеорология и гидрология. 2005. № 1. С. 48–57.
85. *Улюмджиева Н.Н., Чубарова Н.Е., Холбен Б.* Оптические свойства атмосферного аэрозоля в период лесных пожаров 2002 г. в Московском регионе // Метеорология и гидрология. 2005. № 3. С. 45–52.
86. *Сакерин С.М., Кабанов Д.М., Панченко М.В. и др.* Результаты мониторинга атмосферного аэрозоля в азиатской части России по программе AEROSIBNET в 2004 г. // Оптика атмосферы и океана. 2005. Т. 18. С. 968–975.
87. *Махоткина Е.Л., Плахина И.Н., Лукин А.Б.* Некоторые особенности изменения мутности атмосферы на территории России в последней четверти XX века // Метеорология и гидрология. 2005. № 1. С. 28–36.
88. *Горбаренко Е.В.* Аэрозольная мутность атмосферы в Москве в конце XX века // Метеорология и гидрология. 2003. № 7. С. 13–18.
89. *Горбаренко Е.В., Ерохина А.Е., Лукин А.Б.* Многолетние изменения аэрозольной оптической толщины атмосферы в России // Метеорология и гидрология. 2006. № 7. С. 41–48.
90. *Vitale V., Radionov V.F.* Aerosol optical depth in polar regions // WMO/GAW experts workshop on a global surface-based network for long term observations of

- column aerosol optical properties. Davos, Switzerland, 8–10 March 2004. WMO/GAW. 2005. № 162. 75–81.
91. *Radionov V.F.* Temporal variability of the aerosol optical characteristics of the atmosphere in the Russian Arctic // WMO/GAW experts workshop on a global surface-based network for long term observations of column aerosol optical properties. Davos, Switzerland, 8–10 March 2004. WMO/GAW. 2005. № 162. P. 82–85.
92. *Макиенко Э.В., Кабанов Д.М., Рахимов Р.Ф., Сакерин С.М.* Микрофизические особенности аэрозольной компоненты в различных районах Атлантики // Оптика атмосферы и океана. 2004. Т. 17. № 5–6. С. 437–443.
93. *Макиенко Э.В., Кабанов Д.М., Рахимов Р.Ф., Сакерин С.М.* Анализ факторов, влияющих на формирование спектра размеров частиц и аэрозольной оптической толщи в умеренных широтах Северной Атлантики // Оптика атмосферы и океана. 2005. Т. 18. № 7. С. 557–565.
94. *Сакерин С.М., Кабанов Д.М., Панченко М.В., Полькин В.В.* О широтной зависимости и взаимосвязях характеристик аэрозоля в атмосфере Южной Атлантики // Оптика атмосферы и океана. 2006. Т. 19. № 7. С. 611–621.
95. *Sakerin S.M., Kabanov D.M.* Investigation of the aerosol optical depth in the atmosphere of Southern Atlantic in the 19th cruise of RV Akademik Sergei Vavilov // Proc. SPIE. 2006. V. 6160. 61602L. 8 p.
96. *Полькин В.В., Голобокова Л.П., Козлов В.С. и др.* Оценка связи микрофизического и химического состава для приводного аэрозоля Белого моря // Оптика атмосферы и океана. 2004. Т. 17. № 5–6. С. 377–385.
97. *Горчакова И.А., Мохов И.И., Рублев А.Н.* Влияние аэрозоля на радиационный режим безоблачной атмосферы по данным Звенигородских аэрозольно-облачно-радиационных экспериментов // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2005. Т. 41. № 4. 496–510.
98. *Горчакова И.А., Аникин П.П., Ромашова Е.В.* Оценки аэрозольного радиационного форсинга по данным измерений на Звенигородской научной станции ИФА РАН в марте 2004 г. // Оптика атмосферы и океана. 2006. Т. 19. № 6. С. 481–483.
99. *Тарасова Т.А., Горчакова И.А., Свириденков М.А. и др.* Оценка величины коротковолнового радиационного форсинга дымового аэрозоля с использованием данных радиационных измерений на ЗНС ИФА РАН с мая по сентябрь 2002 года // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2004. Т. 40. № 4. С. 514–524.
100. *Мохов И.И., Горчакова И.А.* Радиационный и температурный эффекты летних пожаров 2002 г. в московском регионе // ДАН. 2005. Т. 400. № 4. С. 528–531.
101. *Горчаков Г.И., Аникин П.П., Волох А.А. и др.* Исследование состава задымленной атмосферы московского региона // ДАН. 2003. Т. 390. № 2. С. 251–254.
