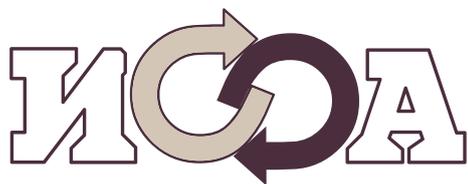


РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ АТМОСФЕРЫ ИМ. А.М. ОБУХОВА РАН  
ИНСТИТУТ ОПТИКИ АТМОСФЕРЫ ИМ. В.Е. ЗУЕВА СО РАН  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. Л.Я. КАРПОВА



**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**  
**INTERNATIONAL CONFERENCE**

**«АЭРОЗОЛЬ И ОПТИКА АТМОСФЕРЫ» (К  
СТОЛЕТИЮ Г.В. РОЗЕНБЕРГА)**  
**«AEROSOL AND ATMOSPHERIC OPTICS»**

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**  
**ABSTRACTS**



Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН  
Москва, 21-24 октября 2014 года

### Программный комитет

Академик Г. С. Голицын (ИФА им. А.М. Обухова РАН) — сопредседатель  
чл.-корр. РАН И.И. Мохов (ИФА им. А.М. Обухова РАН) — сопредседатель

чл.-корр. РАН Н.Ф. Еланский (ИФА им. А.М. Обухова РАН)  
чл.-корр. РАН Г.А. Михайлов (ВЦ СО РАН)  
д.ф.-м.н. А. С. Гинзбург (ИФА им. А.М. Обухова РАН)  
д.ф.-м.н. Г.И. Горчаков (ИФА им. А.М. Обухова РАН)  
к.г.н. Л.Д. Краснокутская (ИФА им. А.М. Обухова РАН)  
д.ф.-м.н. А.А. Лушников (Геофизический центр РАН)  
к.ф.-м.н. Ю.С. Любовцева (Геофизический центр РАН)  
к.ф.-м.н. В.П. Иванов (НПО ГИПО)  
д.ф.-м.н. В.П. Бусыгин (НИЦ СК МО РФ)  
д.ф.-м.н. Б.М. Смирнов (ОИВТ РАН)  
д.т.н. В.М. Минашкин (НИФХИ)  
д.ф.-м.н. В.Е. Павлов (ИВЭП СО РАН)  
д.ф.-м.н. Г.Г. Матвиенко (ИОА СО РАН)  
д.ф.-м.н. Б.Д. Белан (ИОА СО РАН)  
д.ф.-м.н. М.В. Панченко (ИОА СО РАН)  
д.ф.-м.н. Ю.М. Тимофеев (СПбГУ)  
д.ф.-м.н. Г.Л. Стенчиков (King Abdullah University, Saudi Arabia)  
чл.-корр. НАНБ А.П. Иванов (Институт физики НАН Беларуси)  
к.ф.-м.н. Э.П. Зеге (Институт физики НАН Белоруссии)  
prof. M. Kulmala (Finnish Meteorological Institute, Finland)  
prof. R. Jaenicke (University Mainz, Germany)  
prof. J. E. Penner (University of Michigan, USA)  
dr. A. Kokhanovsky (EUMETSAT, Germany)  
dr. A. Smirnov (University of Meriland, USA)  
dr. H. Ohvrill (University of Tartu, Estonia)

### Организационный комитет

А.С. Гинзбург, д.ф.-м.н., зам. директора ИФА им. А.М. Обухова РАН – председатель  
М.А. Свириденков, д.ф.-м.н. (ИФА им. А.М. Обухова РАН) – отв. секретарь  
Г.И. Горчаков, д.ф.-м.н. (ИФА им. А.М. Обухова РАН)  
М.В. Панченко, д.ф.-м.н. (ИОА СО РАН)  
В.М. Минашкин, д.т.н. (НИФХИ)  
В.А. Фалалеева (МФТИ, ИФА им. А.М. Обухова РАН)  
М.С. Артамонова (ИФА им. А.М. Обухова РАН)  
А.В. Карпов (ИФА им. А.М. Обухова РАН)  
О.И. Ковалевская (НИЦ СК МО РФ)

Конференция проводится при поддержке  
Российского фонда фундаментальных исследований  
(проект № 14-05-20423 Г)

ООО “Издательство ГЕОС”, 2014  
ISBN 978-5-89118-670-5



Содержание

**Секция 1. Оптические и микрофизические свойства аэрозоля**

**Section 1. Aerosol optical and microphysical properties**

<i>Амиранашвили А.Г., Таварткиладзе К.А., Кириленко А.А., Кортунова З.В., Поволоцкая Н.П., Сеник И.А.</i> <b>Динамика общего аэрозольного загрязнения атмосферы в Кисловодске и некоторых районах Грузии в 1941-1990 гг.</b>	10
<i>Институт геофизики им. М. Нодиа Тбилисского государственного Университета им. И. Джавахишвили</i> <i>Аришинов М.Ю., Белан Б.Д., Белан С.Б., Давыдов Д.К., Ивлев Г.А., Козлов А.В., Рассказчикова Т.М., Симоненков Д.В., Скляднева Т.К., Толмачев Г.Н., Фофонов А.В.</i>	11
<b>Многолетняя динамика химического состава аэрозоля на разных высотах</b>	
<i>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН</i> <i>Береснев С.А., Васильева М.С., Грязин В.И., Кочнева Л.Б.</i>	12
<b>Микрофизические характеристики и вертикальный перенос сажевого аэрозоля в стратосфере</b>	12
<i>Институт естественных наук Уральского федерального университета</i> <i>Боровой А.Г., Конощонкин А.В., Кустова Н.В.</i>	13
<b>Особенности рассеяния света на атмосферных ледяных кристаллах</b>	13
<i>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН</i> <i>Вульфсон А.Н.</i>	
<b>Исследование атмосферного аэрозоля в работах Г.В. Розенберга, Л.М. Левина и А.Г. Лактионова. Термодинамический подход</b>	14
<i>Институт проблем нефти и газа РАН</i> <i>Горчаков Г.И., Копейкин В.М., Карпов А.В., Соколов А.В., Бунтов Д.В., Колесникова А.Б.</i>	15
<b>Электрические процессы в ветропесчаном потоке на опустыненных территориях</b>	15
<i>Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН</i> <i>Горчаков Г.И., Свириденков М.А., Емиленко А.С., Исаков А.А., Копейкин В.М.</i>	16
<b>Г.В. Розенберг и оптика аэрозоля</b>	16
<i>Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН</i> <i>Горчаков Г.И., Свириденков М.А., Емиленко А.С., Исаков А.А., Карпов А.В., Копейкин В.М., Курбатов Г.А.</i>	17
<b>АРАЭК - 81 и развитие исследований пылевого аэрозоля</b>	17
<i>Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН</i> <i>Губанова Д.П., Артамонова М.С., Иорданский М.А., Кудерина Т.М., Лебедев В.А., Минашкин В.М., Обвинцев Ю.И., Чхетиани О.Г.</i>	18
<b>Микрофизические и химические параметры аэрозолей и почв Калмыкии</b>	18
<i>Физико-химический институт им. Л.Я. Карпова</i> <i>Кадыгров Е.Н., Горелик А.Г., Точилкина Т.А.</i>	
<b>Исследование излучения аэрозольного загрязнения атмосферы при помощи высокочувствительной микроволновой аппаратуры</b>	19
<i>Центральная аэрологическая обсерватория</i> <i>Карпов А.В.</i>	
<b>Измерения турбулентных потоков аэрозоля корреляционным и градиентным методами</b>	20
<i>Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН</i> <i>Кацев И.Л., Иванов А.П., Грудо Я.О.</i>	
<b>Разработка микрофизической модели атмосферного аэрозоля на основе AERONET измерений в Беларуси и Польше</b>	21
<i>Институт физики НАН Беларуси</i> <i>Loiko V.A., Miskevich A.A.</i>	
<b>Transmission and reflection spectra of ordered structures of spherical particles</b>	22
<i>Институт физики НАН Беларуси</i> <i>Лушиников А.А., Любовцева Ю.С.</i>	
<b>Наноаэрозоли в атмосфере</b>	23
<i>Геофизический центр РАН</i> <i>Огородников Б.И.</i>	
<b>Пыльная буря: запыленность и радиоактивность атмосферы на примере зоны отчуждения Чернобыльской АЭС</b>	24
<i>Физико-химический институт Л.Я. Карпова</i> <i>Орлов С.В., Павлов В.Е.</i>	
<b>Яркость безоблачной атмосферы и альbedo подстилающей поверхности в ближней ИК области спектра</b>	25
<i>Институт водных и экологических проблем СО РАН</i>	

<i>Охвирль Х.А., Нейман Л.О., Каттай К.М., Окулов О.В., Каллис А.Г., Руссак В.К., Терез Э.И., Терез Г.А., Гуцин Г.К., Абакумова Г.М., Горбаренко Е.В.</i>	26
<b>О периодизации прозрачности толщи атмосферы, 1906-2013</b> <i>Тартуский университет, Агентство по окружающей среде Эстонии</i>	
<i>Павлов В.Е., Хвостов И.В., Голобокова Л.П., Ходжер Т.В.</i>	
<b>Многолетняя динамика содержания главных ионов в приземном растворимом аэрозоле южного Прибайкалья и Приморского края</b> <i>Институт водных и экологических проблем СО РАН</i>	27
<i>Панченко М.В., Терпугова С.А., Польшкин В.В., Козлов В.С., Тумаков А.Г., Шмаргунов В.П., Яушева Е.П., Чернов Д.Г., Польшкин Вас.В.</i>	
<b>Идеи Г.В. Розенберга - основа развития эмпирических моделей оптических характеристик аэрозоля</b> <i>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН</i>	28
<i>Панченко М.В., Терпугова С.А., Яушева Е.П., Козлов В.С., Польшкин В.В., Чернов Д.Г., Шмаргунов В.П.</i>	
<b>Результаты исследований гигроскопических свойств аэрозоля методом активной спектрофелометрии</b> <i>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН</i>	29
<i>Петрушин А.Г.</i>	
<b>О возможности параметризации основных микрофизических, оптических и радиационных характеристик однородных облачных слоев смешанного фазового состава</b> <i>Обнинский институт атомной энергетики НИЯУ МИФИ</i>	30
<i>Самохвалов И.В., Кауль Б.В., Волков С.Н., Насонов С.В., Брюханов И.Д.</i>	
<b>Микроструктура перистых облаков по данным лазерного поляризационного зондирования</b> <i>Томский государственный университет</i>	31
<i>Smirnov V.M.</i>	
<b>Aerosols in circulation of atmospheric electricity</b> <i>Joint Institute for High Temperatures RAS</i>	32
<i>Тимофеев Ю.М., Виролайнен Я.А., Березин И.А., Поляков А.В., Косцов В.С.</i>	
<b>Статистические модели аэрозоля и области их применения</b> <i>Санкт-Петербургский государственный университет</i>	33
<i>Цыркина Т.Б., Обвинцева Л.А., Козлова Н.В., Сухарева И.П., Дмитриева М.П., Аветисов А.К.</i>	
<b>Взаимодействие озона и хлористого водорода с материалами атмосферного аэрозоля</b> <i>Физико-химический институт им. Л.Я. Карпова</i>	34
<i>Чубарова Н.Е., Свириденков М.А., Горлова И.Д., Полюхов А.А., Смирнов А.В., Веричев К.С.</i>	
<b>Особенности свойств аэрозольной атмосферы в Московском регионе в 21 веке (по данным AERONET)</b> <i>МГУ им. М.В. Ломоносова, географический факультет, Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН</i>	35
<i>Чхетиани О.Г., Артамонова М.С., Глендзер Е.Б., Голицын Г.С., Иорданский М.А., Курганский М.В., Лебедев В.А., Максименков Л.О., Минашкин В.М., Обинцев Ю.И., Хапаев А.А.</i>	
<b>Особенности загрязнения атмосферы аридным аэрозолем на юге России</b> <i>Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Институт космических исследований РАН</i>	36
<i>Шамсутдинов М.Э.</i>	
<b>Уточнение механизма горения древесины по результатам оптических измерений</b> <i>Государственный институт прикладной оптики</i>	37

## **Секция 2. Процессы трансформации атмосферного аэрозоля** **Section 2. Aerosol transformation**

<i>Аникин П.П., Исаков А.А., Тихонов А.В.</i>	
<b>О квазипериодических колебаниях массовой концентрации приземного аэрозоля</b> <i>Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН</i>	38
<i>Воронежская Н.Г., Певнева Г.С., Головки А.К., Козлов А.С., Аршинов М.Ю., Белан Б.Д., Симоненков Д.В., Толмачев Г.Н.</i>	
<b>Изменчивость состава насыщенных углеводородов атмосферного аэрозоля по результатам авиационных наблюдений 2012-2013 гг.</b> <i>Институт химии нефти СО РАН</i>	39
<i>Груздев А.Н., Исаков А.А.</i>	
<b>Долгопериодные вариации массовой концентрации приземного аэрозоля на Звенигородской научной станции ИФА им. А.М. Обухова РАН</b> <i>Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН</i>	40

<i>Губанова Д.П., Беликов И.Б., Скороход А.И., Чубарова Н.Е.</i> <b>Вариации концентрации аэрозольных частиц PM 2.5 в приземном слое воздуха (по данным наблюдений на метеообсерватории МГУ)</b>	41
<i>Физико-химический институт им. Л.Я. Карпова, Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН</i> <i>Исаков А.А.</i>	
<b>Мониторинговые измерения приземного аэрозоля на Звенигородской научной станции</b>	42
<i>Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН</i> <i>Konovalov I.B., Berezin E.V., Beekmann M., Petetin H.</i>	
<b>Effects of gas-particle partitioning and secondary organic aerosol formation on "top-down" estimates of aerosol emissions from open biomass burning</b>	43
<i>Институт прикладной физики РАН</i> <i>Обвинцев Ю.И., Артамонова М.С., Губанова Д.П., Иорданский М.А., Лебедев В.А., Максименков Л.О., Минашкин В.М., Чхетиани О.Г.</i>	
<b>Изменчивость дисперсного и элементного состава приземного аэрозоля на ЦНС ИФА РАН. Результаты аэрозольного и газового мониторинга</b>	44
<i>Физико-химический институт им. Л.Я. Карпова</i> <i>Пененко В.В., Пененко А.В., Цветова Е.А.</i>	
<b>Новые вариационные методы для моделей переноса и трансформации газо-аэрозольных примесей в атмосфере</b>	45
<i>Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН</i>	

### Секция 3. Перенос излучения в атмосфере Земли и радиационно-климатические эффекты аэрозоля и облаков

### Section 3. Radiative transfer in the Earth Atmosphere and aerosol and cloud climatic effects

<i>Будак В.П., Желтов В.С., Шагалов О.В.</i> <b>Моделирование переноса излучения в многослойных плоских мутных средах</b>	46
<i>Московский энергетический институт</i> <i>Гинзбург А.С.</i>	
<b>Антипарниковый эффект атмосферного аэрозоля</b>	47
<i>Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН</i> <i>Гинзбург А.С., Мельникова И.Н., Фролькис В.А.</i>	
<b>Оценка радиационных характеристик атмосферы на основе простых оптических моделей</b>	48
<i>Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН</i> <i>Ginzburg A.S., Melnikova I.N., Frolkis V.A.</i>	
<b>Radiative characteristics of the atmosphere on the base of simple optical models</b>	48
<i>A.M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics RAS</i> <i>Городничев Е.Е., Ивлиев С.В., Кузовлев А.И., Рогозкин Д.Б.</i>	
<b>Деполяризация светового импульса в средах с анизотропным рассеянием</b>	49
<i>Московский инженерно-физический институт</i> <i>Донченко В. К., Мельникова И. Н., Самуленков Д.А., Сапунов М.</i>	
<b>Результаты лидарного зондирования атмосферы в Санкт-Петербурге</b>	50
<i>Санкт-Петербургский государственный университет</i> <i>Журавлева Т.Б., Бедарева Т.В., Насртдинов И.М.</i>	
<b>Моделирование спектральных характеристик нисходящей радиации в безоблачной и малооблачной атмосфере: дневные и сумеречные условия</b>	51
<i>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН</i> <i>Каблукова Е.Г., Лисенко А.А., Матвиенко Г.Г., Ошлаков В.К.</i>	
<b>Численные эксперименты по лазерному зондированию облаков в терагерцовом спектральном диапазоне</b>	52
<i>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН</i> <i>Лубенко Д.М., Лисенко А.А., Матвиенко Г.Г., Суханов А.Я., Ошлаков В.К.</i>	
<b>Применение терагерцовой спектроскопии в задачах исследования аэрозоля</b>	53
<i>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН</i> <i>Лужецкая А.П., Поддубный В.А.</i>	
<b>Полуэмпирические модели влияния аэрозоля на прямой радиационный форсинг в атмосфере по данным фотометрических измерений</b>	54
<i>Институт промышленной экологии УрРО РАН</i>	

<i>Мохов И.И., Безверхний В.А., Ларкина И.С.</i>	
<b>Взаимосвязь изменений климата с атмосферным содержанием аэрозоля в ледниковых циклах по палеорекострукциям</b>	55
<i>Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН</i>	
<i>Penner J.E., Zhou C. and Lin G.</i>	
<b>Radiative forcing of climate by aerosols</b>	56
<i>Atmospheric, Oceanic and Space Sciences, University of Michigan</i>	
<i>Радионов В.Ф., Русина Е.Н., Сибир Е.Е.</i>	
<b>Результаты мониторинга аэрозольной оптической толщины атмосферы в полярных регионах</b>	57
<i>Арктический и антарктический научно-исследовательский институт</i>	
<i>Фалалеева В.А., Фомин Б.А.</i>	
<b>Влияние стратосферных аэрозолей на поляризационные характеристики уходящего солнечного излучения</b>	58
<i>Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН</i>	
<i>Фролькис В.А., Кокорин А.М.</i>	
<b>Влияние различных представлений двухфазных частиц стратосферного аэрозоля и распределения их по размерам на оптические параметры, радиационный форсинг и радиационную температуру атмосферы</b>	59
<i>Главная Геофизическая Обсерватория им.А.И.Воейкова, Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I</i>	
<i>Frolkis V.A., Kokorin A.M.</i>	
<b>The influence of various variants of both two-phase stratospheric aerosol particles and their size distribution on optical parameters, radiative forcing and radiative temperature change of atmosphere</b>	59
<i>A.I. Voeikov Main Geophysical Observatory, Imperator Alexandr I Petersburg State Transport University</i>	

#### Секция 4. Обратные задачи в исследованиях аэрозоля и облаков

#### Section 4. Inverse problems in aerosol and cloud study

<i>Боровский А.Н., Елохов А.С., Постыляков О.В., Канава У.</i>	
<b>Об измерении интегрального содержания формальдегида в тропосфере</b>	60
<i>Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН</i>	
<i>Будак В.П., Шагалов О.В.</i>	
<b>Квазидвухпотокное решение уравнения переноса излучения, пригодное для решения обратных задач дистанционного зондирования</b>	61
<i>Московский энергетический институт</i>	
<i>Илюшин Я.А.</i>	
<b>Поляризационные характеристики рассеянной солнечной радиации над неоднородными ландшафтами</b>	62
<i>"МГУ им. М.В. Ломоносова, физический факультет "</i>	
<i>Лысенко С.А., Кугейко М.М., Хомич В.В.</i>	
<b>Экологический мониторинг городских аэрозолей и их респирабельных фракций на основе многочастотного лидарного зондирования</b>	63
<i>Белорусский государственный университет</i>	
<i>Потапов А.А.</i>	
<b>О фрактально-скейлинговых характеристиках тропосферы и ионосферы</b>	64
<i>Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН</i>	
<i>Прохоров И.В.</i>	
<b>Нестационарные модели переноса излучения в слоистой атмосфере</b>	65
<i>Институт прикладной математики ДВО РАН, Дальневосточный федеральный университет</i>	
<i>Яровенко И.П.</i>	
<b>Задача определения коэффициентов преломления слоистой рассеивающей среды</b>	66
<i>Институт прикладной математики ДВО РАН</i>	