102. *Горчаков Г.И., Аникин П.П., Волох А.А. и др.* Исследование состава задымленной атмосферы Москвы во время пожаров торфяников летом–осенью 2002 г. // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2004. Т. 40. № 3. С. 370–384.
103. *Chubarova N, Rublev A., Holben B.* The effects of forest fires on aerosol properties and solar irradiance attenuation over Central Russia // Optica Pura y Aplicada. 2004. V. 37. № 3. P. 3321–3326.
104. *Свириденков М.А., Емиленко А.С., Конейкин В.М., Ван Ген Чен.* Трансформация оптических свойств и микроструктуры аэрозоля во время смогового эпизода в Пекине // Оптика атмосферы и океана. 2006. Т. 19. № 6. С. 522–525.
105. *Рахимов Р.Ф., Кабанов Д.М., Макиенко Э.В.* Изменения дисперсного состава дымки при увеличении мутности атмосферы по результатам измерений АОТ в Томске // Оптика атмосферы и океана. 2006. Т. 19. № 10. С. 841–850.
106. *Чубарова Н.Е.* Влияние аэрозоля и атмосферных газов на ультрафиолетовую радиацию в различных оптических условиях, включая условия дымной мглы 2002 г. // ДАН. 2004. Т. 394. № 1. С. 105–111.
107. *Чубарова Н.Е.* О роли тропосферных газов в поглощении УФ радиации // ДАН. 2006. Т. 407. № 2. С. 294–297.
108. *Горчаков Г.И., Семутникова Е.Г., Зоткин Е.В. и др.* Вариации газовых компонент загрязнения в воздушном бассейне г. Москвы // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2006. Т. 42. № 2. С. 176–190.
109. *Кузнецова И.Н., Хайкин М.Н., Кадыгров Е.Н.* Влияние города на температуру пограничного слоя атмосферы по микроволновым измерениям в Москве и пригороде // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2004. V. 40. № 5. С. 678–688.
110. *Kadygrov E., Khaikine M., Kuznetsova I., Miller E.* Investigation of urban heat island on the basis of stationary and mobile microwave systems for remote measurements of atmospheric temperature profiles // Proc. SPIE. 2005. V. 5832. P. 503–513.
111. *Khaikine M.N., Kuznetsova I.N., Kadygrov E.N., Miller E.A.* Investigation of thermal-spatial parameters of an urban heat island on the basis of passive microwave remote sensing // Theoret. Appl. Clim. 2006. V. 84. № 1–3. P. 161–169.
112. *Кадыгров Е.Н., Колдаев А.В., Миллер Е.А. и др.* Исследование городского острова тепла в г. Нижний Новгород с помощью мобильного дистанционного измерителя профилей температуры атмосферы // Метеорология и гидрология. 2007. № 1. С. 54–67.
113. *Хайкин М.Н., Кадыгров Е.Н., Кузнецова И.Н.* Влияние высокой концентрации аэрозоля на термическую структуру пограничного слоя атмосферы // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2006. Т. 42. № 6. С. 778–784.
114. *Rotach M.W., Roland V., Kadygrov E. et al.* Turbulence Structure and Exchange Processes in an Alpine Valley: Riviera Project // Bull. Amer. Met. Soc. 2004. V. 85. № 9. P. 1367–1385.
115. *Чунчuzов И.П., Куличков С.Н., Отрезов А.И. и др.* Акустическое исследование мезомасштабных флуктуаций скорости ветра в устойчивом по-

- граничном слое атмосферы // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2005. Т. 41. № 6. С. 761–782.
116. *Kadygrov E.N.* Operational aspects of different ground-based remote sensing observing techniques for vertical profiling of temperature, wind, humidity and cloud structure: a review // WMO. IOM Report № 89. WMO/TD № 1309. Geneva, Switzerland. 2006. 39 p.
117. *Кашин Ф.В., Арефьев В.Н., Баранов Ю.И. и др.* Изменчивость содержания метана в приземном слое и в толще атмосферы // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2004. Т. 40. № 3. С. 403–409.
118. *Вишератин К.Н., Каменоградский Н.Е., Кашин Ф.В. и др.* Спектрально-временная структура вариаций общего содержания озона в атмосфере центральной части Евразии // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2006. Т. 42. № 2. С. 205–223.
119. *Арефьев В.Н., Каменоградский Н.Е., Кашин Ф.В. и др.* Водяной пар в толще атмосферы Северного Тянь-Шаня // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2006. Т. 42. № 6. С. 801–813.
120. *Makarova M.V., Timofeyev Yu.M., Poberovski A.V.* Spectroscopic study of atmospheric methane and carbon monoxide variability near St. Petersburg (Russia) // Proc. SPIE. 2004. V. 5235. P. 457–464.
121. *Макарова М.В., Поберовский А.В., Тимофеев Ю.М.* Временная изменчивость общего содержания окиси углерода в атмосфере в районе Санкт-Петербурга // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2004. Т. 40. № 3. С. 55–365.
122. *Макарова М.В., Поберовский А.В., Ягвкина С.В. и др.* Исследование процессов формирования поля метана в атмосфере Северо-Западного региона Российской Федерации // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2006. Т. 42. № 2. С. 237–249.
123. *Радионых В.Ф., Русина Е.Н.* Результаты измерения общего содержания озона в центральном арктическом бассейне // Изв. АН. Физика атмосферы и океана. 2006. Т. 42. № 5. С. 716–720.
124. *Postylyakov O.V., Belikov I.B., Elansky N.F., Elohov A.S.* Observations of the ozone and nitrogen dioxide profiles in the TROICA-4 experiment // Adv. Space Res. 2006. V. 37. № 12. P. 2231–2237.
125. *Рублев А.Н., Чубарова Н.Е., Троценко А.Н., Горчаков Г.И.* Определение общего содержания NO₂ по данным сети AERONET // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2004. Т. 40. № 1. С. 60–74.
126. *Рублев А.Н., Чубарова Н.Е., Троценко А.Н., Горчаков Г.И.* Распознавание NO₂ на фоне аэрозольного ослабления // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2005. Т. 41. № 1. С. 134–138.
127. *Левин И.М., Левина Е.И., Гильберт Г.Д., Стюарт С.Ю.* Оптимальный алгоритм дистанционного определения оптических активных веществ в океане с помощью многоканального спектрометра // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2005. Т. 41. № 5. С. 693–701.
128. *Levin I., Levina E., Gilbert G., Stewart S.* Role of sensor noise in hyperspectral remote sensing of natural waters: Application to retrieval of phytoplankton pigments // Rem. Sens. Env. 2005. V. 95. № 2. P. 264–271.
129. *Бубукин И.Т., Станкевич К.С.* Миллиметровая радиометрия температурной пленки на морской поверхности // Изв. вузов. Радиофизика. 2003. Т. 46. № 4. С. 261.
130. *Kabanov D.M., Dorofeev F.V., Rostov A.P. et al.* Network solar photometer: software elements and preliminary tests // Proc. SPIE. 2004. V. 5397. P. 140–145.
131. *Завелевич Ф.С., Головин Ю.М., Десятков А.В. и др.* Фурье-спектрометр для дистанционного зондирования атмосферы Земли // В: Тезисы Международного Симпозиума по атмосферной радиации “МСАР-2006”. 27–30 июня 2006 г., СПб. С. 19.
132. *Беишенев А.С., Виролойнен Я.А., Дементьев Б.В. и др.* Газо-корреляционный ИК-радиометр для дистанционных измерений содержания метана в атмосфере // Оптическая спектроскопия и стандарты частоты / Ред. Е.А. Виноградов, А.Н. Синица. Томск: ИОА СО РАН, 2004. С. 538–556.
133. *Виролойнен Я.А., Поляков А.В.* Учет рассеяния излучения в наземных газо-корреляционных измерениях общего содержания метана // Исследования Земли из космоса. 2004. № 4. С. 3–9.
134. *Asmus V.V., Dyaduchenko V.N., Milekhin O.E., Uspensky A.B.* Remote sensing products and applications: Roshydromet program. Proc. of the 2005 Eumetsat Meteorol. Sat. Conf. Dubrovnik, Croatia. 19–24 Sept. 2005. P. 16–24.
135. *Успенский А.Б., Романов С.В., Троценко А.Н.* Применение метода главных компонент для анализа ИК-спектров высокого разрешения, измеренных со спутников // Исследование Земли из космоса. 2003. № 3. С. 26–33.
136. *Успенский А.Б., Троценко А.Н., Рублев А.Н.* Проблемы и перспективы анализа и использования данных спутниковых ИК-зондировщиков высокого спектрального разрешения // Исследование Земли из космоса. 2005. № 5. С. 18–33.
137. *Черный И.В., Чернявский Г.М., Успенский А.Б., Пегасов В.М. и др.* СВЧ-радиометр МТВЗА спутника “Метеор-3М” № 1: предварительные результаты летных испытаний // Исследование Земли из космоса. 2003. № 6. С. 1–15.
138. *Соловьев В.И., Успенский А.Б., Кухарский А.В.* Опыт регионального температурно-влажностно-го зондирования атмосферы по данным ИСЗ “NOAA” // Метеорология и гидрология. 2003. № 3. С. 38–46.