**Секция 5. Аэрозоль и экология, экстремальные аэрозольные ситуации**

**Section 5. Aerosol and environment. Extreme aerosol events**

<i>Амиранашвили А.Г.</i>	
<b>Тбилисский тип смога и его особенности</b>	67
<i>Институт геофизики им. М. Нодиа Тбилисского Государственного Университета им. И. Джавахишвили</i>	
<i>Амиранашвили А.Г., Блиадзе Т.Г., Киркитадзе Д.Д., Чихладзе В.А., Чанкветадзе А.Ш.</i>	
<b>Субмикронные аэрозоли в атмосфере Тбилиси и их влияние на здоровье людей</b>	68
<i>Институт геофизики им. М. Нодиа Тбилисского Государственного Университета им. И. Джавахишвили</i>	
<i>Аришинов М.Ю., Белан Б.Д.</i>	
<b>Наночастицы в атмосфере: пространственно-временная изменчивость</b>	69
<i>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН</i>	
<i>Бедарева Т.В., Журавлева Т.Б.</i>	
<b>Концентрация органического и неорганического углерода в столбе атмосферы в период аномальной дымовой мглы</b>	70
<i>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН</i>	
<i>Виноградова А.А., Пономарева Т.Я., Шевченко В.П.</i>	
<b>Антропогенный аэрозоль над арктическим побережьем России: тяжелые металлы и черный углерод, временные и пространственные вариации</b>	71
<i>Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН</i>	
<i>Гинзбург А.С., Демченко П.Ф., Горчаков Г.И., Александров Г.Г., Завалишин Н.Н., Юдин Н.И., Вересков А.И., Захарова П.В., Лезина Е.А.</i>	
<b>Статистическое прогнозирование среднесуточных концентраций аэрозоля в атмосфере московского мегаполиса</b>	72
<i>Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН</i>	
<i>Горбаренко Е.В., Рублев А.Н.</i>	
<b>Многолетние изменения аэрозольной оптической толщины атмосферы в Москве с учетом коррекции в сильной замутненной атмосфере</b>	73
<i>"МГУ им. М.В. Ломоносова, географический факультет "</i>	
<i>Горчаков Г.И., Свириденков М.А., Ситнов С.А., Емиленко А.С., Исаков А.А., Карнов А.В., Копейкин В.М., Веричев К.С.</i>	
<b>Дымы и смоги Евразии</b>	74
<i>Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН</i>	
<i>Елисеев А.В.</i>	
<b>Оценка влияния тропосферных сульфатов на продуктивность наземной растительности и запас углерода в ней</b>	75
<i>Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН</i>	
<i>Емиленко А.С.</i>	
<b>Исследования аэрозоля методами поляриметрии в условиях повышенной антропогенной нагрузки</b>	76
<i>Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН</i>	
<i>Звягинцев А.М., Кузнецова И.Н., Глазкова А.А., Шальгина И.Ю.</i>	
<b>Взвешенные частицы в атмосфере Лондона</b>	77
<i>Центральная аэрологическая обсерватория</i>	
<i>Иванов А.П., Чайковский А.П., Зега Э.П., Кацев И.Л., Кабашиников В.П., Денисов С.В., Король М.М., Осипенко Ф.П., Прихач А.С., Слесарь А.С.</i>	
<b>Комплексный анализ трансграничного переноса аэрозоля в атмосфере Беларуси</b>	78
<i>Институт физики НАН Беларуси</i>	
<i>Копейкин В.М.</i>	
<b>Пространственно-временные вариации сажи в приземном слое атмосферы</b>	79
<i>Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН</i>	
<i>Кузнецова И.Н., Шальгина И.Ю., Нахаев М.И., Глазкова А.А., Зарипов Р.Б., Кирсанов А.А., Ревокатова А.П., Суркова Г.В., Звягинцев А.М., Захарова П.В., Лезина Е.А.</i>	
<b>Аэрозольное загрязнение воздуха Москвы: анализ данных и возможности прогнозирования</b>	80
<i>Гидрометцентр России</i>	
<i>Малинина Е.П., Чубарова Н.Е.</i>	
<b>Оценка аэрозольного загрязнения в крупных городах России</b>	81
<i>"МГУ им. М.В. Ломоносова, географический факультет "</i>	
<i>Обвинцева Л.А., Цыркина Т.Б., Каминский В.А., Обвинцева Н.Ю., Аветисов А.К.</i>	
<b>Кинетика разложения озона природными мелкодисперсными материалами</b>	82
<i>Физико-химический институт им. Л.Я. Карпова</i>	

<i>Popovichcheva O.B., Persiantseva N.M., Kozlov V.S.</i> <b>Aerosol micromarkers of fossil fuel and biomass burning</b>	83
<i>Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д. В. Скобельцына МГУ</i>	
<i>Таловская А.В., Филлимоненко Е.А., Языков Е.Г.</i> <b>Содержание и формы нахождения микроэлементов в антропогенном пылевом аэрозоле в зоне влияния выбросов объектов теплоэнергетики</b>	84
<i>Томский политехнический университет</i>	
<i>Цицкишвили М.С.</i> <b>Упрощенный параметр условий рассеяния в атмосфере</b>	85
<i>Академия экологических наук Грузии</i>	
<i>Цицкишвили М.С., Амиранашвили А.Г.</i> <b>Глобальный мониторинг динамики аэрозольной компоненты атмосферы средних широт на синхронно-сопряженных фоновых стационарах северного и южного Кавказа (предложение по совместному проекту)</b>	86
<i>Институт геофизики им. М. Нодиа Тбилисского Государственного Университета им. И. Джавахишвили</i>	
<i>Цицкишвили М.С., Амиранашвили А.Г.</i> <b>Интегральные аккомодационные коэффициенты в моделях атмосферного переноса аэрозоля</b>	87
<i>Институт геофизики им. М. Нодиа Тбилисского Государственного Университета им. И. Джавахишвили</i>	
<i>Шевченко В.П., Виноградова А.А.</i> <b>Влияние аэрозолей на природную среду морей западного сектора Российской Арктики</b>	88
<i>Институт океанологии им. П.П. Шириова РАН</i>	
<i>Шукуров К.А., Шукурова Л.М.</i> <b>О связи аэрозольной оптической толщины, PM1.0 и химического состава приземного аэрозоля с обратными траекториями и скоростями движения воздушных масс по данным измерений на ЗНС ИФА РАН</b>	89
<i>Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН</i>	
<i>Юсупов Д.В., В.И. Радомская, Л.М. Павлова, Н.В. Трутнева</i> <b>Тяжелые металлы в пылевом аэрозоле трансграничной (Россия-Китай) урбанизированной территории</b>	90
<i>Томский политехнический университет</i>	

## Секция 6. Спутниковое зондирование атмосферы и подстилающей поверхности Section 6. Satellite remote sensing

<i>Городецкий А.К.</i> <b>Метод углового сканирования в задачах зондирования атмосферы и ДЗЗ</b>	91
<i>Институт космических исследований РАН</i>	
<i>Захаров В.И., Куницын В.Е., Горчаков Г.И.</i> <b>Наблюдение акусто-гравитационных возмущений в ионосфере от мегаполиса по GPS-данным</b>	92
<i>"МГУ им. М.В. Ломоносова, физический факультет"</i>	
<i>Иванов А.П., Чайковский А.П., Зега Э.П., Кацев И.Л., Дик В.П., Король М.М., Малинка А.В., Осипенко Ф.П., Прихач А.С., Слесарь А.С.</i> <b>Спутниковое и наземное зондирование атмосферы и подстилающей поверхности Антарктиды</b>	93
<i>Институт физики НАН Беларуси</i>	
<i>Kokhanovsky A.A.</i> <b>Cloud remote sensing from a satellite</b>	94
<i>European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites</i>	
<i>Сушкевич Т.А., Стрелков С.А.</i> <b>От первого атмосферно-оптического эксперимента в космосе до современной космической оптики, мониторинга и ДЗЗ</b>	95
<i>Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН</i>	
<i>Червяков М.Ю., Скляр Ю.А., Котума А.И.</i> <b>ИКОР-М. Пять лет работы на орбите</b>	96
<i>Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского</i>	
<i>Чечин Д.Е., Нерушев А.Ф.</i> <b>Малопараметрический метод определения характеристик осадков на основе спутниковой информации</b>	97
<i>НПО "Тайфун"</i>	

**Секция 7. Приборы и методы в аэрозольно-оптических исследованиях**

**Section 7. Instruments and methods in aerosol optical research**

<i>Амиранашвили А.Г., Цицкишвили М.С.</i> <b>Аэрозольная экспресс очистка атмосферы</b>	98
<i>Институт геофизики им. М. Нодиа Тбилисского Государственного Университета им. И. Джавахишвили</i> <i>Брюханова В.В.</i>	
<b>Характеристики лидарного сигнала в приближения двукратного рассеяния от облаков</b>	99
<i>Томский государственный университет</i>	
<i>Лысенко С.А., Кугейко М.М., Хомич В.В.</i> <b>Оптические измерители микроструктуры городских и промышленных аэрозолей</b>	100
<i>Белорусский государственный университет</i>	
<i>Окулов О.В., Охвиль Х.А.</i> <b>Эволюция прозрачности. От гидросферы к атмосфере, история одной станции</b>	101
<i>Агентство по окружающей среде Эстонии</i>	
<i>Ошлаков В.Г., Илюшин Я.А.</i> <b>Повышение контрастности изображения луча лазера на длине волны 1,6 мкм в глубинном режиме</b>	102
<i>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН</i>	
<i>Ошлаков В.Г.</i> <b>Измеритель поляризационных элементов с лазерными реперами</b>	103
<i>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН</i>	
<i>Самохвалов И.В., Брюханова В.В., Кауль Б.В., Кириллов Н.С., Насонов С.В., Соковых О.А., Стыкон А.П., Шелефонтьук Д.И.</i> <b>Поляризационный лидар для измерения матрицы обратного рассеяния света облаков верхнего яруса</b>	104
<i>Томский государственный университет</i>	
<i>Свириденков М.А.</i> <b>Восстановление микроструктуры субмикронного аэрозоля по данным различных типов нефелометров закрытого объема</b>	105
<i>Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН</i>	
<i>Ситников Н.М., Борисов Ю.А., Акмулин Д.В., Чекулаев И.И., Ефремов Д.И., Ситникова В.И., Поповичева О.Б., Улановский А.Э.</i> <b>Мониторинг окружающей среды с использованием беспилотных летательных аппаратов/Environmental monitoring using unmanned aerial vehicles (UAV)</b>	106
<i>Центральная аэрологическая обсерватория</i>	
<i>Угольников О.С., Маслов И.А.</i> <b>Восстановление температурного профиля и исследования метеорной пыли в мезосфере на основе широкоугольных поляризационных измерений фона сумеречного неба</b>	107
<i>Институт космических исследований РАН</i>	
<i>Фадеев А.В., Пожар В.Э.</i> <b>Автоматизированный газоаналитический комплекс на основе акустооптического спектрометра</b>	108
<i>Научно-технологический центр уникального приборостроения РАН</i>	
<i>Цицкишвили М.С., Минашкин В.М., Гришин Ю.П., Иорданский М.А.</i> <b>Радиовизуализация аэрозольного облака – изделие «Метка»</b>	109
<i>Академия экологических наук Грузии, Физико-химический институт им. Л.Я. Карпова</i>	
<b>Индекс авторов</b>	110

**ДИНАМИКА ОБЩЕГО АЭРОЗОЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ В  
КИСЛОВОДСКЕ И НЕКОТОРЫХ РАЙОНАХ ГРУЗИИ В 1941-1990 ГГ.**

А.Г. Амиранашвили<sup>1</sup>, К.А.Таварткиладзе<sup>2</sup>, А.А. Кириленко<sup>3</sup>,  
З.В. КОРТУНОВА<sup>3</sup>, Н.П. Поволоцкая<sup>3</sup>, И.А.Сеник<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Институт геофизики им. М. Нодиа

Тбилисского государственного университета им И. Джавахишвили, г. Тбилиси, Грузия

<sup>2</sup>Институт географии им. Вахушти Багратиони

Тбилисского государственного университета им И. Джавахишвили, г. Тбилиси, Грузия

<sup>3</sup>ФГБУ «Пятигорский государственный научно-исследовательский институт курортологии  
федерального медико-биологического агентства», г. Пятигорск, Россия

<sup>4</sup>Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия

Аэрозольная оптическая толщина атмосферы (АОТ) и коэффициент прозрачности атмосферы (КП) являются одними из важных характеристик общего аэрозольного загрязнения воздуха. Эти параметры можно определить по данным актинометрических измерений прямой солнечной радиации, что позволяет получить длинные временные ряды уровней общего аэрозольного загрязнения атмосферы путем использования реальных и многолетних архивных данных. Ранее нами были проведены сравнительные исследования динамики аэрозольного загрязнения атмосферы в Тбилиси (столица Грузии), Цалке (экологически чистый высокогорный район Грузии) и Кисловодске (известный курорт России) [1,2].

В настоящем исследовании, являющемся продолжением вышеуказанных, представлены результаты обобщенного анализа статистической структуры АОТ в Тбилиси, Телави, Сенаки, Анасеули, Цалке (Грузия) и КП в Кисловодске в 1941-1990 гг. (стандартный статистический анализ, автокорреляционный анализ, определение периодичностей, выявление составляющих трендов и случайных компонент и др.). В частности получено, что между реальными значениями указанных параметров на станциях Грузии и в Кисловодске отмечается высокая линейная корреляционная связь ( $-0.78 \div -0.85$ ); динамика общего аэрозольного загрязнения атмосферы в указанных городах мало отличается друг от друга (полиномы четвертой степени). Среднегодовые значения АОТ и КП достаточно чувствительны к росту аэрозольного загрязнения атмосферы, происходящего, по крайней мере, в результате мощной вулканической деятельности (Агунг, Эль-Чичон и др.). После извержения этих вулканов отмечается рост АОТ и, соответственно, уменьшение КП. Отмечаются некоторые различия в структуре рядов наблюдений (автокорреляция, характер периодичность и др.).

1. Амиранашвили А.Г., Таварткиладзе К.А, Кириленко А.А., КОРТУНОВА З.В., Поволоцкая Н.П., Сеник И.А. Динамика аэрозольного загрязнения атмосферы в Тбилиси и Кисловодске // Тр. Ин-та Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. ISSN 1512 – 0902. Т.119. Тбилиси. 2013. С. 212-215.

2. Амиранашвили А., Кириленко А., КОРТУНОВА З., Поволоцкая Н., Сеник И., Таварткиладзе К. - Изменчивость аэрозольного загрязнения атмосферы в Цалке и Кисловодске в 1941-1990 гг., Proc. of Int. Conf. "Modern Problems of Geography", Dedicated to the 80<sup>th</sup> Anniversary Since the Foundation of Vakhushthi Bagrationi Institute of Geography, Collected Papers New Series. N 5(84). ISSN 2233-3347. Tbilisi. 2013. P. 178-181.

**МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА  
АЭРОЗОЛЯ НА РАЗНЫХ ВЫСОТАХ**

М.Ю. Аршинов, Б.Д. Белан, С.Б. Белан, Д.К. Давыдов, Г.А. Ивлев, А.В. Козлов, Т.М. Рассказчикова,  
Д.В. Симоненков, Т.К. Скляднева, Г.Н. Толмачев, А.В. Фофонов  
*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

Атмосферные аэрозоли являются неотъемлемой частью атмосферы и объяснение всех сложных процессов, происходящих в ней, невозможно без подробной информации о спектре размеров аэрозольных частиц, их счетной и массовой концентрации, структуре, химическом и фазовом составе, а также пространственно-временной изменчивости этих характеристик, которые, в целом, неплохо изучены для приземного слоя атмосферы. Однако таких сведений о свойствах аэрозольных частиц в пограничном слое и в свободной атмосфере явно недостаточно для адекватного описания физико-химических свойств аэрозоля, его пространственно-временного распределения. Наиболее полную информацию о физико-химических свойствах аэрозоля возможно получить с помощью самолета-лаборатории, который практически не имеет альтернативы при исследовании атмосферы контактными методами выше приземного слоя.

В предлагаемой работе представлены результаты исследований неорганических ионов и элементов в аэрозоле слоя тропосферы от 500 до 7000 метров фонового юго-западного района Новосибирской области, полученные с 1997 по 2013 год в ходе зондировочных полетов самолета-лаборатории ИОА СО РАН «Оптик» (сначала на платформе Ан-30, а с 2011 г. – на базе Ту-134).

На основании полученных рядов массовых концентраций элементов и ионов были построены как усредненные по всему исследуемому слою атмосферы элементные и ионные матрицы аэрозоля, так и для каждого из высотного слоя зондирования, что позволило судить о высотных вариациях элементно-ионного состава аэрозоля. Анализ элементной матрицы аэрозоля показал ее хорошее соответствие элементной матрице земной коры, особенно по терригенным элементам.

Статистически обеспеченное количество данных по массовой концентрации элементов и ионов дало возможность построить кривые распределения концентраций и рассмотреть их высотные вариации.

На основании полученных рядов массовых концентраций элементов и ионов на отдельных высотах были построены вертикальные профили концентраций для различных синоптических условий и различных воздушных масс, имеющих место быть во время исследовательских полетов.

Для объяснения получаемых в ходе экспериментов распределения концентраций элементов и ионов в составе аэрозоля были проанализированы обратные траектории движения воздушных частиц, приходящих в районы маршрутов на исследуемых высотах.

В целом для неорганических компонентов аэрозоля характерно уменьшение их концентраций с высотой. Однако в отдельные дни наблюдались повышенные концентрации в слоях выше 3000 метров. В большинстве случаев, как показал анализ обратных траекторий воздушных частиц, такие концентрации относились к аномалиям, связанным с дальним переносом в высоких слоях тропосферы.

Исследования проведены при поддержке Фонда глобальных исследований окружающей среды для Национальных институтов Министерства окружающей среды Японии и РФФИ (гранты № 11-05-93118, № 14-05-00526 и № 14-05-00590), а также программ Президиума РАН № 4 и ОНЗ РАН № 5, междисциплинарных интеграционных проектов СО РАН № 35, № 70 и № 131.

**МИКРОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ПЕРЕНОС  
САЖЕВОГО АЭРОЗОЛЯ В СТРАТОСФЕРЕ**

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

*Институт естественных наук Уральского федерального университета, г. Екатеринбург, Россия*

В докладе обсуждается комплекс вопросов, связанных с присутствием, возможным накоплением и динамическим поведением частиц сажи на больших высотах (в верхней тропосфере и средней стратосфере). Представлены результаты моделирования микрофизических и оптических характеристик для моделей сферических и фрактало-подобных частиц сажи. Анализируются результаты сопоставления теории и лабораторных экспериментов по измерению скоростей фотофоретического движения частиц сажи, обсуждаются возможные подходы к разработке последовательной газо-кинетической теории движения фрактало-подобных частиц в поле направленного излучения. Обсуждаются полученные ранее результаты теоретического анализа фотофоретического движения сажевого аэрозоля для модели сферических частиц в поле солнечного и уходящего теплового излучения в условиях стационарной атмосферы. Анализ полученных результатов вновь подтверждает возможность существенных фотофоретических проявлений для частиц сажевого аэрозоля в стратосфере: «солнечный» фотофорез может рассматриваться как эффективный механизм вертикального переноса поглощающих субмикронных частиц, а «тепловой» фотофорез – частиц микронного размера до высот средней стратосферы. Фотофоретические силы могут конкурировать с силой тяжести до высот  $\sim 35$  км для частиц субмикронного и микронного размера. Проанализированы высотные, временные и широтные зависимости зонально-усредненного вертикального ветра как основного конкурента фотофоретического переноса частиц по данным модели общей циркуляции атмосферы УКМО. Показано, что восходящий ветер в состоянии обеспечить вертикальный подъем против силы тяжести достаточно крупных (до 3–5 мкм) аэрозольных частиц с плотностями до  $1,50 \text{ г/см}^3$  на высотах стратосферы и мезосферы. Вертикальный ветер, по всей видимости, является существенным фактором движения частиц вплоть до высот 30–40 км и может значительно изменять скорости оседания и времена пребывания аэрозольных частиц в стратосфере. Структура поля усредненного вертикального ветра допускает возможность образования динамически устойчивых аэрозольных слоев в средней стратосфере.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (грант № 13-01-00638).

**ОСОБЕННОСТИ РАССЕЯНИЯ СВЕТА НА АТМОСФЕРНЫХ ЛЕДЯНЫХ КРИСТАЛЛАХ**

А.Г. Боровой, А.В. Коношонкин, Н.В. Кустова

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

В отличие от аэрозоля, рассеяние света на ледяных кристаллах перистых облаков имеет ряд особенностей. В частности, если кристаллы имеют преимущественную ориентацию в пространстве, индикатрисы рассеяния на сфере направлений рассеяния выглядят как яркие кривые линии или пятна, называемые гало. Даже для хаотически ориентированных кристаллов гало остаются в виде ярких кругов. В рамках геометрической оптики интенсивность света в гало обращается в бесконечность и для корректного расчета, как интенсивности рассеянного света, так и поляризационных характеристик, приближение геометрической оптики оказывается неприемлемым. Прямые численные методы решения уравнений Максвелла оказываются также непригодными из-за повышенных требований к ресурсам компьютеров. В настоящее время для решения задачи рассеяния света на атмосферных ледяных кристаллах используется IGOM- метод (improved geometric-optics method) разрабатываемый под руководством Ping Yang (Texas University, USA) [1], который требует также значительных компьютерных ресурсов и имеет ряд принципиальных недостатков. Как альтернатива этому методу, авторы данного доклада разработали метод физической оптики, который доведен до надежно работающих численных алгоритмов и может быть реализован на стандартных персональных компьютерах. В частности, в наших расчетах основное внимание уделяется расчету матрицы рассеяния света на ледяных кристаллах перистых облаков в направлении рассеяния назад, что актуально для лидарных исследований облачной атмосферы [2 - 4].

1 Yang P, Liou KN. Geometric-optics-integral-equation method for light scattering by nonspherical ice crystals. *Appl Opt* 1996;35:6568–84.

2 Borovoi A, Konoshonkin A, Kustova N. The physical-optics approximation and its application to light backscattering by hexagonal ice crystals, *JQRST* 2014; 146; 181-9.

3 Borovoi A, Konoshonkin A, Kustova N. Backscattering by hexagonal ice crystals of cirrus clouds. *Opt Lett* 2013;38:2881–4.

4 Borovoi A, Konoshonkin A, Kustova N, Okamoto H. Backscattering Mueller matrix for quasi-horizontally oriented ice plates of cirrus clouds: application to CALIPSO signals. *Opt Express* 2012;20:28222–33.

**ИССЛЕДОВАНИЕ АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ В РАБОТАХ  
Г.В. РОЗЕНБЕРГА, Л.М. ЛЕВИНА И А.Г. ЛАКТИОНОВА.  
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ ПОДХОД**

А.Н. Вульфсон

*Институт проблем нефти и газа РАН, г. Москва, Россия*

Представлены результаты теоретического и экспериментального исследования конденсационного изменения микроструктуры атмосферного аэрозоля в приземном и приземном слое [1]. Развита теория конденсационного укрупнения размеров частиц атмосферного аэрозоля и их уменьшения в процессе испарения с учётом эффекта термодинамического гистерезиса [2]. Рассмотрены вопросы термодинамического описания гетерогенной конденсации как методом химической термодинамики Льюиса, так и вариационным методом Гиббса [3]. Обсуждаются модели микроструктуры влажного континентального и океанического аэрозоля и атмосферных ядер конденсации.

1. Розенберг Г.В. – Свойства атмосферного аэрозоля по данным оптического исследования. // «Изв. АН СССР» 1967. Т. 3. № 9.
2. Левин Л.М. – Исследования по физике грубодисперсных аэрозолей. // М., «Изд-во АН СССР» 1961. 267 с.
3. Лактионов А.Г. – Равновесная гетерогенная конденсация. // Л. «Гидрометиздат» 1988. 160 с.

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ВЕТРОПЕСЧАНОМ  
ПОТОКЕ НА ОПУСТЫНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ**

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

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

Г.В. Розенберга интересовало влияние электрических эффектов на аэрозоль [1]. Поэтому исследование электрических процессов в ветропесчаном потоке мы рассматриваем как развитие предложенных Г.В. Розенбергом подходов к исследованию атмосферного аэрозоля.

В 2005 г. на опустыненной территории в Калмыкии нами были выполнены измерения флуктуаций электрических токов сальтации, которые как оказалось, на 5 – 6 порядков больше электрического тока хорошей погоды [2].

Дальнейшие исследования показали, что межуровневые корреляции модулей электрических токов сальтации значительно теснее корреляций самих токов сальтации [3]. Были выполнены измерения удельного заряда сальтирующих песчинок с учётом знакопеременности электрических токов сальтации [3]. Получены средние вертикальные профили положительных и отрицательных зарядов в ветропесчаном потоке.

Получены оценки влияния электрических сил на траектории сальтирующих песчинок.

1. Kapsutin V.N., Rosenberg G.V., Ahlquist N.C., Covert D.S., Vaggoner A.P., Charlson R.I. Characterization of nonspherical atmospheric aerosol particles with electrooptical nephelometry //Appl. Optics. 1980. V. No 8, P. 1345 – 1348.

2. Горчаков Г.И., Копейкин В.М., Исаков А.А., Карпов А.В. и др. Электрические токи сальтации в ветропесчаном потоке //Доклады АН. 2006. Т. 410, № 2. С. 259 – 262.

3. Горчаков Г.И., Копейкин В.М., Карпов А.В., Бунтов Д.В., Соколов А.В. Удельный заряд сальтирующих песчинок на опустыненных территориях //Доклады АН. 2014. Т. 456, № 4.

**Г.В. РОЗЕНБЕРГ И ОПТИКА АЭРОЗОЛЯ**

Г.И. Горчаков, М.А. Свириденков, А.С. Емиленко,  
А.А. Исаков, В.М. Копейкин

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

Оптика аэрозоля была предметом постоянных интересов Г.В. Розенберга. В начале 50-х годов XX века он поставил задачу экспериментального исследования матрицы рассеяния света. Совместно с И.М. Михайлиным он показал, что рассеянный атмосферным аэрозолем свет может быть эллиптически поляризован [1]. Были выполнены измерения компонент матрицы рассеяния света фотографическим методом [2] и создан лабораторный стокс – поляриметр с использованием схемы модуляции Г.В. Розенберга.

Много внимания Г.В. Розенберг уделял исследованиям атмосферного аэрозоля сумеречным методом [3]. С приходом космической эры Г.В. Розенберг проявил себя научным лидером спутниковых исследований атмосферного аэрозоля [4, 5].

Под руководством Г.В. Розенберга на Звенигородской научной станции ИФА РАН был создан уникальный оптический комплекс и выполнены комплексные оптические измерения, благодаря которым были получены новые данные и уточнены представления об атмосферном аэрозоле [6]. Развитие метода обратной задачи светорассеяния [7] способствовало становлению представления об атмосферном аэрозоле как системе фракций.

Г.В. Розенберг рассматривал атмосферный аэрозоль как процесс [8], который можно успешно исследовать оптическими методами [9]. Много внимания Г.В. Розенберг уделял исследованиям влияния влажности воздуха на оптические и микрофизические характеристики аэрозоля.

Организованные Г.В. Розенбергом крупномасштабные экспедиции по исследованию атмосферного аэрозоля на Карадаг, на остров Сааремаа, в Абастумани [10] и в Таджикистан существенно расширили наши представления об изменчивости атмосферного аэрозоля.

Развитые Г.В. Розенбергом с сотрудниками представления об атмосферном аэрозоле не потеряли актуальность и представляют собой прочный фундамент современных исследований физики атмосферного аэрозоля.

1. Михайлин И.М., Розенберг Г.В. Экспериментальное обнаружение эллиптичности поляризации рассеянного света // Доклады АН. 1958. Т. 122, № 1. С. 62 – 64.
2. Прожекторный луч в атмосфере (под общей редакцией Г.В. Розенберга). М.: Изд-во АН СССР, 1971.
3. Розенберг Г.В. Сумеречные явления, их природа и использование для исследования атмосферы // УФН. 1963. Т. 79, № 3. С. 441 – 522.
4. Розенберг Г.В., Николаева – Терешкова В.В. Стратосферный аэрозоль по измерениям с космического корабля // Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана. 1965. Т. 1, № 4. С. 377 – 385.
5. Розенберг Г.В., Сандомирский А.Б. Определение высотного хода коэффициента рассеяния по фотографиям земного горизонта Земли, полученным с космического корабля «Восход» // Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана. 1967. Т. 3. № 2. С. 151 – 164.
6. Розенберг Г.В., Горчаков Г.И., Георгиевский Ю.С., Любовцева Ю.С. Оптические параметры атмосферного аэрозоля // Физика атмосферы и проблема климата. М.: Наука, 1980. С. 216 – 257.
7. Розенберг Г.В. Определение микрофизических параметров аэрозоля по данным комплексных измерений // Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана. 1976. Т. 12, № 11. С. 1159 – 1167.
8. Розенберг Г.В. Возникновение и развитие аэрозоля – кинетически обусловленные параметры // Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана. 1983. Т. 19. № 1. С. 21 – 35.
9. Розенберг Г.В. Оптические исследования атмосферного аэрозоля // УФН. 1968. Т. 95, № 1. С. 159 – 208.
10. Розенберг Г.В., Любовцева Ю.С., Горчаков Г.И. Фоновый аэрозоль Абастумани // Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана. 1982. Т. 18. № 8. С. 822 – 839.

**АРАЭКС – 81 И РАЗВИТИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ПЫЛЕВОГО АЭРОЗОЛЯ**

Г.И. Горчаков, М.А. Свириденков, А.С. Емиленко, А.А. Исаков,  
А.В. Карпов, В.М. Копейкин, Г.А. Курбатов

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

Г.В. Розенберг считал очень важной задачей исследование свойств минерального или пылевого аэрозоля. В 1981 г. он организовал большую комплексную экспедицию по исследованию аридного аэрозоля АРАЭКС – 81. В рамках этой экспедиции были выполнены исследования свойств пылевого аэрозоля в Гиссарской долине Таджикистана. В частности, была измерена матрица рассеяния света пыльной мглой [1]. Позже в Таджикистане была проведена международная экспедиция под руководством Г.С. Голицына. В этой экспедиции по данным ореольных измерений была восстановлена микроструктура пылевого аэрозоля в толще атмосферы [2]. В 1998 г. в Приаралье были выполнены измерения скорости выноса аэрозоля с опустыненной территории [3].

В XXI веке исследования механизма выноса аэрозоля с опустыненных территорий проводились в Калмыкии и Астраханской области. Выполнено исследование процесса сальтации песчинок с использованием скоростной видеосъемки [4] и измерения вертикальных турбулентных потоков аэрозоля корреляционным и градиентным методами в диапазоне размеров частиц от 0.5 до 5.0 мкм.

1. Горчаков Г.И., Емиленко А.С., Исаков А.А., Метревели Д.Н., Свириденков М.А., Сидоров В.Н. Свойства приземного аэрозоля // Оптика атмосферы и аэрозоль. М.: Наука, 1986. С. 42 – 65.

2. Исаков А.А., Свириденков М.А., Лукшин В.В. О микроструктуре аэрозоля пыльной мглы и городской дымки в Душанбе // Советско – американский эксперимент по изучению аридного аэрозоля. (под общей ред. Г.С. Голицына). Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1992. С. 166 – 171.

3. Gorchakov G.I., Koprov V.M., Shukurov K.A. Vertical Turbulent Aerosol Fluxes over Desertized Areas // *Izv., Atmospheric and Oceanic Physics*. 2002. V. 38. Suppl. 1. P.S. 138 -147.

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

**МИКРОФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ  
АЭРОЗОЛЕЙ И ПОЧВ КАЛМЫКИИ**

Д.П. Губанова<sup>1</sup>, М.С. Артамонова<sup>2</sup>, М.А. Иорданский<sup>1</sup>, Т.М. Кудерина<sup>3</sup>, В.А. Лебедев<sup>1</sup>,  
В.М. Минашкин<sup>1</sup>, Ю.И. Обвинцев<sup>1</sup>, О.Г. Чхетиани<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Физико-химический институт им. Л.Я. Карпова, г. Москва, Россия*

<sup>2</sup>*Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия*

<sup>3</sup>*Институт географии РАН, г. Москва, Россия*

На радиационно-климатические процессы существенное воздействие оказывают параметры атмосферных аэрозолей, влияющие на рассеяние и поглощение оптического излучения в атмосфере. Оптические и микрофизические свойства аэрозольных частиц претерпевают сильную изменчивость в пространстве и времени. Большие вариации оптических характеристик связаны с изменчивостью концентрации частиц, вариациями их химического состава и морфологии. Поэтому, несмотря на многочисленные исследования, представляет большой интерес исследование микрофизических и химических параметров аэрозолей, и, в частности, в аридных зонах, которые являются одними из основных источников естественного происхождения атмосферных аэрозолей.

В данном докладе представлены результаты исследований массовой концентрации, микрофизических и химических параметров аэрозольных частиц и корреляционных связей между ними, а также результаты сравнительного анализа элементного состава аэрозолей и почв Калмыкии.

В работе использовались данные многолетних наблюдений микрофизических и химических параметров атмосферных аэрозолей над опустыненными участками степных зон Калмыкии.

Исследованы условия возникновения эмиссии мелкодисперсных аэрозолей с поверхности песчаного грунта Калмыкии, подтверждающие существование различных механизмов образования и подъема аэрозольных частиц в атмосферу. Изучен состав песчаных почв и аэрозольных частиц в приземном слое полупустынных зон Калмыкии, выявлено преобладание фракции мелкого песка по сравнению с фракциями ила, среднего и крупного песка. По химическому составу песок – алюминиево-кремневый. Подтверждена идентичность химического состава мелкодисперсной фракции почвы и аэрозоля. Получены характерные значения массовой и счетной концентрации аэрозольных частиц в полупустынных зонах Калмыкии в летний период. Массовая концентрация в различные периоды наблюдений и в разные годы составила от нескольких десятков до нескольких сотен мг/м<sup>3</sup>. Значительное увеличение массовой концентрации наблюдается при усилении ветра. Определен спектр размеров частиц, исследованы характерные временные зависимости счетной и массовой концентрации аэрозольных частиц, а также влияние на них метеопараметров.

Настоящие исследования выполнены при поддержке РФФИ (проект № 13-05-01025) и Программы Отделения наук о Земле РАН № 19.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ АЭРОЗОЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ  
АТМОСФЕРЫ ПРИ ПОМОЩИ ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНОЙ  
МИКРОВОЛНОВОЙ АППАРАТУРЫ**

Е.Н. Кадыгров, А.Г. Горелик, Т.А. Точилкина

*Центральная аэрологическая обсерватория, г. Долгопрудный, Россия*

Сопоставление данных теоретических расчетов уровня излучения безоблачной атмосферы в микроволновом и ИК диапазонах длин волн с результатами натуральных измерений указывают на их значительное расхождение. Особенно оно велико в окне прозрачности атмосферы 8 - 12 мкм. В теоретических моделях влияние аэрозоля, в том числе и дымки, на перенос микроволнового излучения не учитывается. Проведенные ранее микроволновые и ИК радиометрические измерения показали существенное влияние водяного пара и аэрозоля, особенно дымки, на уровень принятого излучения. Отмечалось, что на взаимосвязь между этими величинами существенно влияют как размеры частиц, так и сконденсированная на аэрозольных частицах влага. Отмечено, что при увеличении общего содержания в атмосфере водяного пара роль дымки нелинейно увеличивается. На это указывают микроволновые измерения в полосе поглощения 1.35 см. В докладе приводятся параметры новой аппаратуры, методика синхронных измерений, методика обработки данных, которые получены с помощью высокочувствительной и высокостабильной радиометрической аппаратуры, имеющей совмещенное в пространстве поле обзора в диапазоне длин волн 13.5-5 мм (измерительный комплекс «Микрорадком»). Показано, что разработанные методики позволяют существенно облегчить геофизическую интерпретацию измерений, выполненных в различные сезоны года. В докладе приводятся данные, указывающие на возможность путем одновременного определения содержания водяного пара, жидкой воды и температурного режима оценить наличие обводненного аэрозоля и определить условия, способствующие образованию дымки и тумана. В качестве параметров, которые используются для анализа результатов микроволновых измерений, применяются корреляционные связи между уровнем излучения, пришедшего из одного и того же объема пространства в окнах прозрачности и в максимуме поглощения атмосферных газов с постоянной и переменной концентрацией (молекулярного кислорода и водяного пара соответственно). Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ, проект 14-05-00038.

**ИЗМЕРЕНИЯ ТУРБУЛЕНТНЫХ ПОТОКОВ АЭРОЗОЛЯ  
КОРРЕЛЯЦИОННЫМ И ГРАДИЕНТНЫМ МЕТОДАМИ**

А.В. Карпов

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

На опустыненных территориях в Астраханской обл. выполнены измерения флуктуаций счетных концентраций аэрозоля и турбулентных пульсаций компонент скорости ветра [1]. На двух уровнях в приземном слое атмосферы выполнены измерения суммарных концентраций частиц аэрозоля с помощью фотоэлектрических счетчиков частиц ОЭАС-05.

Корреляционным методом определены вертикальные турбулентные потоки аэрозоля и скорости выноса аэрозоля с подстилающей поверхности в диапазоне размеров частиц от 0.5 до 5.0 мкм. Получены оценки скорости выноса аэрозоля по данным градиентных измерений. Данные измерений вертикальных турбулентных потоков аэрозоля двумя методами удовлетворительно согласуются друг с другом.

1. Карпов А.В. Флуктуации микроструктуры грубодисперсного и субмикронного аэрозоля на опустыненной территории // Оптика атмосферы и океана. 2008. Т.21. №10. С. 844-849.