139. *Бухаров М.В., Геохланян Т.Х., Хапин Ю.Б.* Интегральные влажностные параметры атмосферы над океанами по информации микроволнового радиометра МИВЗА // Метеорология и гидрология. 2003. № 12. С. 46–55.
140. *Волков А.М., Бухаров М.В., Озеркина В.В. и др.* Восстановление параметров атмосферы регрессионным методом по микроволновым измерениям из космоса // Исследование Земли из космоса. 2003. № 6. С. 25–34.
141. *Бухаров М.В.* Диагноз полей гидрометеорологических величин по измерениям со спутника уходящего теплового излучения Земли в микроволновом и ИК диапазонах // Метеорология и гидрология. 2005. № 1. С. 96–104.
142. *Волкова Е.В.* Определение типа облачности по данным измерений AVHRR ИСЗ NOAA для Евро-

- пейского региона России в теплый период года // Труды НИЦ "Планета". 2005. Вып. 1(46). С. 22–41.
143. Рублев А.Н., Успенский А.Б., Троценко А.Н. и др. Детектирование и оценка балла облачности по данным атмосферных ИК-зондировщиков высокого спектрального разрешения // Исследование Земли из космоса. 2004. № 3. С. 43–51.
144. Бухаров М.В., Соловьев В.И. Мониторинг осадков осеннего периода по измерениям уходящего теплового излучения Земли со спутника NOAA // Исследование Земли из космоса. 2004. № 5. С. 51–57.
145. Крамчанинова Е.К., Нерушев А.Ф. Программное обеспечение для исследования возмущений геофизических полей интенсивными атмосферными вихрями // Труды НИЦ "Планета". 2005. Вып. 1 (46). С. 120–128.
146. Nerushev A.F., Kramchaninova E.K. Determination of wind speed near a sea surface in intensive atmospheric vortices // Proc. EUMETSAT. EUM P.42: Winds Workshop. Darmstadt 2005. P. 369–376.
147. Nerushev A., Kramchaninova E., Solovjev V. Studies of regions with intense turbulent motions based on MSG data. Proc. EUMETSAT. EUM P.47: Winds Workshop. ISSN 1023–0416. Darmstadt 2006. P. 273–279.
148. Бухаров М.В., Алексеева А.А. Диагноз возможных ливней и града по измерениям уходящего теплового излучения Земли со спутника NOAA // Метеорология и гидрология. 2004. № 9. С. 21–30.
149. Алексеева А.А., Бухаров М.В. Спутниковый диагноз гроз по синхронной информации радиометров микроволнового и инфракрасного диапазонов // Метеорология и гидрология. 2005. № 6. С. 30–39.
150. Алексеева А.А., Бухаров М.В., Лосев В.М., Соловьев В.И. Диагноз осадков и гроз по измерениям уходящего теплового излучения облачности с географических спутников // Метеорология и гидрология. 2006. № 8. С. 33–42.
151. Романов С.В., Успенский А.Б. Численное моделирование дистанционных измерений вертикального распределения озона в атмосфере по данным спутниковых ИК-зондировщиков высокого спектрального разрешения // Труды НИЦ "Планета". 2005. № 1(46). С. 104–119.
152. Успенский А.Б., Романов С.В., Троценко А.Н. Моделирование дистанционных измерений вертикального распределения озона в атмосфере по данным спутниковых ИК-зондировщиков высокого спектрального разрешения // Исследование Земли из космоса. 2003. № 1. С. 49–57.
153. Uspensky A.B., Kukharsky A.V., Trotsenko A.N. et al. Progress and promise for observing tropospheric gas variations with satellite advanced sounders. Proc. of The 2005 Eumetsat Meteorol. Sat. Conf. Dubrovnik, Croatia. 19–24 Sept. 2005. P. 507–515.
154. Успенский А.Б., Кухарский А.В., Рублев А.Н. Детектирование атмосферных вариаций CO₂ по данным спутникового ИК-зондировщика высокого спектрального разрешения // Исследование Земли из космоса. 2006. № 4. С. 42–51.
155. Рублев А.Н., Успенский А.Б. Оценка концентрации углекислого газа в тропосфере по данным измерений спектрометра Sciamachy в условиях облачности // Исследование Земли из космоса. 2006. № 6. С. 31–41.
156. Рублев А.Н., Бухвиц М., Журавлева Т.Б. Сравнение спутниковых и самолетных измерений концентраций CO₂ над Западной Сибирью // Оптика атмосферы и океана. 2006. Т. 19. № 4. С. 322–327.
157. Головкин В.А., Пахомов Л.А., Успенский А.Б. Глобальный мониторинг составляющих радиационного баланса Земли со спутников "Метеор-3" и "Ресурс-01" // Метеорология и гидрология. 2003. № 12. С. 56–73.