**РАЗРАБОТКА МИКРОФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ НА  
ОСНОВЕ AERONET ИЗМЕРЕНИЙ В БЕЛАРУСИ И ПОЛЬШЕ**

И.Л. Кацев, А.П. Иванов, Я.О. Грудо

*Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь*

Описана статистическая микрофизическая модель атмосферного аэрозоля для весенне-летне-осеннего периода для территорий Республики Беларусь и Польши, разработанная на основе многолетних измерений станций AERONET [1]. Модель может быть использована в итерационном процессе восстановления оптических характеристик атмосферы Земли по многоспектральным спутниковым данным [2]. Согласно этой модели аэрозоль состоит из двух фракций (мелкая и крупная) с логнормальным распределением частиц по размерам в каждой из них с фиксированными значениями средних размеров (0.165 и 2.95 мкм) и среднеквадратичных отклонений (0.44 и 0.67), а также с фиксированными значениями действительной (1.47) и мнимой (0.015) частей показателя преломления. Крупная фракция аэрозоля состоит из двух частей: сферических и несферических (сфероидальных) частиц. Доля сферичности равна  $1.04 - 0.255V_c/V_f$ . Единственным переменным параметром такой модели является соотношение объемных концентраций мелкой  $V_f$  и крупной  $V_c$  фракций. В соответствии с классификацией [5,6] Беларусь, как и Польша и вся Западная Европа, попадают в регион с умеренно поглощающим аэрозолем. Поэтому можно надеяться, что модель аэрозоля, выработанная на основании совместного анализа измерений в Беларуси и Польше, окажется пригодной для обработки многоспектральных спутниковых данных для всей Европы.

1. Holben B. N. [et al.] // Remote Sens. Environ. 1998. V.66. P. 1 – 16.
2. Katsev I.L. [et al.] // Satellite Aerosol Remote Sensing over Land, A.A. Kokhanovsky and G.de Leeuw, eds., Springer-Praxis, Berlin. 2009. P. 101-134.
3. R. C. Levy, [et al.] // J. Geophys. Res., V. 112, N. D13, P. D13 211, 2007. DOI: 10.1029/2006JD007811.
4. Levy, R. C. // Satellite Aerosol Remote Sensing over Land, A.A. Kokhanovsky and G.de Leeuw, eds., Springer-Praxis, Berlin. 2009. P.33-82.

**TRANSMISSION AND REFLECTION SPECTRA OF ORDERED  
STRUCTURES OF SPHERICAL PARTICLES**

V.A. Loiko, A.A. Miskevich

*Stepanov Institute of Physics, National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus*

We have studied the transmission of light through a multilayer system of plane-parallel monolayers of monodisperse nonabsorbing spherical alumina particles at normal illumination in the wavelength range of 0.3–1.0  $\mu\text{m}$ . In the quasi-crystalline approximation of the theory of multiple scattering of waves, we have calculated the coefficients of coherent transmission and reflection of partially ordered monolayers of particles and monolayers of particles with a nearly regular packing (planar photonic crystals with a nonideal lattice).

Using the transfer matrix method, we have calculated the coefficients of coherent transmission and reflection of the multilayer system. Characteristic minima in transmission spectra of layers caused by the interference of waves have been described. One of these minima is determined by the concentration and optical properties of particles. It appears in the spectrum of a monolayer at ratios of wavelengths and particle sizes roughly corresponding to one of the main maxima of the extinction. The second minimum is determined by the regularity of distribution of particles in the plane of the monolayer. It occurs in the spectrum of the monolayer at particle sizes comparable with the wavelength. The third minimum is the photonic band gap. It appears in the spectrum of a multilayer structure at spacings between monolayers comparable with the wavelength and is caused by the periodicity of the structure.

The results make it possible to solve problems of monitoring of the degree of ideality of packing of particles by analysis of the spectral dependences of the coefficients of coherent transmission and reflection, problems of creating multilayer selective reflectors and bandpass filters, diffusers, and other elements based on alumina. The results of calculations agree well with the available experimental data for the position of the photonic band gap.

Loiko V.A., Miskevich A.A. Spectra of coherent transmission and reflection of ordered structures of spherical particles of alumina // *Optics and spectroscopy* 2013. **115**. 106-115.

Miskevich A.A., V.A. Loiko V.A. Layered periodic disperse structures of spherical alumina particles // *JQSRT*. 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jqsrt.2013.05.013>

**НАНОАЭРОЗОЛИ В АТМОСФЕРЕ**

А.А. Лушников, Ю.С. Любовцева

*Геофизический центр РАН, г. Москва, Россия*

Среди немногих ученых, снискавших славу в аэрозольной науке, имя профессора Георгия Владимировича Розенберга несомненно занимает первое место в ряду российских ученых, внесших вклад в исследования роли атмосферных аэрозолей в формирование оптического состояния атмосферы. Наряду с профессором Н.А. Фуксом его можно отнести к основателям современной теории образования атмосферных аэрозолей и их эволюции в атмосфере.

В этом сообщении мне хотелось бы продемонстрировать как идеи Г.В., родившиеся более трех десятков лет назад обрели новое содержание и подтвердили правильность его предвидений.

Субмикронные аэрозоли природного происхождения привлекали внимание многих исследователей в то время. Это было связано с оптической активностью частиц субмикронного аэрозоля. Но откуда такие частицы берутся – задумывались очень немногие. Несмотря на популярность тематики и затраченные на это средства, я не могу сказать, что произошли принципиальные сдвиги в нашем понимании механизмов возникновения субмикронных частиц. Уже в то время было ясно, что предшественники субмикронных частиц являются еще более мелкие (нано-) частицы. Но и они должны образовываться в результате ряда внутриатмосферных процессов, ни природа которых, ни все их участники не известны до сих пор.

Регулярное изложение принципов рассмотрения физико-химических процессов, ответственных за возникновение наноаэрозолей в атмосфере будет представлено в этом докладе. Будут рассмотрены:

1. нуклеационные механизмы (переход газ-частица),
2. конденсационный рост частиц,
3. коагуляционные процессы,
4. роль заряженных частиц в формировании атмосферных наноаэрозолей,
5. процессы зарядки аэрозольных частиц и их вклад в скорость производства атмосферных наночастиц.

Мне посчастливилось обсуждать все эти проблемы с Георгием Владимировичем, причем далеко не всегда наши мнения совпадали. Но во многих случаях Время рассудило в его пользу.

**ПЫЛЬНАЯ БУРЯ: ЗАПЫЛЕННОСТЬ И РАДИОАКТИВНОСТЬ АТМОСФЕРЫ  
НА ПРИМЕРЕ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС**

Б.И. Огородников

*Физико-химический институт им. Л.Я. Карпова, г. Москва, Россия*

Пыльная буря – опасное метеорологическое явление, влияющее на подстилающую поверхность, оптику атмосферы, ее запыленность и, в частности, радиоактивность. При этом с земли может подняться большое количество пылевых частиц. Их концентрация, минеральный состав, распределение по размерам зависят от скорости ветра, типа почвы, ее влажности, наличия и вида растительности и других факторов.

В первые годы после аварии на ЧАЭС специалисты ряда научных организаций наблюдали ухудшение видимости и резкое повышение содержания аэрозолей в зоне отчуждения ЧАЭС, в том числе радиоактивных. Так было в конце апреля, середине мая и третьей декаде июля 1987 г. На следующий год пыльная буря была зафиксирована в конце июля при средней скорости ветра 12-15 м/с. В данном сообщении рассмотрена буря 5-7 сентября 1992 г. Ее возникновение и развитие связано с прохождением вблизи зоны отчуждения ЧАЭС циклона, зародившегося 4 сентября над Балканами. Анализ синоптических карт в Гидрометцентре России позволил проследить маршрут оси циклона.

В Чернобыле и Припяти первое повышение средних скоростей ветра до 6-7 м/с отмечено в полдень 5 сентября. Утром 6 сентября холодный фронт со скоростью 7-10 м/с проходил над Киевом, а в 12 ч находился на линии Гомель-Бобруйск. В 18 ч к Киеву с юго-запада приблизилась новая волна холода, а в 21 ч она уже достигла Гомеля и Чернигова. В Гомеле пыльная буря началась в 12 ч и продолжалась до полуночи, пока не прошел короткий ливень и ветер ослабел до 7 м/с. Ночью 7 сентября циклон начал заполняться и через сутки рассеялся над Балтийским морем западнее Риги.

Отбор аэрозолей на материал ФПП-15-1,5 проводили на 24 пунктах зоны отчуждения ЧАЭС, на украинских метеостанциях в Остере и Щорсе и белорусских в Гомеле, Минске и Могилеве. Резкое увеличение запыленности атмосферы до 0,4 мг/м<sup>3</sup> было зарегистрировано в Гомеле, где до и после бури концентрация была на порядок величины ниже. В Мозыре она с «фоновой» величины 0,02-0,03 выросла до 0,2 мг/м<sup>3</sup>.

При пыльной буре концентрации радиоактивных аэрозолей – продуктов аварии увеличились на всех пунктах контроля в зоне отчуждения ЧАЭС. Так, на ОРУ-750 (0,5 км южнее ЧАЭС) 6 сентября с 14 до 17 ч средняя концентрация <sup>137</sup>Cs составила 0,2 Бк/м<sup>3</sup>, т.е. возросла в 20 раз, а на ОВД-2 в г. Припять (4 км северо-западнее ЧАЭС) с 12 до 16 ч 20 мин достигла 0,1 Бк/м<sup>3</sup>, увеличившись в 100 раз. В Минске, Мозыре, Остере и Щорсе концентрации радиоактивных аэрозолей-продуктов аварии в период пыльной бури увеличивались в 6-7 раз. Радиоактивные вещества были вынесены далеко за пределы зоны отчуждения ЧАЭС. Так, 7-8 сентября в пригороде Вильнюса (500 км от Чернобыля) концентрация <sup>137</sup>Cs существенно превысила «фон» и составила 5,2 мБк/м<sup>3</sup>.

**ЯРКОСТЬ БЕЗОБЛАЧНОЙ АТМОСФЕРЫ И АЛЬБЕДО ПОДСТИЛАЮЩЕЙ  
ПОВЕРХНОСТИ В БЛИЖНЕЙ ИК ОБЛАСТИ СПЕКТРА**

С.В. Орлов<sup>1</sup>, В.Е. Павлов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Россия

<sup>2</sup>Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия

Отмечая 100-летие со дня рождения профессора Г.В. Розенберга, следует сказать, что он был одним из ведущих специалистов по теории переноса излучения в атмосфере. Естественно, что при прошествии нескольких десятилетий, методы решения уравнения переноса существенно усовершенствовались. Особенно это касается метода Монте-Карло, развивавшегося в ИПМиМГ СО РАН под руководством Г.И. Марчука и Г.А. Михайлова. Постепенно в мировой практике расчеты яркости стали неотъемлемым инструментом интерпретации данных наблюдений на сети AERONET по изучению свойств атмосферного аэрозоля. Последующее развитие метода Монте-Карло позволило Т.Б. Журавлевой анализировать процессы распространения солнечного излучения в разрывной облачности.

Воспользовавшись разработанным ею программным обеспечением, нами рассмотрена несколько иная задача: оценка возможности разработки методик определения альbedo подстилающей поверхности из нисходящего ИК излучения в безоблачной атмосфере. Представим суммарную яркость для альмикантарата Солнца как  $B(E_0, Z, \tau, k, f_1(\varphi), q)$ , где  $E_0$  – спектральная солнечная постоянная,  $Z$  – зенитный угол Солнца,  $\tau$  – суммарная оптическая толщина из молекулярной и аэрозольной компонент,  $k$  – вероятность выживания кванта,  $f_1(\varphi)$  – суммарная (молекулярная+аэрозольная) индикатриса однократного рассеяния,  $q$  – альbedo подстилающей поверхности. Функция  $B_2$  входит в  $B$  и представляет собой компоненту многократного рассеяния  $B_2(E_0, Z, \tau, k, f_1(\varphi))$ . Соответственно,  $B_q$  – это составляющая яркости  $B$ , обусловленная отражением света от подстилающей поверхности  $B_q(E_0, Z, \tau, k, f_1(\varphi))$  с альbedo  $q$ . Отражение предполагается ортотропным.

Исходя из позиций теории переноса излучения, ИК область отличается от видимой минимальной оптической толщиной рассеяния, а следовательно и малостью величины  $B_2$ . В то же время ИК альbedo местности обычно составляет 0,3 и более, что заметно превышает таковое для видимой области (~0,1-0,2). Это влечет за собой возможность разработки методики определения  $q$ . Для этого было необходимо детально изучить роль приведенных выше параметров на компоненты яркости, что позволили выполнить результаты решения уравнения переноса. Именно в этом и состояла первая часть сформулированной задачи.

**О ПЕРИОДИЗАЦИИ ПРОЗРАЧНОСТИ ТОЛЩИ АТМОСФЕРЫ, 1906–2013**

Х.А. Охвирль<sup>1</sup>, Л.О. Нейман<sup>1</sup>, К.М. Каттай<sup>1</sup>,  
О.В. Окулов<sup>2</sup>, А.Г. Каллис<sup>2</sup>, В.К. Руссак<sup>3</sup>, Э.И. Терез<sup>4</sup>, Г.А.Терез<sup>4</sup>, Г.К. Гуштин<sup>5</sup>,  
Г.М. Абакумова<sup>6</sup>, Е.В. Горбаренко<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Тартуский университет, г. Тарту, Эстония

<sup>2</sup>Агентство по окружающей среде Эстонии, г. Таллин, Эстония

<sup>3</sup>Тартуская обсерватория, Тыравере, Эстония

<sup>4</sup>Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

<sup>5</sup>Карадагская научно-исследовательская геофизическая обсерватория, г. Феодосия

<sup>6</sup>МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Многолетние изменения прозрачности толщи атмосферы, полученные на основании измерений прямой интегральной солнечной радиации, позволяют оценивать загруженность воздуха аэрозолями, образование радиационного режима и условий дистанционного зондирования.

В работе основным исследуемым параметром выбран Бугеровский интегральный коэффициент прозрачности ( $p_2$ ), приведенный к высоте Солнца  $30^\circ$ . Этот коэффициент является простым и ясным по своему физическому смыслу, а также даёт возможность перейти на другие интегральные параметры прозрачности и мутности атмосферы, в том числе на спектральную аэрозольную оптическую толщину (АОТ500, АОТ550). Существует два независимых метода приведения, оба разработанные в 1988 г. соответственно Евневичем-Савиковсим и Мюрком-Охвирлем.

В докладе представлены многолетние ряды  $p_2$  для трёх различных европейских климатических зон: 1) Эстонии (Тарту-Тыравере и Тийрикоя), 2) Москвы (МО МГУ), 3) Крыма (Карадаг). В данном докладе эти ряды продлены до 2013 г. Для сравнения приведён ход  $p_2$  в Павловске, 1906–1936. Выделяются следующие закономерности.

1. Заметное уменьшение прозрачности после крупных вулканических извержений. Возвращение к прежнему уровню прозрачности происходит в течение двух-трех лет.
2. Высокие значения прозрачности в начале 20 века, в довоенное время, в конце 20 века.
3. Почти 40-летний падающий тренд прозрачности, 1945-1983/1984, т.н. *период потемнения*.
4. Уменьшение прозрачности, особенно в Москве, из-за летних лесных и болотных пожаров (1972, 2002, 2010).

Период, начиная с 1984, прерванный извержением Пинатубо, можно назвать *периодом осветления*, которому свойственна очень высокая прозрачность толщи атмосферы. Это хорошо прослеживается на «ковровых» графиках среднемесячных прозрачностей  $p_2$ . Поскольку за этот период практически не обнаружено увеличения влагосодержания атмосферы, то улучшение прозрачности произошло за счёт уменьшения аэрозольного загрязнения. Причиной уменьшения аэрозольной нагрузки является как отсутствие крупных вулканических извержений после 1991 г., так и уменьшение антропогенного загрязнения воздуха за счёт улучшения технологий, перемещения производства из Европы в Азию, и за счёт спада экономики в Восточной Европе в ходе крупных структурных реформ начиная с конца 1980 гг.

Работа выполнена при поддержке проекта «Эстонский радиационный климат» (Европейский фонд регионального развития, ERDF).

**МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ГЛАВНЫХ ИОНОВ В ПРИЗЕМНОМ РАСТВОРИМОМ АЭРОЗОЛЕ ЮЖНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ И ПРИМОРСКОГО КРАЯ**

В.Е. Павлов<sup>1</sup>, И.В. Хвостов<sup>1</sup>, Л.П. Голобокова<sup>2</sup>, Т.В. Ходжер<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия*

<sup>2</sup> *Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия*

Рассматривается вопрос о содержании главных ионов:  $\text{H}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  в приземном растворимом аэрозоле на территории юго-востока Сибири и Приморского края. Анализу подвергнуты аэрозольные пробы, отобранные на высокогорной станции Монды, в городе Иркутске, на станциях Листвянка (побережье Байкала) и Приморская (берег Тихого океана). Начавшееся в 2001 году и продолжающееся вплоть до настоящего времени систематическое исследование содержания ионов в приземном аэрозоле позволило оценить в первом приближении временные изменения их концентраций.

На станциях Иркутск, Листвянка и Приморская зимние концентрации ионов больше летних. Концентрация сорбированных в растворимом аэрозоле ионов  $C$  (мкг/л) зависят как от количества, так и от качества аэрозольных частиц. Роль антропогенного фактора, способствующего накоплению частиц в самом нижнем слое атмосферы, в холодное время года в городах и населенных пунктах вследствие появления инверсионных слоев становится более значимыми по сравнению с теплым периодом. То же самое можно отнести и к океану, поставляющему в береговую зону зимой большее число мелких частиц.

Существенные отличия наблюдаются для высокогорной станции Монды, где летние концентрации ионов больше зимних. Скорее всего, здесь роль космического фактора в формировании ионного состава атмосферы по сравнению с равнинными территориями становится весьма весомой. Высокая прозрачность атмосферы, длительная освещенность нижних слоев воздуха при высоком положении Солнца над горизонтом обеспечивают летом большие величины потоков ионизирующего ультрафиолетового излучения по сравнению с зимними условиями.

**ИДЕИ Г.В. РОЗЕНБЕРГА – ОСНОВА РАЗВИТИЯ ЭМПИРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ  
ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АЭРОЗОЛЯ**

М.В. Панченко, С.А. Терпугова, В.В. Польшин, В.С. Козлов, А.Г. Тумаков,  
В.П. Шмаргунов, Е.П. Яушева, Д.Г. Чернов, Вас.В. Польшин  
*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

В настоящее время, по заключению Межправительственной группы по изучению изменений климата (IPCC), наиболее низкий уровень научного понимания при оценках радиационного воздействия различных составляющих атмосферы присвоен проблеме аэрозоля. Отсюда, дальнейшее развитие численных моделей общей циркуляции атмосферы, где радиационный блок является одним из важных элементов, диктует необходимость достижения соответствующего уровня базовых сведений об основных оптических характеристиках аэрозоля. Понятно, что как бы ни были совершенны аналитические и численные методы решения радиационных задач, успешность прогноза климатических изменений в конечном итоге будет определяться надежностью и достоверностью сведений об реальных оптических параметрах атмосферы и правильностью учета их изменчивости под влиянием внешних факторов.