158. Поляков А.В., Тимофеев Ю.М. Предельные точности восстановления вертикальных профилей атмосферных параметров (спутниковый метод прозрачности). 1. Содержание озона и двуокиси азота; 2. Спектральный коэффициент аэрозольного ослабления // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2003. Т. 39. № 2. С. 254–261; 262–268.
159. Polyakov A.V., Timofeyev Yu.M., Kostsov V.S. et al. Trace gas and aerosol sounding of the atmosphere in Sun occultation experiment with SAGE III device // Proc. SPIE. 2004. V. 5235. P. 397–407.
160. Polyakov A.V., Timofeyev Yu.M., Ionov D.V. et al. Retrieval of ozone and nitrogen dioxide concentrations from Stratospheric Aerosol and Gas Experiment III (SAGE III) measurements using a new algorithm // J. Geophys. Res. 2005. V. 110. № D6. doi: 10.1029/2004JD005060D06303.
161. Поляков А.В., Тимофеев Ю.М., Ионов Д.В. и др. Новая интерпретация измерений прозрачности спутниковым спектрометром SAGE III // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2005. Т. 41. № 3. С. 410–422.
162. Чайка А.М., Тимофеев Ю.М., Поляков А.В., Косцов В.С. Анализ спутникового метода определения микроструктуры стратосферного аэрозоля // Исследования Земли из космоса. 2006. № 3. С. 55–61.
163. Виролайнен Я.А., Тимофеев Ю.М., Поляков А.В. и др. Анализ решения обратной задачи восстановления микроструктуры стратосферного аэрозоля по спутниковым измерениям // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2006. Т. 42. № 6. С. 816–829.
164. Timofeyev Yu.M., Polyakov A.V., Steele H.M., Newchurch M.J. Optimal Eigenanalysis for the Treatment of Aerosols in the Retrieval of Atmospheric Composition from Transmission Measurements // Applied Optics. 2003. V. 42. № 15. P. 2635–2646.
165. Timofeyev Yu.M., Polyakov A.V., Virolainen Ya.A. et al. Statistical models of aerosols and polar stratospheric clouds (PSC) for remote sensing // Proc. SPIE. 2004. V. 5235. P. 347–356.
166. Виролайнен Я.А., Поляков А.В., Тимофеев Ю.М. Статистические модели оптических свойств тропосферного аэрозоля // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2004. Т. 40. № 2. С. 247–258.
167. Виролайнен Я.А., Поляков А.В., Тимофеев Ю.М. и др. Моделирование полярных стратосферных облаков: 1. Микрофизические характеристики; II. Статистика спектрального коэффициента ослабления и возможности дистанционного зондирования ПСО // Оптика атмосферы и океана. 2005. Т. 18. № 3. С. 264–269; № 7. С. 386–391.

168. *Косцов В.С., Тимофеев Ю.М.* Содержание углекислого газа в мезосфере по результатам интерпретации данных эксперимента CRISTA-1 // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2003. Т. 39. № 3. С. 359–370.
169. *Косцов В.С., Тимофеев Ю.М.* Озон в мезосфере по данным спутникового эксперимента CRISTA1: 1. Метод определения вертикальных профилей и анализ его точности; 2. Пространственные распределения и суточные вариации // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2005. Т. 41. № 2. С. 201–214; 215–226.
170. *Косцов В.С., Тимофеев Ю.М.* Мезосферные инверсии температуры по данным эксперимента CRISTA-1 // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2005. Т. 41. № 6. С. 814–823.
171. *Kostsov V.S., Timofeyev Yu.M., Manuilova R.O.* Global distributions of temperature, carbon dioxide, ozone, and non-LTE parameters in mesosphere and lower thermosphere CRISTA-1 experiment // Proc. SPIE. 2004. V. 5235. P. 208–219.
172. *Ракитин А.В., Косцов В.С.* Границы применимости приближения сферически однородной атмосферы в задаче спутникового дистанционного ИК-зондирования мезосферы на касательных трассах // Исследование Земли из космоса. 2005. № 5. С. 10–17.
173. *Косцов В.С., Ракитин А.В.* Погрешности приближения сферически однородной атмосферы в задаче расчета уходящего неравновесного излучения в полосе озона 9.6 мкм на касательных трассах // Исследование Земли из космоса. 2006. № 5. С. 38–48.
174. *Ионов Д.В., Егорова Т.А., Зубов В.А., Розанов Е.В.* Глобальные поля общих содержаний озона и двуокиси азота по данным спутниковых измерений и результатам трехмерного моделирования // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2003. Т. 39. № 5. С. 620–630.