Важную, базовую роль, выходящую далеко за пределы и сегодняшнего уровня, в развитии знаний о «жизни» атмосферных частиц и методологии разработки эмпирических моделей сыграли идеи Г.В. Розенберга и широкомасштабные комплексные исследования, проведенные в коллективе ИФА РАН.

Именно в это время были заложены основы перехода от простых наблюдений аэрозольных характеристик в реальной атмосфере к постановке измерений с активными воздействиями (контролируемое изменение относительной влажности и температуры) и применение предложенного Г.В. Розенбергом «метода микрофизической экстраполяции», которые в настоящее время развиваются в наших коллективах.

В связи с наблюдающимися климатическими изменениями и вытекающими отсюда новыми требованиями к моделированию радиационных характеристик атмосферы, в научном сообществе возникло понимание острой необходимости детального изучения *соотношения рассеивающих и поглощающих свойств* атмосферного аэрозоля. Именно это обстоятельство определило интенсивное развитие инструментальной базы и начало нового этапа постановки широкомасштабных комплексных экспериментов и рутинных наблюдений.

В предлагаемом докладе обсуждается развиваемый нами подход к формированию и совершенствованию эмпирической модели оптических характеристик тропосферного аэрозоля для Западной Сибири, учитывающей его рассеивающие, поглощающие и гигроскопические свойства. Модель основана на данных многолетнего самолетного зондирования атмосферы Западной Сибири и призвана обеспечить восстановление необходимого набора параметров для расчета оптических характеристик, необходимых для радиационных расчетов в видимой области спектра. Также в работе представлен обзор результатов измерений рассеивающих и поглощающих характеристик субмикронного аэрозоля в различных географических районах планеты.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ГИГРОСКОПИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АЭРОЗОЛЯ  
МЕТОДОМ АКТИВНОЙ СПЕКТРОНЕФЕЛОМЕТРИИ**

М.В. Панченко, С.А. Терпугова, Е.П. Яшева, В.С. Козлов, В.В. Полькин, Д.Г. Чернов, В.П. Шмаргунов  
*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

Трансформация микрофизических характеристик атмосферного аэрозоля при взаимодействии с парами воды является одним из наиболее важных факторов, определяющих оптические свойства атмосферы. В ключевой работе Г.В. Розенберга [1], которая во многом определила постановку целенаправленных исследований, показано, что «...состояние атмосферного аэрозоля регулируется, с одной стороны, сложным комплексом геофизических факторов, обуславливающих сравнительно консервативные свойства воздушной массы, а именно концентрацию и природу взвешенных в ней ядер конденсации, ... а с другой стороны, мгновенное состояние взвешенных в воздухе частиц целиком определяется степенью их обводненности, которая регулируется ... относительной влажностью воздуха». Именно поэтому на основе только наблюдательных данных (микрофизических или оптических) не удастся корректно выявить влияние относительной влажности на фоне общей изменчивости аэрозольного состояния атмосферы. Отсюда и родилась идея отдельного изучения характеристик *in situ* сухой основы атмосферного аэрозоля (при нулевой относительной влажности) и их трансформации в процессе искусственного увлажнения.

Этот подход был реализован в методе активной спектронефелометрии [2], который развивается в ИОА СО РАН и внедрен в практику рутинных наблюдений в реальной атмосфере.

Важной частью метода является измерение гигрограмм, т.е. зависимостей коэффициента рассеяния от относительной влажности воздуха при контролируемом увлажнении поступающего из атмосферы в нефелометр аэрозоля в диапазоне  $\approx 20 - 90\%$ .

В работе обсуждаются результаты многолетних исследований, ведущихся с 1998 г. на Аэрозольной станции ЛОА ИОА СО РАН. Выявлены характерные черты годового хода параметра конденсационной активности субмикронного аэрозоля, оценена межгодовая изменчивость. В долговременном ходе параметра конденсационной активности, наряду с годичным циклом и его второй гармоникой, прослеживается тенденция более медленных колебаний  $\sim 6-7$  лет. Также было обнаружено, что в только в  $\sim 60\%$  реализаций гигрограмма во всем диапазоне изменения относительной влажности может быть описана однопараметрической зависимостью. В  $\sim 30\%$  случаев на гигрограммах наблюдается выраженный фазовый переход.

Проанализировано влияние разных воздушных масс на величину параметра конденсационной активности и вида гигрограмм для каждого из сезонов. Показано, что формирование основных оптических характеристик субмикронного аэрозоля регулируется процессами, по крайней мере, регионального масштаба.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы» (Соглашение № 14.604.21.0100).

**О ВОЗМОЖНОСТИ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ ОСНОВНЫХ МИКРОФИЗИЧЕСКИХ,  
ОПТИЧЕСКИХ И РАДИАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОДНОРОДНЫХ  
ОБЛАЧНЫХ СЛОЕВ СМЕШАННОГО ФАЗОВОГО СОСТАВА**

А.Г. Петрушин

*НИЯУ МИФИ ИАТЭ, г. Обнинск, Россия*

Рассмотрены основные оптические характеристики рассеяния излучения в облаках смешанного фазового состава (средний косинус индикатрисы рассеяния  $\mu$ , альbedo однократного рассеяния света  $\Lambda_{sc}$ , факторы и показатели эффективности ослабления, рассеяния и поглощения излучения) для отдельных длин волн в диапазоне от 6,0 до 12,0 мкм. Использована ранее предложенная модель микроструктуры смешанного облака, содержащего ледяные кристаллы и водяные капли, равномерно перемешанные по объему облака [1]. Расчеты оптических характеристик для кристаллической фракции смешанного облака проведены с помощью методов [2], разработанных нами ранее для расчетов этих характеристик на частицах с размерами, превышающими длину волны падающего излучения, а для капельной фракции этого облака - по методике, полученной с использованием известной теории Ми – Лоренца.

Детальная параметризация вышеуказанных оптических характеристик выполнена в зависимости от средней температуры облачного слоя  $T$ , средних размеров облачных частиц различных форм (столбики, пластинки и капли) и отношения их концентраций.

С использованием оптических характеристик смешанных облаков получена оценка их влияния на основные радиационные характеристики (альbedo облачного слоя  $\Lambda$  и коэффициента пропускания  $\eta$ ), которые определялись с помощью приближения дельта - Эддингтона. Рассматривались слои облачности с оптическими толщинами менее 10 и зенитными углами Солнца менее 45°. Показано, что при  $275 > T > 250$  К разброс значений  $\Lambda$  и  $\eta$  составляет порядка 35 %, Это связано с возможной изменчивостью значений  $\Lambda_{sc}$  и  $\mu$  для переохлажденных капель в смешанных облаках при вариации их модальных радиусов  $r_m = 1 - 4$  мкм при фиксированной  $T$ . Получение с относительно высокой точностью параметризации радиационных характеристик облачных слоев в зависимости от  $T$  возможно только при наличии надежных экспериментальных данных о зависимости характеристик микроструктуры капельной фракции этих слоев от  $T$ .

1. Петрушин А.Г. Рассеяние и поглощение оптического излучения в кристаллической облачной среде. Вопросы физики облаков. Ред. Семенов Л.П. Санкт- Петербург. Гидрометеиздат. 1998. С. 118-149.

2. Petrushin A.G. Main optical characteristics of light scattering by mixed-phase clouds. Izvestiya, Atmospheric and oceanic physics, 2001. V. 37. Suppl. 1. P. 149-156.

**МИКРОСТРУКТУРА ПЕРИСТЫХ ОБЛАКОВ ПО ДАННЫМ ЛАЗЕРНОГО  
ПОЛЯРИЗАЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ**

И.В. Самохвалов<sup>1</sup>, Б.В. Кауль<sup>2</sup>, С.Н. Волков<sup>2</sup>, С.В. Насонов<sup>1</sup>, И.Д. Брюханов<sup>1</sup>

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

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

Кристаллические облака оказывают заметное влияние на радиационный баланс атмосферы. По этой причине сведения об их оптических и микрофизических характеристиках представляют большой интерес. Одним из наиболее дискуссионных вопросов является учет влияния ориентации кристаллических частиц на угловое распределение солнечной радиации. Решение проблемы сдерживалось отсутствием инструментальных методов оценки ориентации частиц в облаках. Дистанционное измерение матриц обратного рассеяния света (МОРС) посредством лидара явилось тем методом, который позволил приступить к решению обозначенной задачи. Технически, измерение МОРС заключается в измерении четырёх компонент вектора - параметра Стокса рассеянного излучения при четырех состояниях поляризации зондирующего излучения передатчика лидара.

Нами показано, что по МОРС можно оценить состояние ориентированности кристаллических частиц льда, из которых состоят облака верхнего яруса (ОВЯ) [1]. Внешними условиями приводящими к ориентации частиц можно отнести аэродинамические силы, возникающие при падении частиц и, вероятно, ветровые сдвиги и электрические поля. Совместное действие этих сил приводит к тому, что в ансамбле кристаллических частиц появляется направление преимущественной ориентации, связанное с направлением действия этих сил.

В докладе приводятся результаты многолетних исследований микроструктуры ОВЯ, основанных на экспериментальном определении МОРС. Кратко излагается методика измерения элементов МОРС, методика обработки данных и методика анализа МОРС. Систематизирован массив МОРС и сделаны оценки частот появления ориентированных ансамблей кристаллических частиц в перистых облаках [2]. Обсуждаются возможные пути создания методики обнаружения ОВЯ, состоящих из ледяных частиц, и прогнозирования состояния ориентированности частиц в кристаллических облаках по данным пассивного зондирования из Космоса.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках выполнения «Программы повышения конкурентоспособности ТГУ» и РФФИ (грант №12.05-0675-а).

1. Кауль Б.В., Волков С.Н., Самохвалов И.В. Результаты исследований кристаллических облаков посредством лидарных измерений матриц обратного рассеяния света // Оптика атмосферы и океана. 2003. Т. 16. № 4. С. 354-361.

2. Samokhvalov I.V., Bryukhanov I.D., Nasonov S.V., Zhivotenyuk I.V., Stykon A.P. Investigation of the optical characteristics of cirrus clouds with anomalous backscattering // Russian Physics Journal – 2013 – V. 55. № 8. P. 925-929.

**AEROSOLS IN CIRCULATION OF ATMOSPHERIC ELECTRICITY**

B.M. Smirnov

*Joint Institute for High Temperatures, Moscow, Russia*

A qualitative physical picture of atmospheric electricity as a secondary phenomenon of water circulation in the Earth atmosphere is represented. The key process of this picture is collision of water aerosols at altitudes of several kilometers where the atmosphere temperature ranges from 0°C to -40°C, and water aerosols may exist in three aggregate states, solid (ice), liquid states and in the form of graupels (a mixture of snow and water). Collisions of water aerosols located in different aggregate states leads to charging of aerosols [1]. Atmospheric electric currents result from different velocities of gravitation fall of positively and negatively charged aerosols in cumulus because these aerosols are of different masses. As a result, a lower edge of cumulus contains negatively charged aerosols with an average charge  $(25-30)e$  that follows from the rate of coagulation of liquid aerosols [2]. This creates an electric field between the Earth and cumulus, and subsequent penetration of streams of warm wet air into cumulus causes electric breakdown in the form of separate strokes of lightning that gives negative charging of the Earth [3]. Simultaneously these processes lead to aerosol growth and to their fall onto the Earth in the form of rain. Earth discharging results from currents of positive and negative molecular ions in a dry atmosphere formed under the action of cosmic rays [4]. The analysis of processes in atmospheric air involving aerosols and plasma processes in the course of lightning creation and evolution gives a more deep understanding of processes of atmospheric electricity and allows one to combine separate processes in a whole picture of electric phenomena in the Earth atmosphere.

1. S.E.Reynolds, M.Brook, M.F.Gourley. *J.Met.* **14**, 426(1957)
2. B.M.Smirnov. *Nanoclusters and Microparticles in Gases and Vapors*. (Berlin, de Gruyter, 2012)
3. R P Feynman, R.B.Leighton, M.Sands. *The Feynman Lectures of Physics*. (Reading, Addison-Wesley, 1964). vol.2.
4. C.T.R Wilson. *Proc.Roy.Soc.* **37**, 32D(1925)

**СТАТИСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ АЭРОЗОЛЯ И ОБЛАСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ**

Ю.М. Тимофеев Я.А. Виролайнен, И.А. Березин, А.В.Поляков, В.С. Косцов  
*Санкт-Петербургский государственный университет, Физический факультет,  
г. Санкт-Петербург, Россия*

Оптические и микрофизические характеристики аэрозоля сильно меняются в пространстве и времени и для их описания удобно использовать статистический подход. Описаны методы построения статистических моделей аэрозоля при разыгрывании реализаций микрофизических параметров аэрозоля. Применение статистических моделей позволяет решать разнообразные задачи:

1. Вычислять статистические характеристики полей излучения, обусловленные вариациями аэрозольного состояния атмосферы.
2. Рассчитывать спектральные ковариационные матрицы оптических параметров аэрозоля для использования их в качестве априорной информации при решении различных обратных задач.
3. Эти же матрицы, а также их высотные аналоги, позволяют реализовать статистический метод исключения влияния атмосферы при дистанционном определении характеристик подстилающей поверхности из космоса.
4. Спектральные ковариационные матрицы оптических характеристик позволяют осуществлять оптимальную параметризацию коэффициентов аэрозольного ослабления, рассеяния и т.д., а также их оптимальную интерполяцию и экстраполяцию.
5. Статистические соотношения между коэффициентами аэрозольного рассеяния и ослабления (лидарные отношения) используются при решении уравнения лазерной локации.

Приведены примеры построения, анализа и применения различных статистических моделей аэрозоля (тропосферного, стратосферного, полярных стратосферных облаков) при решении прямых и обратных задачах атмосферной оптики.

Статистические модели аэрозоля построены при финансовой поддержке грантов РФФИ 12-05-00445 и 12-05-00596. Обработка и анализ данных выполнены за счет финансирования по гранту Российского научного фонда №14-17-00096.

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОЗОНА И ХЛОРИСТОГО ВОДОРОДА  
С МАТЕРИАЛАМИ АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ**

Т.Б. Цыркина, Л.А. Обвинцева, Н.В. Козлова, И.П. Сухарева, М.П. Дмитриева, А.К. Аветисов  
*Физико-химический институт им. Л.Я. Карпова, г. Москва, Россия*

Гетерогенные реакции с участием HCl обычно рассматривают в связи с проблемой образования активного хлора в стратосфере [1]. Он поступает туда при извержениях вулканов и из наземных источников: морской аэрозоль [2], промышленные выбросы. Можно ожидать, что химические превращения HCl происходят на поверхности аэрозоля и в нижних слоях атмосферы. Согласно [3] частицы пыли в приземном воздухе Сахары содержат большое количество хлора, причем до 65% хлора образуется за счет реакций на их поверхности, и, только 30-35 % - составляющие морского аэрозоля.

В работе исследовано поглощение озона мелкодисперсными материалами, входящими в состав атмосферного аэрозоля, чистыми и предварительно обработанными парами HCl, а также изменение их химического состава и структуры. В качестве объектов исследования использовали образцы песка из различных источников, степную почву (г. Цимлянск) и оксиды железа, цинка, индия. Эффективность поглощения озона определяли по изменению концентрации озона после прохождения слоя исследуемого материала. Концентрацию озона измеряли сенсорным анализатором [4]. Эксперименты проводили при концентрациях на уровне содержания озона в атмосфере 15–125 ppb.

Определены значения кинетических параметров, характеризующих активность образцов к озону. Предварительная обработка HCl в большинстве случаев приводит к повышению эффективности поглощения озона образцами.

Методами ИК спектроскопии и электронной микроскопии обнаружены структурные изменения поверхности обработанных HCl и озоном образцов, а в их УФ-спектрах наблюдали появление линий, характерных для хлора (340нм), диоксида хлора (360 нм) и др. хлорокислых соединений (225-275 нм). Имеет место качественная корреляция между кинетическими данными, характеризующими активность материала по отношению к озону, и спектральными данными.

Работа была выполнена при поддержке РФФИ, проект 11-05-01209-а.

1. Prakash Karamchandani, Yang Zhang, et. all. Atmospheric Pollution Research. 2012. V. 3. Issue 1. P. 1-24.
2. Saliba, Ashraf Chamseddine. Atmospheric Environment. 2012. V. 46. P. 256-263.
3. Sullivan R.C. Guazzotti S.A, Sodeman D.A., et. all. Atmospheric Environment. 2007. V. 41. N 34. P. 7166-7179.
4. Беликов И.Б., Жерников К.В., Обвинцева Л.А., Шумский Р.А. Приборы и техника эксперимента. 2008. № 6. С. 139-140.

**ОСОБЕННОСТИ СВОЙСТВ АЭРОЗОЛЬНОЙ АТМОСФЕРЫ В МОСКОВСКОМ РЕГИОНЕ В 21 ВЕКЕ (ПО ДАННЫМ AERONET)**

Н.Е. Чубарова<sup>1</sup>, М.А. Свириденков<sup>2</sup>, И.Д. Горлова<sup>1</sup>, А.А. Полухов<sup>1</sup>, А.В. Смирнов<sup>3</sup>, К.С. Веричев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>МГУ им. М.В. Ломоносова, Географический факультет, г. Москва, Россия

<sup>2</sup>Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия

<sup>3</sup>*Sigma Space Corporation, code 618, NASA/Goddard Space Flight Center, Greenbelt, USA*

Анализируются параметры аэрозоля в столбе атмосферы по данным AERONET с 2001 по 2013 гг. в Метеорологической обсерватории МГУ, а также с 2006 г. – на Звенигородской научной станции ИФА имени А.М. Обухова РАН.

Получены методические результаты: показана необходимость дополнительной фильтрации облачных ситуаций, а также коррекции в Москве аэрозольных оптических толщин (АОТ) вследствие дополнительного поглощения NO<sub>2</sub>, которое увеличивает оптическую толщину на длине волны 340 нм, в среднем, на 0.01, а на 380 и 440 нм – на 0.015.

Для типичного аэрозоля объемное распределение частиц по размерам характеризуется двумя модами с доминированием мелкодисперсной фракции, особенно характерным для теплого времени года, с эффективным радиусом около 0.15  $\mu\text{m}$ . Медианные оценки годовой величины АОТ на длине 500 нм в Москве составляют около 0.16 и меняются от 0.08 в декабре до 0.23 – в августе.

В условиях лесных пожаров 2002 и 2010 г. АОТ на 500 нм в Москве могла достигать 6.4, а в Звенигороде – 5.9 (7.08.2010). С ростом АОТ заметно увеличивался эффективный радиус мелкодисперсной фракции: до 0.18-0.25  $\mu\text{m}$ . При этом наблюдались более низкие значения мнимой части комплексного показателя преломления (0.006), что привело к росту альбедо однократного рассеяния в видимом диапазоне спектра (0.95 по сравнению с 0.9 для типичного аэрозоля). Оценка мгновенных эффектов радиационного воздействия аэрозоля на ВГА составила -167 Втм<sup>-2</sup> при АОТ500 = 6.4, и -65 Втм<sup>-2</sup> - в среднем за август 2010 г., что более чем в 3 раза отличается от типичного для этого месяца значения.

Средняя разница АОТ500 между городской и подмосковной станцией мониторинга составляет около +0.02. Высокая корреляция различных аэрозольных параметров между Москвой и Звенигородом подтверждает, что природные процессы являются доминирующим фактором в изменении аэрозольных свойств мегаполиса. В целом радиационный форсинг на ВГА за счет городского аэрозоля отрицателен (-0.9 Вт/м<sup>2</sup>), что свидетельствует о его выхолаживающем эффекте.