175. *Ionov D.V., Sinyakov V.P., Semenov V.K.* Validation of GOME (ERS-2) NO₂ vertical column data with ground-based measurements at Issyk-Kul (Kyrgyzstan) // Adv. Space Res. 2006. V. 37. P. 2254–2260.
176. *Янковский В.А., Мануйлова Р.О.* Новая самосогласованная модель дневных эмиссий O₂(a¹Δ_g, v) и O₂(b¹Σ_g⁺, v) в средней атмосфере. Восстановление вертикального профиля озона из измеренных профилей интенсивности этих эмиссий // Оптика атмосферы и океана. 2003. Т. 16. № 7. С. 582–586.
177. *Янковский В.А., Кулешова В.А.* Фотодиссоциация озона в полосе Хартли. Аналитическое описание квантовых выходов O₂(a¹Δ_g, v = 0–3) в зависимости от длины волны // Оптика атмосферы и океана. 2006. Т. 19. № 7. С. 576–580.
178. *Yankovsky V.A., Manuilova R.O., Kuleshova V.A.* Heating of the middle atmosphere as a result of quenching of the products of O₂ and O₃ photodissociation // Proc. SPIE. 2004. V. 5743. P. 34–40.
179. *Yankovsky V.A., Manuilova R.O.* Model of daytime emissions of electronically-vibrationally excited products of O₃ and O₂ photolysis: Application to ozone retrieval // Ann. Geoph. 2006. V. 24. № 11. P. 2823–2839.
180. *Грибанов К.Г., Захаров В.И., Топтыгин А.Ю.* Восстановление профилей температуры и влажности по ИК спектрам атмосферы Земли на основе сингулярного разложения ковариационных матриц // Оптика атмосферы и океана. 2003. Т. 16. № 7. С. 576–581.
181. *Gribanov K.G., Zakharov V.I.* Neural network solution for temperature profile retrieval from infrared spectra with high spectral resolution // Atm. Sci. Lett. 2004. V. 5. № 1–4. P. 1–11.
182. *Gribanov K.G., Imasu R., Schmidt G.A. et al.* Neural network retrieval of deuterium to hydrogen ratio in atmosphere from IMG/ADEOS spectra // Proc. SPIE. 2005. V. 5655. P. 515–521.
183. *Gribanov K.G., Toptygin A.Yu., Zakharov V.I.* Application of Multilayer Perceptron to High-Resolution Infrared Measurement Retrieval // Proc. SPIE. 2006. V. 6580.
184. *Zakharov V.I., Imasu R., Gribanov K.G. et al.* Latitudinal distribution of the deuterium to hydrogen ratio in the atmospheric water vapor retrieved from IMG/ADEOS data // Geoph. Res. Lett. 2004. V. 31. № 12. P. 1–4.
185. *Топтыгин А.Ю., Грибанов К.Г., Имасу Р. и др.* Широтные вариации вертикальных профилей и полного содержания HDO/H₂O в атмосфере над океаном, полученные из данных IMG/ADEOS // Оптика атмосферы и океана. 2006. Т. 19. № 10. С. 875–879.
186. *Toptygin A.Yu., Gribanov K.G., Zakharov V.I. et al.* Method and results of retrieval of HDO/H₂O in atmosphere from IMG/ADEOS and FTIR data // Proc. SPIE. 2006. V. 6580.
187. *Toptygin A.Yu., Gribanov K.G., Imasu R. et al.* Seasonal methane content in atmosphere of the permafrost boundary zone in Western Siberia determined from IMG/ADEOS and AIRS/AQUA data // Proc. SPIE. 2005. V. 5655. P. 508–514.
188. *Гурвич А.С., Кан В.* Структура неоднородностей плотности в стратосфере по наблюдениям мерцаний звезд из космоса: 1. Модель 3D спектра и реконструкция ее параметров; 2. Характерные масштабы, структурные характеристики и диссипация кинетической энергии // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2003. Т. 39. № 3. С. 335–346; С. 347–358.
189. *Gurvich A.S., Chunchuzov I.P.* Parameters of the fine density structure in the stratosphere obtained from spacecraft observations of stellar scintillations // J.G.R. 2003. V. 108. D54166. doi: 10.1029/2002JD0022281.
190. *Gurvich A.S., Chunchuzov I.P.* Estimates of characteristics scales in the spectrum of internal waves in the stratosphere obtained from space observations of stellar scintillations // J. Geophys. Res. 2005. V. 110. D03114. doi: 10.1029/2004JD005199.
191. *Gurvich A.S., Yakushkin I.G.* Spacecraft Observations of Quasi-Periodic Structures in the Stratosphere // Izv., Atmos. Ocean. Physics. 2004. V. 40. № 6. P. 659–667.