Рассматривается межгодовая изменчивость аэрозольных свойств атмосферы: показана тенденция к уменьшению АОТ и к увеличению доли мелкодисперсного аэрозоля в последние годы.

**ОСОБЕННОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ АРИДНЫМ  
АЭРОЗОЛЕМ НА ЮГЕ РОССИИ**

О.Г.Чхетиани<sup>1,2</sup>, М.С.Артамонова<sup>1</sup>, Е.Б.Гледзер<sup>1</sup>, Г.С.Голицын<sup>1</sup>, М.А.Иорданский<sup>3</sup>,  
М.В.Курганский<sup>1</sup>, В.А.Лебедев<sup>3</sup>, Л.О.Максименков<sup>1</sup>,  
В.М. Минашкин<sup>3</sup>, Ю.И. Обвинцев<sup>3</sup>, А.А.Хапаев<sup>1</sup>

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

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

<sup>3</sup>*Физико-химический институт им. Л.Я. Карпова, г. Москва, Россия*

Представлены систематизированные результаты полевых измерений аэрозоля, в степных районах Ростовской области и в полупустынных районах Прикаспийской низменности (в Республике Калмыкия) в летний период в 2007-2013 гг.

В дневные часы в жаркую сухую погоду наблюдается интенсивный конвективный подъем субмикронного аэрозоля с песчаных массивов и сухих суглинистых почв. При слабом ветре поток субмикронного аэрозоля растёт пропорционально градиенту температуры в приповерхностном слое воздуха. С увеличением скорости ветра, когда начинается вынос более крупных фракций аэрозоля, поток уменьшается. Для частиц размера 2-15 мкм показатель наклона спектра распределения частиц по размерам близок к значениям -3, что близко к предлагаемой в последнее время концепции дробления частиц Д. Кокса. В то же время для субмикронных частиц (<1 мкм) значения наклона спектра распределения близки к значениям -5÷-6.

Приведены расчеты величины конвективного потока аэрозоля в атмосферу в дневные часы при слабом ветре и при отсутствии сальтации для данных 2009-2011 и 2013 годов в Калмыкии.

Рассмотрена связь эмиссии аэрозоля с параметрами статистической устойчивости атмосферного пограничного слоя.

Наблюдается повторяемость значений массовой концентрации за 2007-2013 гг. Массовая концентрация в различные периоды наблюдений составила от нескольких десятков до нескольких сотен мг/м<sup>3</sup>.

Результаты исследований предполагается использовать при учете несальтационного подъема субмикронного аэрозоля в мезомасштабных атмосферных моделях.

**УТОЧНЕНИЕ МЕХАНИЗМА ГОРЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ  
ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ОПТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ**

М.Э. Шамсутдинов

*ОАО «НПО «Государственный институт прикладной оптики», г. Казань, Россия*

Уточнение механизма горения древесины базируется на новом представлении автора о режиме движения в факеле древесины по результатам исследования с помощью оптических радиометров [1] и методики, приведенной в работе [2]. Согласно результатам этих исследований режим движения в факеле древесины является ламинарным, когда массовый выход летучих продуктов горения древесины (ЛППД) меньше 30 мг/с, а при его увеличении - становится турбулентным.

Процесс горения древесины протекает под действием тепловой энергии, подводимой к образцу древесины извне, и естественной конвекции, определяемой архимедовой силой. Под действием тепловой энергии в древесине протекает процесс пиролиза, в результате которого древесина разлагается на кокс, состоящий в основном из углерода, и ЛППД, содержащие: конденсированный компонент - сажу (частицы которой состоят из углерода и водорода) и газообразные компоненты - углерод, водород, кислород.

Под действием архимедовой силы ЛППД перемещаются вертикально вверх относительно воспламененного участка образца древесины, образуя ядро факела древесины. На границе ядра факела древесины с воздухом горючие компоненты ЛППД окисляются в результате диффузии кислорода воздуха и образуют ламинарное диффузионное пламя. При допущении, что процесс смешения ЛППД и воздуха является стехиометрическим (это имеет место при ламинарном режиме движения в факеле древесины), значение температуры ламинарного диффузионного пламени факела древесины, определенное по излучению, равно 1800 К [2].

При ламинарном режиме движения в факеле древесины его формирование производится под действием кинетической энергии ЛППД, характеризуемой динамическим давлением ламинарного диффузионного пламени факела, действие которого совпадает с направлением архимедовой силы. При турбулентном режиме движения в факеле древесины его формирование происходит под действием не только кинетической энергии ЛППД, но и энергии турбулентного движения газообразных компонентов ламинарного диффузионного пламени факела. Эта энергия характеризуется статическим давлением газообразных компонентов, которое направлено внутрь ламинарного диффузионного пламени, нормально к действию архимедовой силы.

При турбулентном режиме движения факел древесины состоит из двух участков - нижнего, сопрягающегося с воспламененным образцом древесины, и верхнего. При этом нижний участок факела древесины формируется под действием динамического давления ламинарного диффузионного пламени факела. Верхний участок факела древесины формируется под действием не только динамического давления ламинарного диффузионного пламени факела, но и статического давления газообразных компонентов ламинарного пламени факела, характеризующего турбулентность факела.

Под действием статического давления газообразных компонентов ламинарного диффузионного пламени факела воздух проникает в состав этого пламени со скоростью, значение которого много больше скорости проникновения воздуха вследствие диффузии, с образованием крупномасштабного вихря (КМВ) факела древесины. КМВ факела древесины перемещается вертикально вверх со скоростью, которая определяется уравнениями, вытекающими из закона сохранения количества движения ламинарного диффузионного пламени факела древесины и воздуха, входящих в состав КМВ.

Значение температуры КМВ факела древесины много меньше температуры ламинарного диффузионного пламени. Поэтому значение излучения факела древесины при турбулентном режиме движения в факеле, меньше чем при ламинарном режиме движения в факеле, (при одном и том же массовом выходе ЛППД).

1. Алексеев О.А., Шамсутдинов М.Э., Давлетшин Х.З. Определение параметров горения древесины посредством спектрометрических измерений // Физика горения и взрыва. Т. 30. № 3. 1994. С. 28-33.

2. Алексеев О.А., Шамсутдинов М.Э. Математическая модель процесса горения и расчет спектральной плотности силы излучения горящей древесины. Оптический журнал. Т. 67. № 3. 2000, С. 58-61.

*В. Процессы трансформации атмосферного аэрозоля / Aerosol transformation*

**О КВАЗИПЕРИОДИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЯХ МАССОВОЙ  
КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИЗЕМНОГО АЭРОЗОЛЯ**

П.П. Аникин, А.А. Исаков, А.В. Тихонов

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

В докладе приводятся результаты анализа четырехмесячного, с января по апрель 2014 года, цикла измерений вариаций массовой концентрации субмикронного приземного аэрозоля на Звенигородской научной станции ИФА РАН. Измерения выполнены с помощью серийного нефелометра ФАН-А. Регистрация сигнала проводилась непрерывно со временем осреднения данных одна минута. Реально измерялась величина коэффициента направленного светорассеяния  $D_{11}$  под углом 45 градусов на длине волны 0.52 мкм и значение массы определялось по формуле  $M=D_{11}*3000$ . Рассматриваемый отрезок данных интересен погодными аномалиями зимы - весны 2014 года - необычно теплая бесснежная зима и ранняя весна. Для ряда  $M$  было рассчитано десятисуточное скользящее среднее величины массовой концентрации  $\langle M \rangle$ . На нем отчетливо видны шесть периодов устойчивых, почти синусоидальных колебаний величины  $\langle M \rangle$  длительностью примерно три недели, причем здесь не наблюдалось скачков фазы колебаний. Последнее позволило провести Фурье-анализ временного ряда  $M$ . На спектре мощности преобразования отчетливо просматриваются суточный цикл, восьмисуточный цикл (скорее всего, синоптический), а так же его вторая и четвертая гармоники и ярко выраженный трехнедельный цикл. Судя по Фурье-преобразованию, длительность периода 21 день. Фиксировавшиеся ранее сходные «цуги» колебаний обычно ограничивались тремя – четырьмя периодами, а с наступлением мая квазицикличность разрушалась. Обычно первые месяцы года характеризуются в среднем большей, нежели прочие, величиной массовой концентрации и они дают основной вклад в среднегодовое ее значение. Предыдущий, 2013 год, продемонстрировал самый низкий за весь двадцатитрехлетний цикл наблюдений уровень среднегодового  $\langle M \rangle$  – 19 мкг/м<sup>3</sup>. Среднее по рассматриваемому отрезку 2014 года составило 24 мкг/м<sup>3</sup>.

**ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОСТАВА НАСЫЩЕННЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АВИАЦИОННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ 2012-2013 ГГ.**

Н.Г. Воронцовская<sup>1</sup>, Г.С. Певнева<sup>1</sup>, А.К. Головкин<sup>1</sup>, А.С. Козлов<sup>2</sup>,  
М.Ю. Аршинов<sup>3</sup>, Б.Д. Белан<sup>3</sup>, Д.В. Симоненков<sup>3</sup>, Г.Н. Толмачев<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Институт химии нефти СО РАН, г. Томск, Россия*

<sup>2</sup>*Институт химической кинетики и горения СО РАН, г. Новосибирск, Россия*

<sup>3</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

Органические соединения являются одной из составляющих атмосферного аэрозоля. Изучение их состава и тенденций изменения содержания этих компонентов в аэрозолях немаловажно как для понимания процессов их формирования, так и для выявления всего комплекса закономерностей влияния атмосферного аэрозоля на оптические, радиационные и химические свойства атмосферы в целом. Кроме того, несмотря на обилие исследований органической компоненты аэрозоля в последнее время, сведения об её пространственно-высотном распределении крайне ограничены.

В 2012 и 2013 гг. в рамках Российско-Французского проекта “Yak-Aerosib” с борта самолета-лаборатории Ту-134 “Оптик” проводился отбор проб атмосферных аэрозолей по маршруту: Новосибирск - Томск - Мирный – Якутск – Братск – Новосибирск.

Пробы отбирались на 4-х высотных эшелонах в тропосферном слое 500-8500 м на тефлоновые аналитические мембраны Grimm 1.113A. Экстрагированная ацетоном органическая часть проанализирована на хромато-масс-спектрометре Agilent 6890N. Идентификация углеводородов проведена с использованием библиотечных баз данных масс-спектров NIST, WILEY, а также путем сравнения времен удерживания эталонной смеси.

Установлено наличие алканов линейного и циклического строения. В составе алканов линейного строения обнаружены гомологи с числом атомов углерода от 12 до 25. Алкилциклогексаны проб атмосферного аэрозоля представлены соединениями состава C<sub>16</sub> – C<sub>24</sub>.

Исследования проведены в рамках Международной Ассоциированной Лаборатории «МАЛ ЯК-АЭРОСИБ» при поддержке Национального центра научных исследований Франции и РФФИ (гранты № 11-05-93118, № 14-05-00526 и № 14-05-00590). Работа выполнена при поддержке программы Президиума РАН № 4, программы ОНЗ РАН № 5, междисциплинарных интеграционных проектов СО РАН № 35, № 70 и № 131.

**ДОЛГОПЕРИОДНЫЕ ВАРИАЦИИ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИЗЕМНОГО АЭРОЗОЛЯ  
НА ЗВЕНИГОРОДСКОЙ НАУЧНОЙ СТАНЦИИ ИФА ИМ. А.М. ОБУХОВА РАН**

А.Н. Груздев, А.А. Исаков

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

По результатам измерений массовой концентрации приземного аэрозоля на Звенигородской научной станции (ЗНС) Института физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН в 1991-2013 гг. выполнен анализ вариаций концентрации аэрозоля с периодами более 1 мес. Аэрозольные измерения в 1991-2003 гг. выполнялись с помощью проточного нефелометра В.Н. Сидоровым [1], а с 2001 г. по настоящее время они выполняются нами с помощью спектрополяриметра [2]. Начиная с 2008 г., измерения на спектрополяриметре дублируются измерениями на серийном приборе ФАН. Базовой величиной для оценки массовой концентрации  $M$  аэрозоля служит значение коэффициента направленного светорассеяния  $D_{11}$  под углом  $45^\circ$  на длине волны  $0.54 \text{ мкм}$ :  $M = 3000 D_{11}$ . Для анализа данных измерений использованы методы скользящего кросс-спектрального анализа, множественной линейной регрессии и обратный траекторный анализ. В целях интерпретации результатов анализа привлечены данные реанализа ERA-Interim о геопотнциале и приземном давлении. Показано, что долгопериодные вариации массовой концентрации приземного аэрозоля на ЗНС связаны с периодичностями повторяемости траекторий атмосферного переноса с определенных направлений. Выявлена статистическая связь вариаций концентрации приземного аэрозоля на ЗНС с динамикой арктической верхней тропосферы.

1. Сидоров В.Н. Сезонный и суточный ход содержания сухой фракции субмикронного аэрозоля в приземном слое // Труды конференции «Физика атмосферного аэрозоля», Москва, 1999. С. 356-367.

2. Исаков А.А., Груздев А.Н., Тихонов А.В. О долгопериодных вариациях оптических и микрофизических параметров приземного аэрозоля // Оптика атмосферы и океана. Т. 18. № 5-6. С. 393-399.

**ВАРИАЦИИ КОНЦЕНТРАЦИИ АЭРОЗОЛЬНЫХ ЧАСТИЦ PM<sub>2.5</sub> В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ ВОЗДУХА (ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ НА МЕТЕООБСЕРВАТОРИИ МГУ)**

Д.П. Губанова<sup>1</sup>, И.Б. Беликов<sup>2</sup>, А.И. Скороход<sup>2</sup>, Н.Е. Чубарова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Физико-химический институт им. Л.Я. Карпова, г. Москва, Россия*

<sup>2</sup>*Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия*

<sup>3</sup>*МГУ им. М.В. Ломоносова, Географический факультет, г. Москва, Россия*

Известно, что мелкодисперсные атмосферные аэрозоли, в том числе PM<sub>2.5</sub> (частицы с диаметром < 2,5 мкм), наряду с малыми газовыми составляющими атмосферы (МГСА) не только являются одними из самых распространенных и сильных загрязнителей атмосферы, но и оказывают существенное влияние на климат (воздействие на процессы облако- и осадкообразования, переноса солнечной и тепловой радиации в атмосфере) и на здоровье человека. Как правило, аэрозольные частицы PM<sub>2.5</sub> представляют собой гетерогенную смесь многих компонентов и обладают изменяющимися в пространстве и времени свойствами, которые определяются выбросами из различных природных и антропогенных источников, метеорологическими условиями и химическим режимом атмосферы. Однако, по сравнению с МГСА, мелкодисперсные атмосферные аэрозоли изучены в значительно меньшей степени. Поэтому представляет большой интерес исследование характера изменения характеристик мелкодисперсных атмосферных аэрозольных частиц в зависимости от изменения концентрации МГСА и метеопараметров.

В докладе представлены результаты анализа рядов данных о концентрации аэрозольных частиц PM<sub>2.5</sub> и некоторых МГСА (SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub> и др.) в приземном слое атмосферы, сформированных по результатам непрерывных наблюдений на метеообсерватории МГУ (г. Москва) в период с 2011 по 2013 гг. Исследованы среднесуточные, среднемесячные, среднегодовые, сезонные вариации значений концентрации аэрозольных частиц PM<sub>2.5</sub> и МГСА, выявлены корреляционные связи, проанализирована изменчивость концентрации PM<sub>2.5</sub> в зависимости от концентрации некоторых МГСА, участвующих в образовании атмосферных аэрозолей, а также метеорологических параметров. Данные по приземным концентрациям PM<sub>2.5</sub> сопоставлены с результатами измерений аэрозольной оптической толщины (АОТ) при помощи фотометра CIMEL сети AERONET.

**МОНИТОРИНГОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ПРИЗЕМНОГО АЭРОЗОЛЯ  
НА ЗВЕНИГОРОДСКОЙ НАУЧНОЙ СТАНЦИИ**

А.А.Исаков

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

В докладе приводятся результаты анализа двадцатитрехлетнего, с 1991 по 2013 год, ряда ежедневных измерений вариаций массовой концентрации приземного аэрозоля на Звенигородской научной станции ИФА. До 2003 года измерения проводились на проточном нефелометре В.Н. Сидорова. С 2001 года они шли параллельно на нефелометре и спектронефелометре, с 2008 года к измерениям был подключен серийный нефелометр ФАН. Такое дублирование применялось на случай выхода из строя одного из приборов. Реально все они измеряли величину коэффициента направленного светорассеяния  $D_{11}$  на угле рассеяния  $45^\circ$  и длине волны у первых двух приборов 0.54 мкм, у ФАНа - 0.52 мкм. Оценка величины массовой концентрации  $M$  производилась по формуле  $M=3000D_{11}$ . По сути это была реализация относящейся еще к началу семидесятых годов идеи Г.В.Розенберга, согласно которой, применительно к атмосферному аэрозолю, адекватными объекту исследования могут быть лишь длительные комплексные измерения. Дальнейшее развитие исследований лишь подтвердило ее правильность. Вариации массовой концентрации лишь с большой натяжкой могут быть признаны стохастическими, а распределение их приблизительно описывается логнормальным законом. С 2004 по 2008 год правое крыло распределения величин  $M$  очень сильно отклонялось от типичного – часто реализовывались плотные дымки со значениями, на порядок превышавшими среднее  $M \approx 40$  мкг/м<sup>3</sup>. На временной развертке часто просматриваются цуги квазипериодических вариаций с длительностью периодов от семи дней до ста шестидесяти. Наиболее характерные длительности периодов – 45-50 суток и  $\approx 80$  суток. Если первый присутствует в очень многих атмосферных процессах, то второй появился в вариациях  $M$  лишь в начале двухтысячных годов. Поскольку вариации  $M$  в основном определяются дальним переносом воздушных масс, мы проанализировали связь  $M$  с направлением прихода этих масс в Подмоскowie. Обратные траектории рассчитывались с помощью программы HISPLIT для каждого дня ряда лет в интервале 1994-2010 гг. Были выбраны годы, когда спектры вариаций  $M$  имели максимумы мощности вблизи периодов 50 и 80 суток. Для анализа мы предварительно построили тридцатисуточные скользящие средние как для  $M$ , так и для временных разверток направлений прихода. Анализ направлений показал, что в эти годы так же наблюдаются квазипериодические колебания направления прихода воздушных масс в Подмоскowie с теми же периодами. Эти колебания для направлений Балтика - Северная Атлантика находятся в противофазе с вариациями  $M$  для всех анализировавшихся лет. Напротив, синфазные вариации между  $M$  и направлениями имели место для секторов Российская Арктика - Полярный Урал в 2004 году и Казахстан - Поволжье в 2010 году. Возвращаясь ко всему ряду 1991-2013 гг., следует отметить, что вариации среднегодовых величин  $\langle M \rangle$  значительны и достигают трех крат от минимальных 19 мкг/м<sup>3</sup> в 2001 и 2013 гг. до максимальных (65 мкг/м<sup>3</sup>) в 2006 году, причем эти вариации не стохастичны, а имеют плавный и отчетливый вид колебания с периодом примерно в десять лет

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты № 12-05-00938, 13-05-00956).