192. *Воробьев В.В., Маракасов Д.А., Федорова О.В.* Спектры сильных мерцаний, вызываемых крупномасштабными анизотропными стратосферными неоднородностями, при наблюдении звезд с

- ИСЗ // Оптика атмосферы и океана. 2006. Т. 19. № 12. С. 1004–1012.
193. *Gurvich A.S., Dalaudier F., Sofieva V.F.* Study of stratospheric air density irregularities based on two-wavelength observation of stellar scintillation by Global Ozone Monitoring by Occultation of Stars (GOMOS) on Envisat // *J. Geophys. Res.* 2005. V. 110. D11110, doi: 10.1029/2004JD005536.
194. *Beyerle G., Gorbunov M.E., Ao C.O.* Simulation studies of GPS radio occultation measurements // *Radio Science.* 2003. V. 38. № 5. P. 5–15–16. 1084, doi: 10.1029/2002RS002800.
195. *Gorbunov M.E.* An asymptotic method of modeling radio occultations // *J. Atm. Solar-Terr. Physics.* 2003. V. 65. № 16–18. P. 1361–1367, doi: 10.1016/j.jastp.2003.09.001.
196. *Gorbunov M.E., Benzion H.-H., Jensen A.S. et al.* Comparative analysis of radio occultation processing approaches based on Fourier integral operators // *Radio Science.* 2004. V. 39. № 6. RS6004, doi: 10.1029/2003RS002916.
197. *Горбунов М.Е., Лауритсен К.Б., Родин А. и др.* Анализ данных эксперимента ШАМР по радиозатменному зондированию атмосферы Земли // *Изв. РАН. Физика атмосферы и океана.* 2005. Т. 41. № 6. С. 711–716.
198. *Johannessen O.M., Khvorostovsky K.S., Miles M.W., Bobylev L.P.* Recent Ice-Sheet Growth in the Interior of Greenland // *Science.* 2005. V. 310. № 5750. P. 1013–1016.
199. *Bobylev L.P., Kondratyev K.Ya., Johannessen O.M.* Arctic Environment Variability in the Context of Global Change. Chichester, UK: Springer-Praxis. 2003. 471 p.
200. *Johannessen O. M., Alexandrov V.Yu., Frolov I.Ye. et al.* Remote sensing of sea ice in the Northern sea route. Studies and applications. Springer-Praxis, Chichester, UK. 2006. 471 p.
201. *Поздняков Д.В., Коросов А.А., Петтерсон Л.Х., Ионов В.В.* Новый операционный алгоритм восстановления качества природных вод по данным спутникового зондирования // *Исследование Земли из космоса.* 2005. № 4. С. 17–29.
202. *Pozdnyakov D.V., Grassl H.* Colour of Inland and Coastal Waters: A Methodology for Its Interpretation. Chichester UK: Springer-Praxis. 2003a. 170p.
203. *Pozdnyakov D.V., Korosov A.A., Grassl H., Pettersson L.H.* An advanced algorithm for operational retrieval of water quality from satellite data in the visible // *Int. J. Rem. Sens.* 2005. V. 26. № 12. P. 2669–2688.
204. *Pozdnyakov D.V., Pettersson L.H., Johannessen O.M. et al.* SeaWiFS maps water quality parameters of the White Sea // *Int. J. Rem. Sens.* 2003. V. 24. № 21. P. 3–5.
205. *Pozdnyakov D.V., Korosov A.A., Pettersson L.H., Johannessen O.M.* MODIS evidences the river run-off impact on the Kara Sea trophy // *Int. J. Rem. Sens.* 2005. V. 26. № 17. P. 3641–3648.
206. *Filatov N.N., Pozdnyakov D.V., Johannessen O.M. et al.* White Sea: Its Marine Environment and Ecosystem Dynamics Influenced by Global Change. ISBN: 3–540–20541–1, Chichester UK: Springer-Praxis. 2005. 472 p.
207. *Коросов А., Поздняков Д.В., Филатов Н.Н. и др.* Изучение спектра сезонной и пространственной изменчивости некоторых экопараметров в Ладожском озере по спутниковым данным // *Исследование Земли из космоса.* 2006. № 5. С. 1–10.
208. *Pozdnyakov D.V., Shuchman R.A., Korosov A.A., Hatt C.* Operational Algorithm for the Retrieval of Water Quality in the Great Lakes // *Rem. Sens. Env.* 2005. V. 97. P. 352–370.
209. *Shuchman R., Korosov A., Hatt C. et al.* Verification and Application of bio-optical algorithm for lake Michigan using SeaWiFS: 7-year inter-annual analysis // *J. Great Lakes Res.* 2006. V. 32. P. 258–279.
210. *Johannessen J.A., Kudryavtsev V.N., Akimov D.B. et al.* On radar imaging of current features. P. 2: Mesoscale eddy and current front detection // *J. Geophys. Res.* 2005. V. 110. C07017, doi: 10.1029/2004JC002802
211. *Bogdanov A.V., Sandven S., Johannessen O.M. et al.* Multisensor Approach to Automated Classification of Sea Ice Image Data // *IEEE Trans. on Geosci. and Rem. Sens.* 2005. V. 43. № 7. P. 1648–1664.
212. *Kudryavtsev V.N., Hauser D., Caudal G., Chapron B.* A semi-empirical model of the normalized radar cross-section of the sea surface. Part 1: The background model; Part 2: Radar modulation transfer function // *J. Geophys. Res.* 2003. V. 108. № C3, 8054, doi: 10.1029/2001JC0011003; 8055, doi: 10.1029/2001JC0011004.
213. *Kudryavtsev V.N., Akimov D.B., Johannessen J.A., Chapron B.* On radar imaging of current features. Part 1: Model and comparison with observations // *J. Geophys. Res.* 2005. V. 110. C07016, doi: 10.1029/2004JC002505.
214. *Кудрявцев В.Н., Акимов Д.Б., Йоханнесен О.М.* Проявление мезомасштабной изменчивости моря на радиолокационных изображениях его поверхности. *Исследование Земли из космоса.* 2003. № 2. С. 27–46.
215. *Kudryavtsev V.N., Johannessen J.A.* Effect of wave breaking on short wind waves // *Geoph. Res. Letter.* 2004. V. 31. № 20. L20310, doi: 10.1029/2004GL020619.
216. *Kudryavtsev V.N.* On the effect of sea drops on the atmospheric boundary layer // *J. Geophys. Res.* 2006. V. 111. C07020, doi: 10.1029/20005JC002970.
217. *Johannessen O.M., Bengtsson L., Miles M.W. et al.* Arctic climate change: observed and modeled temperature and sea-ice variability // *Tellus.* 2004. V. 56A. № 4. P. 328–341.
218. *Покровский И.О., Покровский О.М.* Определение альbedo системы почва-растительность по данным многоугловых дистанционных измерений отраженной солнечной радиации // *Исследование Земли из космоса.* 2003. № 5. С. 6–19.
219. *Покровский И.О., Покровский О.М.* Многоугловые дистанционные измерения системы почва-растительность: оптимальные условия эксперимента // *Исследование Земли из космоса.* 2007. № 1. С. 14–37.
220. *Pokrovsky O.M., Roujean J.L.* Land surface albedo retrieval via kernel-based BRDF modeling: I. Statistical inversion method and model comparison; II. An optimal design scheme for the angular sampling // *Rem. Sens. Env.* 2003. V. 84. № 1. P. 100–119; P. 120–142.

221. Pokrovsky I.O., Pokrovsky O.M., Roujean J.-L. Development of an operational procedure to estimate surface albedo from the SEVIRI/MSG observing system by using POLDER BRDF measurements: I. Data quality control and accumulation of information corresponding to the IGBP land cover classes; II. Comparison of several inversion techniques and uncertainty in albedo estimates // *Rem. Sens. Env.* 2003. V. 87. № 2–3. P. 198–214; P. 215–242.
222. Tsyulnikov M.D., Svirengo P.I., Zaripov R.B. Development of a 3-D spatial ARMA-filters based analysis scheme // In: *Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*. WMO. 2006. Rep. № 34. P. 1.39–1.40.
223. Музылев Е.Л., Успенский А.Б., Волкова Е.В., Старцева З.П. Использование спутниковой информации о характеристиках подстилающей поверхности при моделировании вертикального тепло- и влагопереноса для речных водосборов // *Исследование Земли из космоса*. 2005. № 4. С. 24–36.

Russian Studies of Atmospheric Radiation in 2003–2006

Yu. M. Timofeev and E. M. Shul'gina

St. Petersburg State University, Ul'yanovskaya ul. 1, Petrodvorets, 198904 Russia

e-mail: tim@troll.phys.spbu.ru

Received March 24, 2008

Abstract—The Russian Radiation Commission, in cooperation with interested departments and institutions, has held two international symposia on atmospheric radiation for the Commonwealth of Independent States in the recent past. The participants of the symposia discussed problems that are currently particularly relevant in atmospheric physics: radiative transfer, atmospheric optics, greenhouse gases, clouds, aerosols, climate changes, remote sensing, and new observational data. Five directions covering the complete spectrum of investigations on atmospheric radiation are presented in this report.