**EFFECTS OF GAS-PARTICLE PARTITIONING AND SECONDARY ORGANIC AEROSOL  
FORMATION ON "TOP-DOWN" ESTIMATES OF AEROSOL  
EMISSIONS FROM OPEN BIOMASS BURNING**

I.B. Konovalov<sup>1</sup>, E.V. Berezin<sup>1</sup>, M. Beekmann<sup>2</sup>, H. Petetin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Applied Physics of the Russian Academy of Sciences, Nizhny Novgorod, Russia*

<sup>2</sup>*Laboratoire Inter-Universitaire de Systèmes Atmosphériques, CNRS, Université Paris-Est and Université  
Paris 7, Créteil, France*

Open biomass burning (BB) is known to provide an important contribution to organic aerosol (OA) and black carbon (BC) emissions on the global scale. A useful way to constrain the OA&BC emissions involves using atmospheric measurements in the framework of the inverse modeling ("top-down") approach. Several recent studies indicated major discrepancies between the bottom-up emission inventories and the corresponding top-down estimates of pyrogenic OA&BC emissions (e.g., [1, 2]). However, the top-down estimates may be sensitive to possible model uncertainties. The main goal of this study was to examine to what degree the discrepancy between the bottom-up inventories and top-down estimates of BB aerosol emissions could be associated with the processes of gas-particle partitioning and oxidation of lower-volatility organic compounds, which are usually not taken into account in typical chemistry transport models. To achieve this goal, the novel (so called volatility basis set, VBS) approach to OA modelling [3], was first implemented in the CHIMERE chemistry transport model (CTM) for the case of BB aerosol emissions. Simulations with the CHIMERE CTM were then performed for the case of the 2010 mega-fire event in European Russia and analysed together with satellite and ground based measurements of aerosol and carbon monoxide. The results show that gas-particle partitioning and oxidation of lower-volatility organic emissions can play a very important role in evolution of BB aerosol and can significantly affect its top-down emission estimates.

1. Kaiser, J. W., et al., *Biogeosciences*, 9, 527-554, 2012.
2. Konovalov I.B., et al., *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 14, 3099–3168, 2014.
3. Robinson, et al., *Science*, 315(5816), 1259–1262, 2007.

**ИЗМЕНЧИВОСТЬ ДИСПЕРСНОГО И ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА  
ПРИЗЕМНОГО АЭРОЗОЛЯ НА ЦНС ИФА РАН. РЕЗУЛЬТАТЫ  
АЭРОЗОЛЬНОГО И ГАЗОВОГО МОНИТОРИНГА.**

Ю.И. Обвинцев<sup>1</sup>, М.С. Артамонова<sup>2</sup>, Д.П. Губанова<sup>1</sup>, М.А. Иорданский<sup>1</sup>, В.А. Лебедев<sup>1</sup>,  
Л.О. Максименков<sup>2</sup>, В.М. Минашкин<sup>1</sup>, О.Г. Чхетиани<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Физико-химический институт им. Л.Я. Карпова, г. Москва, Россия*

<sup>2</sup>*Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия*

Юг Европейской территории России (ЕТР) - это регион, в котором происходит интенсивная ветровая эрозия почвы, поэтому процессы, связанные с эмиссией и переносом аэрозольных частиц в соседние регионы представляют особый интерес. В настоящее время на юге европейской части России практически не ведутся регулярные наземные измерения аэрозольного и газового состава атмосферы. Полевые исследования, проведенные нами в 2012 и 2014 гг. связаны с изучением дисперсного и элементного состава приземного аэрозоля этого региона, его влиянием на климат ЕТР, на элементный состав аэрозоля и почвы соседних регионов.

Представлены результаты измерений дисперсного и элементного состава приземного аэрозоля, а также некоторых малых газовых составляющих атмосферы ( $O_3$ ,  $NO$  и  $NO_2$ ). Круглосуточные наблюдения выполнялись на базе Цимлянской научной станции (ЦНС) ИФА им. АМ. Обухова РАН, расположенной на юго-западе Цимлянского водохранилища (ЦВ) в прибрежной его части в первой половине августа 2012 и 2014 гг.

В ходе проведения наблюдений был зафиксирован вынос терригенных частиц с территории Калмыкии в 2012 и в 2014 г.г., что свидетельствует о продолжающейся ветровой эрозии почвы в этом регионе. Также в воздушном бассейне г. Цимлянска были зарегистрированы субмикронные частицы антропогенного происхождения.

Результаты измерений газового состава атмосферы 2012 г. показали, что в дневное время, среднесуточная концентрация озона равна предельно допустимой концентрации (ПДК с.с.) для населённых мест. При этом, концентрация двуокиси азота, находится на уровне фонового значения, и лишь в отдельных случаях достигает значений среднегодовых концентраций в воздухе городов. Следовательно, антропогенные источники окислов азота не оказывали большого влияния на концентрацию озона. Высказано предположение, что высокие концентрации озона связаны с присутствием в атмосфере данного региона углеводородов, карбонильных соединений и оксида углерода, возможно, биогенного происхождения.

Настоящие исследования выполнены при поддержке РФФИ (проект № 13-05-01025).

**НОВЫЕ ВАРИАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ДЛЯ МОДЕЛЕЙ ПЕРЕНОСА И ТРАНСФОРМАЦИИ  
ГАЗО-АЭРОЗОЛЬНЫХ ПРИМЕСЕЙ В АТМОСФЕРЕ**

В.В. Пененко, А.В. Пененко, Е.А.Цветова

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

Для исследования физических и химических процессов на основе моделей динамики атмосферы и конвекции-диффузии-реакции газо-аэрозольных субстанций мы предлагаем вариационные методы прямого и обратного моделирования. Специфика этого класса задач – разномасштабность операторов динамики и механизмов трансформации различных функций состояния, участвующих в моделях. Мы принимаем во внимание тот факт, что в самих моделях и в параметрах источников эмиссии соответствующих субстанций имеются неопределенности. Они рассматриваются как функции управления и явно включаются в уравнения моделей. Вариационный принцип для таких задач формулируется со слабыми ограничениями.

Учитывая эти обстоятельства, для решения систем дифференциальных и интегро-дифференциальных уравнений переноса и трансформации многокомпонентных газовых примесей и аэрозольных популяций мы разрабатываем универсальный алгоритмический аппарат вариационных принципов и интегрирующих множителей [1,2]. Как следствие, кроме систем основных и сопряженных уравнений, получаются также методы теории чувствительности моделей и оценок неопределенностей, и на их основе – прямые методы вариационного усвоения доступных данных наблюдений.

Техника сопряженных интегрирующих множителей позволяет строить точные, дискретно-аналитические численные схемы. Предварительно осуществляется декомпозиция сложных операторов трансформации по механизмам реакций с учетом их характерных масштабов. Это необходимо для согласованного описания разномасштабных процессов химической кинетики, а также механизмов динамики аэрозольных популяций: коагуляции, конденсации /испарения, нуклеации, конверсии типа газ-частица.

Работа частично поддержана Программами фундаментальных исследований №1 и 4 Президиума РАН и №3 ОМН РАН, проектами РФФИ №14-01-00125-а и 14-01-31482, а также Интеграционными проектами №№ 8 и 35 СО РАН.

1. V.V.Penenko, E.A.Tsvetova. Variational methods of constructing monotone approximations for atmospheric chemistry models // Numerical analysis and applications, 2013, V. 6, 3, pp 210-220. DOI 10.1134/S199542391303004X

2. V.V. Penenko, E.A. Tsvetova, A.V. Penenko Variational approach and Euler's integrating factors for environmental studies// Computers and Mathematics with Applications, (2014), DOI : 10.1016/j.camwa.2014.04.004

*С. Перенос излучения в атмосфере Земли и радиационно-климатические эффекты аэрозоля и облаков / Radiative transfer in the Earth Atmosphere and aerosol and cloud climatic effects*

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕНОСА ИЗЛУЧЕНИЯ  
В МНОГОСЛОЙНЫХ ПЛОСКИХ МУТНЫХ СРЕДАХ**

В.П. Будак, В.С. Желтов, О.В. Шагалов

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

Для численного решения уравнения переноса излучения (УПИ) необходима его дискретизация, что возможно при замене интеграла рассеяния конечной суммой. Такая замена невозможна при наличии в угловом распределении яркости (УРЯ) особенностей. Физической основой теории переноса является лучевое приближение, которое неизбежно порождает особенности по углу. Для дискретизации УПИ необходимо аналитически выделить анизотропную часть решения (АЧР), что приводит к двухточечной краевой задаче матричного линейного дифференциального уравнения для регулярной части решения (РЧР), допускающего аналитическое решение для однородного слоя в виде рассеивателей – матрицы, связывающей выходящее из слоя излучение с падающим. Все методы дискретизации УРЯ эквивалентны. Для определенности будем использовать метод дискретных ординат.

Сложность вычисления рассеивателей определяется его размерами, которые зависят от точности выделения АЧР. Наилучший метод выделения АЧР основан на анализе спектра УРЯ – малоугловая модификация метода сферических гармоник. Для дискретного представления РЧР справедлива теорема о выборках, когда количество ординат ее представления должно соответствовать минимальной детали УРЯ. Это определяет сходимость решения в среднеквадратичной метрике. Эффективным методом ускорения сходимости решения в равномерной метрике является синтетическая итерация (СИ), когда алгоритм решения разбивается на два шага: на первом ищется решение близкое к точному в среднем, а на втором выполняется обычная итерация от полученного решения.

Матрица рассеивателей для системы из двух смежных слоев имеет вид аналогичный матрицам рассеивателей каждого слоя. Если один из слоев допустить бесконечно тонким, а второй полубесконечным, то это приводит к дискретному уравнению инвариантности Амбарцумяна. Инвариантность рассеивателей позволяет сформулировать матрично-операторный метод (МОМ) расчета многослойных систем. Проблемы МОМ связаны с необходимостью искать обратные матрицы при учете каждого слоя, что существенно замедляет алгоритмы моделирования переноса. Свойство инвариантности отражает связь рассеивателей с решением однородного матричного дифференциального уравнения (пропагатор). Эта связь позволяет получить решение УПИ для многослойных систем через пропагатор.

Использование МСГ для выделения АЧР, СИ для ускорения сходимости в равномерной метрике и пропагатора для многослойных систем позволяет создать быстрый и точный алгоритм моделирования сигналов систем оптического дистанционного зондирования.

**АНТИПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ**

А.С. Гинзбург

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

В эпоху глобального потепления, обусловленного ростом содержания парниковых газов в атмосфере Земли, важно иметь в виду, что есть и противоположный эффект – антипарниковый, величина которого зависит от наличия слоев аэрозоля, расположенных на различных высотах и состоящих из частиц с различными микрофизическими и оптическими свойствами [1-7 и др.]

Наиболее известные проявления и последствия аэрозольного антипарникового эффекта – массовые вымирания видов после падения астероида, мощные вулканические извержения, масштабные лесные пожары, пылевые бури на Марсе, феномен «ядерной зимы», «азиатское коричневое облако», идея смягчения глобального потепления путем введения сернистого аэрозоля в стратосферу и т.п.

В докладе будут проанализированы последствия возникновения или создания в атмосфере разных типов аэрозольных слоев.

1. Гинзбург А.С. О радиационном режиме поверхности и запыленной атмосферы Марса // Докл. АН СССР. 1973. Т. 208. № 2. С. 295 - 298.
2. Ginzburg A.S., Golitsyn G.S. Comparative estimates of climatic consequences of Martian dust storms and a possible nuclear war // Tellus. V. 37B. 1985. No 3. P. 173-181.
3. Ginzburg A.S. Climate and atmospheric consequences of nuclear war. Ambio. XVIII. 1989. No 7. P. 384- 390.
4. Ginzburg A.S., Haritonenko V., Kurliandskaya O. Possible Effects of Smoke from Kuwaiti Oil Fires on Climate and Society. In "Climate Change and Energy Policy" / American Institute of Physics. 1992. N.Y. P. 160-164.
5. Гинзбург А.С., Губанова Д.П., Минашкин В.М. Влияние естественных и антропогенных аэрозолей на глобальный и региональный климат // Рос. хим. ж. 2008. Т. LI. № 5. С. 112-119.
6. Ginzburg A. Explosive volcanic eruptions and other atmospheric aerosol catastrophes. Proceedings of the ISTC Workshop "Worldwide early warning system of volcanic activities and mitigation of the global/regional consequences of volcanic eruptions". 2011. P. 112-117.
7. Гинзбург А.С. Региональные максимумы температуры воздуха и возможность их простых энергобалансовых оценок // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2011. Т. 47. № 6. С. 722-728.

**ОЦЕНКА РАДИАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АТМОСФЕРЫ  
НА ОСНОВЕ ПРОСТЫХ ОПТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ**

А.С. Гинзбург<sup>1</sup>, И.Н. Мельникова<sup>2</sup>, В.А. Фролькис<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>*Российский государственный гидрометеорологический университет, г. Санкт-Петербург, Россия*

<sup>3</sup>*Санкт-Петербургский государственный университет путей сообщения, г. Санкт-Петербург, Россия*

В последние десятилетия бурное развитие компьютерной техники способствовало усложнению моделей атмосферы с детализацией вертикальных профилей по слоям, учета аэрозолей и различных форм неоднородной облачности в широких диапазонах длин волн от УФ до ИК. При этом обычно применяются сложные численные алгоритмы расчета радиационных характеристик имеющих максимально возможную точность. Были построены многочисленные и разнообразные компьютерные коды, включающие табличное задание характеристик атмосферного аэрозоля, состояние атмосферы и сложные схемы расчета оптических параметров и радиационных характеристик атмосферы для разных широтных континентальных и морских зон и разных сезонов для решения прикладных задач. Однако, в исследовательских задачах часто необходимо анализировать влияние отдельных факторов составляющих атмосферы на радиационные характеристики атмосферы и изменения климата, отвлекаясь от вариаций всей сложной совокупности климатических факторов и отфильтровывая шум присущий сложной модели. В таких случаях простые модели однородной (для безоблачной атмосферы) или двух-трехслойной атмосферы (для учета горизонтально-однородной облачности) дают возможность оперативно варьировать исследуемые параметры атмосферы, получать результаты зачастую не намного уступающие в точности результатам сложных моделей и эффективно выявлять взаимосвязи и взаимодействия ключевых параметров и характеристик атмосферы и солнечной радиации. Для расчета интегральных по направлению визирования радиационных характеристик (потоков, форсинга и притоков радиации), представляющих особенный интерес при исследовании радиационного режима атмосферы, вполне приемлемую точность обеспечивают приближенные двух-потокные методы теории переноса и (в случае облачной атмосферы) асимптотические формулы теории переноса, которые позволяют получить решения с минимальными временными и компьютерными затратами.

**RADIATIVE CHARACTERISTICS OF THE ATMOSPHERE ON  
THE BASE OF SIMPLE OPTICAL MODELS**

A.S. Ginzburg<sup>1</sup>, I.N. Melnikova<sup>2</sup>, V.A. Frolkis<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*A.M.Obukhov Institute of Atmospheric Physics RAS*

<sup>2</sup>*Saint-Petersburg State Transport University*

<sup>3</sup>*Saint-Petersburg State University*

In recent decades, the rapid development of computer technology contributed to the complexity of atmospheric models with detailed vertical profiles of the layers, the account of the various forms of heterogeneous clouds in a broad range of wavelengths, from UV to IR. Increasingly, applied numerical algorithms for calculating the radiation characteristics of seeking to accurate calculations and possibly achievable reduction of error. Built related computer codes including look-up-table characteristics of atmospheric aerosol, the state of the atmosphere and sophisticated scheme of calculation of the atmosphere optical parameters and radiation characteristics for set of latitudinal continental and Maritime zones and different seasons for solution of applied problems. However, the research tasks it is often necessary to analyze the influence of individual factors on the radiation characteristics of the atmosphere and on climate change, apart from the variations of their entire complex set. In such cases, a simple model of a homogeneous (for cloudless atmosphere) or two-three-layer of the atmosphere (for accounting horizontally homogeneous clouds) give an opportunity varying the studied parameters of the atmosphere. Received results are often sufficiently fair picture and effectively identify interactions of key parameters and characteristics of the atmosphere and the solar radiation.

The approximate Eddington method and (in the case of a cloudy atmosphere) asymptotic formulas of the transfer theory provide a reasonably acceptable accuracy in calculating the integral in the viewing direction radiation characteristics (irradiance, forcing, and radiative divergence), representing a special interest in the study of radiation regime of the atmosphere, and allow to obtain solutions with minimal time and computer costs.

The energy-balanced radiation-convective two-dimensional stationary model of the temperature regime is supposed to apply for calculating the effect of aerosol and clouds radiative forcing to climate change and latitudinal-vertical temperature distribution

**ДЕПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТОВОГО ИМПУЛЬСА В СРЕДАХ  
С АНИЗОТРОПНЫМ РАССЕЯНИЕМ**

Е.Е. Городничев, С.В. Ивлиев, А.И. Кузовлев, Д.Б. Рогозкин

*Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва, Россия*

Исследовано распространение ультракороткого импульса поляризованного света через оптически толстый слой рассеивающей среды с крупномасштабными (размер больше длины волны) неоднородностями. Интерес к этой проблеме обусловлен возможностью использовать поляризацию для выделения распространяющихся по почти прямолинейным траекториям лидирующих фотонов, при получении изображения объектов, расположенных внутри рассеивающей среды.

Согласно данным экспериментов [1,2], прошедший свет сохраняет первоначальную поляризацию в течение малого временного интервала после прихода баллистической (нерассеянной) составляющей. В толстых слоях мутной среды (например, водной суспензии частиц латекса) деполяризация линейно поляризованных импульсов происходит в течение первых 100 пикосекунд.

В настоящей работе в приближении основных поляризационных мод разработан теоретический подход, позволяющий рассчитать временной профиль интенсивности поляризованных составляющих и степень поляризации в ультракоротком световом импульсе. В модели рэлеевской матрицы рассеяния со степенной индикатрисой (типа Хеньи-Гринштейна) получены простые аналитические выражения для зависимости степени поляризации от запаздывания. Показано, что фотоны, распространяющиеся по прямолинейным траекториям не деполяризуются. Поляризация затухает по мере увеличения разности между пройденным путем и глубиной. В толстых слоях (превышающих транспортную длину) рассеивающей среды степень поляризации описывается автомодельной зависимостью. Полученные результаты объясняют данные экспериментов [1,2]. Циркулярная поляризация в средах с крупными неоднородностями затухает медленнее и зависит от длины пробега между деполяризующими столкновениями. Предсказанная для затухания поляризации универсальная зависимость подтверждается сравнением с результатами численного моделирования [3-5].

1. H.Horinaka, K.Hashimoto, K.Wada, Y.Cho, Optics Letters, **20**, 1501 (1995).
2. S.G.Demos, R.R.Alfano, Optics Letters, **21**, 161 (1996).
3. P.Bruscaglioni, G.Zaccanti, Q.Wei, Applied Optics, **32**, 6142 (1993).
4. A.Ishimaru, S.Jaruwatanadilok, Y.Kuga, Appl.Opt., **40**, 5495 (2001).
5. X. Wang, L.V. Wang, C.W. Sun, C.C. Yang, J. Biomed. Opt., **8**, 608 (2003).

**РЕЗУЛЬТАТЫ ЛИДАРНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ**

В.К. Донченко, И.Н. Мельникова, Д.А. Самуленков, М. Сапунов

*Санкт-Петербургский государственный университет- Научный Парк – Ресурсный Центр  
«Обсерватория экологической безопасности», г. Санкт-Петербург, Россия*

В докладе представлены результаты комплексных измерений вертикальных профилей параметров аэрозольных частиц и направления и скорости ветра над центральной частью Санкт-Петербурга в дневное и ночное время суток. Результаты включают в себя значения коэффициента ослабления, коэффициента обратного рассеяния, распределение частиц по размерам, степень деполяризации отраженного сигнала, характеризующего форму частиц и другие параметры. Особое внимание уделено вариациям параметров во времени и направлению и скорости их распространения.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НИСХОДЯЩЕЙ РАДИАЦИИ В БЕЗОБЛАЧНОЙ И МАЛООБЛАЧНОЙ АТМОСФЕРЕ: ДНЕВНЫЕ И СУМЕРЕЧНЫЕ УСЛОВИЯ**

Т.Б. Журавлева, Т.В. Бедарева, И.М. Насртдинов

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

Теоретические и экспериментальные исследования пространственного распределения яркости неба сыграли важную роль в понимании процессов переноса солнечного излучения в атмосфере и стали основой для разработки методов восстановления атмосферных параметров по данным измерений восходящего и нисходящего рассеянного солнечного излучения в дневных и сумеречных условиях. В большинстве методов решения обратных задач расчеты радиационных характеристик выполняются в предположении горизонтальной однородности атмосферы (ясное небо и сплошная облачность). Вместе с тем, полученные на протяжении двух последних десятилетий результаты численного моделирования показали существенное влияние 3D-эффектов облаков на трансформацию солнечной радиации в атмосфере, неучет которых может стать причиной ошибок восстановления оптических характеристик аэрозоля, облаков и т.д.

В работе представлены алгоритмы метода Монте-Карло для расчета полей спектральной яркости неба и освещенности подстилающей поверхности в безоблачной и малооблачной атмосфере при наблюдениях с поверхности Земли. Моделирование радиационных характеристик с заданным спектральным разрешением выполнено в сферической модели атмосферы для дневных и сумеречных условий. Облако аппроксимируется опрокинутым усеченным параболоидом вращения. Учет молекулярного поглощения в УФ, видимой и ближней ИК-областях спектра выполняется на основе приближения функции пропускания коротким рядом экспонент (метод k-distribution).

Рассматриваются закономерности формирования полей яркости неба и освещенности подстилающей поверхности при появлении на фоне ясного неба изолированного облака. Представлены оценки, характеризующие изменения спектральных характеристик нисходящей солнечной радиации в зависимости от размеров облака, его положения в пространстве, схемы зондирования и условий освещенности.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ (№ 12-05-00169).

**ЧИСЛЕННЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО ЛАЗЕРНОМУ ЗОНДИРОВАНИЮ ОБЛАКОВ В ТЕРАГЕРЦОВОМ СПЕКТРАЛЬНОМ ДИАПАЗОНЕ**

Е.Г. Каблукова<sup>1</sup>, А.А. Лисенко<sup>2,3</sup>, Г.Г. Матвиенко<sup>2</sup>, Ошлаков В.К.<sup>2</sup>

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

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

<sup>3</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

Развитие дистанционного зондирования облаков верхнего и нижнего яруса требует расширения частотного диапазона средств пассивного и активного дистанционного зондирования. Освоение ТГц диапазона ( $f = 0.3 - 10$  ТГц,  $\lambda = 1$  мм - 30 мкм) позволило бы дополнить измерения фазового состава гидрометеоров в области размеров частиц от 30 мкм до 1мм, недоступного для методов дистанционного зондирования оптического, ближнего ИК и миллиметрового диапазонов.

В работе приводятся результаты теоретического исследования возможности использования лазерного излучения ТГц диапазона для дистанционного зондирования облачной атмосферы. Для решения этой задачи в диапазоне  $40 - 250$  см<sup>-1</sup> были выбраны спектральные участки зондирования (рис. 1а) и проведен численный эксперимент по моделированию эхо-сигнала от нижней кромки облака с учетом ослабления сигнала на трассе зондирования. Методом Монте-Карло проведено моделирование влияния крупных и сверхкрупных капель на интенсивность эхо-сигнала и величину фона многократного рассеяния. Полученные оценки дальности зондирования нижней границы облачности в выбранных окнах прозрачности атмосферы в зависимости от удельного содержания осажденной воды показали, что использование ТГц лидара, с наибольшей вероятностью будет возможно только при определенных, достаточно узких условиях, характеризующихся низким удельным содержанием осажденной воды на трассе зондирования. Максимальный радиус действия ТГц лидара в зависимости от удельного содержания осажденной воды на трассе зондирования от  $10^{-1}$  до  $10^{-3}$  см/км может варьироваться от 200 м до 4 км при использовании болометров охлаждаемых до температуры жидкого гелия (рис 1б.).

В целом, проведенные исследования показали, что более перспективно при наличии источников ТГц излучения проводить исследования облачности в верхней атмосфере на высотах свыше пяти километров, где влияние поглощения паров воды на трассе зондирования не будет оказывать существенного влияния на распространение ТГц излучения.

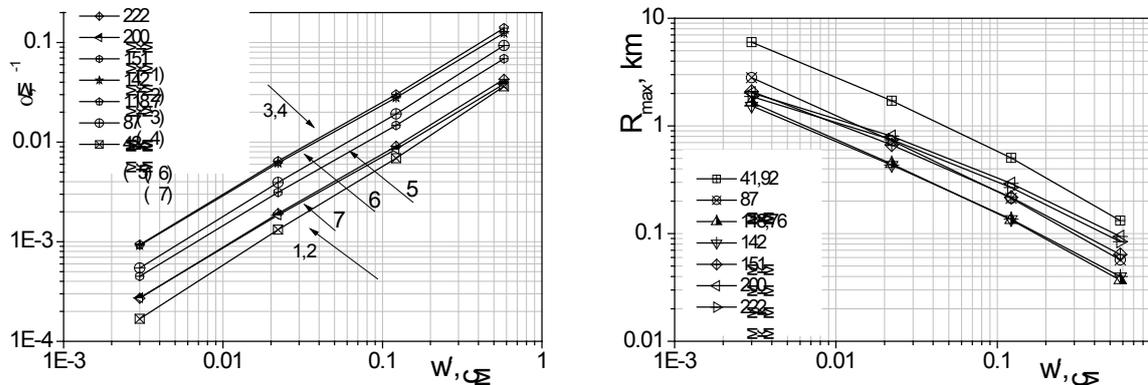


Рис. 1. а) Показатели поглощения центре окон прозрачности атмосферы в зависимости от количества осажденной воды: 1) 45.0 см<sup>-1</sup> (222 мкм), 2) 50.3 см<sup>-1</sup> (200 мкм), 3) 66.4 см<sup>-1</sup> (150 мкм), 4) 70.1 см<sup>-1</sup> (142 мкм), 5) 84.1 см<sup>-1</sup> (118 мкм), 6) 115 см<sup>-1</sup> (87 мкм), 7) 240 см<sup>-1</sup> (42 мкм), б) Расчетные зависимости расстояния  $R_{max}$  на котором может быть зарегистрирован сигнал обратного рассеяния от облака при использовании опто-акустического детектора Голя с  $NEP = 8,45E-11$  Вт/Гц<sup>1/2</sup>.

1. Г.М. Айвазян. Распространение миллиметровых и субмиллиметровых волн в облаках. - Л.:Гидрометеиздат, 1991. 480 с.
2. Мазин И.П., Шмелер С.М. Облака, строение и физика образования. - Л.: Гидрометеиздат, 1983. 279 с.
3. Агеев Б.Г., Матвиенко Г.Г., Пономарев Ю.Н., Чесноков Е.Н. Перспектива использования терагерцового диапазона в атмосферной оптике // Сб. трудов первого рабочего совещания. Генерация и применение терагерцового излучения. Новосибирск. 2006. С. 96-103.
4. А.М. Боровиков, И.П. Мазин Микрофизические характеристики облаков. В кн. Авиационно-климатический атлас справочник СССР. – М.: Гидрометеиздат. 1975. Вып. 3. Т. 1. Ч. 2. С. 127-148.

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРАГЕРЦОВОЙ СПЕКТРОСКОПИИ  
В ЗАДАЧАХ ИССЛЕДОВАНИЯ АЭРОЗОЛЯ**

Д.М. Лубенко<sup>1</sup>, А.А. Лисенко<sup>2,3</sup>, Г.Г. Матвиенко<sup>2</sup>, А.Я. Суханов<sup>2</sup>, В.К. Ошлаков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт сильноточной электроники СО РАН, г. Томск, Россия

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

<sup>3</sup>Томский государственный университет г. Томск, Россия

В настоящее время получил развитие метод ТГц спектроскопии с временным разрешением, основанный на использовании излучения фемтосекундных лазеров, которое используется для генерации короткого импульса ТГц излучения длительностью 1-2 пс с высоким временным разрешением порядка 100-200 фс. Зондирование исследуемого объекта импульсом ТГц излучения позволяет анализировать характеристики исследуемого объекта в широком спектральном диапазоне (0.1 – 10 ТГц), практически недоступном для других спектроскопических методов [1].

Целью настоящей работы является экспериментальная проверка метода спектральной прозрачности (МСП) [2,3] в ТГц области спектра – решение задачи восстановления спектра аэрозолей по размерам по измерениям коэффициента спектральной прозрачности на ТГц спектрометре и сопоставление спектров распределения частиц по размерам полученных МСП и методом оптической микроскопии.

Экспериментальная проверка МСП производилась на мишенях представляющих собой упаковки монослойных узких фракций ценосфер, отличающиеся распределением глобул по размерам. Исследуемые образцы были выделены по технологической схеме, включающей стадии магнитной и гранулометрической сепарации из концентратов ценосфер Московской ТЭЦ-22 и Рефтинской ГРЭС [4]. На Рис. 1 приведен микроснимок ценосфер, полученных методами химического, количественного рентгенофазового анализа для мишени со средним диаметром частиц  $63 \pm 5$  мкм. Основной компонент данной фракции  $\text{SiO}_2$  имеет известный показатель преломления во всем спектральном диапазоне [5]. Измеренный и рассчитанный по теории Ми спектральный коэффициент пропускания  $T_\lambda^y$  для мишени со средним диаметром частиц  $63 \pm 5$  мкм приведены на рис.2. Восстановление спектра размеров частиц МСП дало среднее значение диаметров частиц  $58 \pm 12$  мкм.

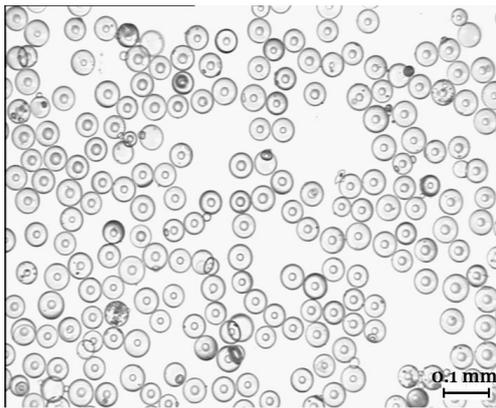


Рис. 1. Оптические микроснимки и состав фракции ценосфер с  $D = 63 \pm 5$  мкм .

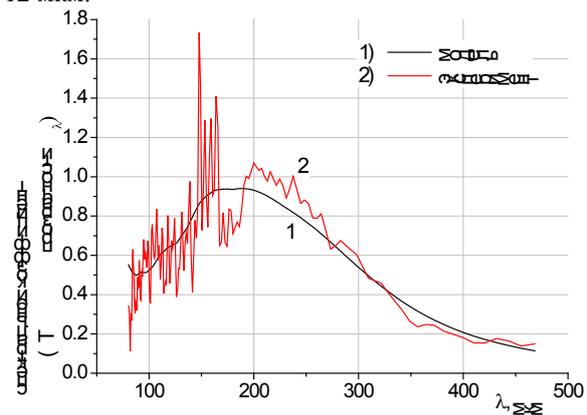


Рис. 2 Экспериментальные и теоретические спектральные коэффициенты пропускания: 1 – расчетные данные, 2 – экспериментальные данные.

Т.о. измеренный методом ТГц спектроскопии спектральный коэффициент пропускания аэрозоля позволил решить задачу восстановления спектра распределения частиц по размерам МСП. Сопоставление спектров распределения частиц по размерам полученных методом МСП и методом оптической микроскопии дало удовлетворительный результат. В целом результаты проведенных исследований подтверждают перспективность использования ТГц диапазона для решения задач атмосферной оптики. Представленная в работе методика определения спектральных характеристик исследуемой среды в ТГц диапазоне может эффективно использоваться при решении задач мониторинга окружающей среды.

1. Царев М.В. Генерация и регистрация терагерцового излучения ультракороткими лазерными импульсами. Нижний Новгород: Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 2010. 74 с.
2. Теоретические и прикладные проблемы рассеяния светат / под редакцией Б.И. Степанова, А.П. Иванова. – Минск: Наука и техника. 1971. 487 с.
3. Ван де Хюлст Г., рассеяние света малыми частицами. – Москва. 1961. 460 с.
4. Шаронова О.М., Аншиц Н.Н., Аншиц А.Г. Состав и морфология ферросфер узких фракций, выделенных из разных типов летучих зол // Неорганические материалы. 2013. Т. 49. №6. С. 625-634.
5. Philipp (1985) in Palik E. Handbook of Optical Constants of Solids. Acad. Press. P. 749.

**ПОЛУЭМПИРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ВЛИЯНИЯ АЭРОЗОЛЯ НА ПРЯМОЙ РАДИАЦИОННЫЙ  
ФОРСИНГ В АТМОСФЕРЕ ПО  
ДАНЫМ ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ**

А.П. Лужецкая, В.А. Поддубный

*Институт промышленной экологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия*

С использованием различных радиационно-аэрозольных характеристик атмосферы, доступных для анализа на сайте AERONET (<http://aeronet.gsfc.nasa.gov>), разработаны полуэмпирические модели для оценки коротковолновой составляющей прямого радиационного форсинга аэрозоля (РФА). На основе данных спектральных фотометрических измерений на Среднем Урале предложены и проанализированы однофакторная, а также линейная и нелинейная многофакторные регрессионные модели. Для построения нелинейной полуэмпирической модели оценки РФА использованы известные аналитические решения простой задачи “рассеяния – поглощения” излучения в аэрозольном слое атмосферы.

Модель однофакторной линейной регрессии была разработана по данным ряда измерений аэрозольной оптической толщи на длине волны 0.5 мкм –  $\tau_{0.5}$ . Зависимости РФА от  $\tau_{0.5}$  были аппроксимированы методом наименьших квадратов линейными функциями. Качество аппроксимации оценивалось коэффициентом детерминации  $R^2$ , который составил на нижней границе атмосферы  $R^2=0.78$ , на верхней границе атмосферы  $R^2=0.69$ .

Выполнен статистический анализ различных характеристик атмосферного аэрозоля, оказывающих влияние на РФА. Показано, что включение в модель дополнительных предикторов: альbedo однократного рассеяния аэрозольных частиц, альbedo подстилающей поверхности позволяет существенно улучшить качество оценок РФА. Коэффициенты детерминации такой линейной многофакторной модели составили на нижней и верхней границе атмосферы соответственно: 0.87 и 0.89.

Коэффициенты детерминации нелинейной многофакторной модели равны 0.65 и 0.89 на нижней и верхней границе атмосферы соответственно. Несмотря на то, что качество нелинейной модели на нижней границе атмосферы оказалось хуже, эта модель работает в более широком диапазоне входных данных и лучше описывает предельные случаи (например,  $\tau_{0.5} \rightarrow 0$  и др.) и, тем самым, является более “универсальной” моделью.

Работа выполнена при поддержке программы фундаментальных исследований УрО РАН, проект № 12-С-2-1017.

**ВЗАИМОСВЯЗЬ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА С АТМОСФЕРНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ  
АЭРОЗОЛЯ В ЛЕДНИКОВЫХ ЦИКЛАХ ПО ПАЛЕОРЕКОНСТРУКЦИЯМ**

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

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

Проведен анализ взаимных изменений концентрации в атмосфере аэрозоля и температурного режима в ледниковых циклах по палеореконструкциям. В том числе анализировались данные антарктических ледовых кернов с российской станции Восток (для последних более 400 тыс. лет) и полученные в рамках международного проекта EPICA (для последних 800 тыс. лет). Для оценки локальной когерентности и взаимных фазовых сдвигов использовались разные методы кросс-вейвлетного анализа.

Мохов И.И., Безверхний В.А., Карпенко А.А. Диагностика взаимных изменений содержания парниковых газов в атмосфере и температурного режима по палеореконструкциям для антарктической станции Восток // Изв. АН, Физика атмосферы и океана. 2005. Т.41. №.5. С.579-592.

Мохов И.И., Безверхний В.А., Карпенко А.А. Взаимные изменения температурного режима и содержания парниковых газов в атмосфере по палеореконструкциям для последних 800 тысяч лет / В: Экстремальные природные явления и катастрофы. Том 1. Оценка и пути снижения негативных последствий экстремальных природных явлений. Отв. ред. А.О. Глико. М.: ИФЗ РАН. 2010. С. 312-319.

**RADIATIVE FORCING OF CLIMATE BY AEROSOLS**

J. E. Penner, C. Zhou and G. Lin  
*Atmospheric, Oceanic and Space Sciences*  
*University of Michigan, Ann Arbor, MI, USA*

Model determination of the direct and indirect radiative forcing of climate by aerosols depends on an accurate description of the formation of aerosols as well as their size distribution. Our group has developed an advanced global scale model of aerosol formation that accounts for differentiation in aerosol type (composition) and size distribution. In addition it includes an advanced formation mechanism for secondary organic aerosol. This talk will describe the latest version of the model and the implications of our aerosol size and type discrimination for predicted climate forcing. I will summarize the primary factors leading to uncertainty in aerosol forcing.

**РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА АЭРОЗОЛЬНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ  
ТОЛЩИНЫ В ПОЛЯРНЫХ РЕГИОНАХ**

В.Ф. Радионов, Е.Н. Русина, Е.Е. Сибир

*ФГБУ «Арктический и Антарктический НИИ», г. Санкт-Петербург, Россия*

Аэрозольная оптическая толщина (АОТ) на длине волны 500 нм и показатель селективности аэрозольного ослабления Ангстрема ( $\alpha$ ) вошли в качестве основных оптических характеристик атмосферного аэрозоля в перечень обязательных для определения параметров на международной сети станций фоновго мониторинга атмосферы (BAPMoN) еще в конце 1960-х – начале 1970-х годов.

В СССР такие станции начали организовывать с 1972 г. Для наблюдений использовались стандартные актинометры М-3 со специально подобранным набором стеклянных светофильтров. Для расчета искомого параметра была разработана специальная методика. Такие измерения проводились периодически и в Арктике.

После 1993 года указанные спектральные наблюдения были прерваны из-за невозможности их метрологического обеспечения. Поэтому сейчас на российских фоновых станциях мы располагаем только данными интегральных наблюдений за прозрачностью атмосферы, дающими косвенную характеристику аэрозольного замутнения атмосферы. АОТ измеряется лишь в обсерватории Мирный в Антарктиде и на российской станции Тикси (станции AERONET) в Арктике.

В настоящее время наиболее широкая наземная сеть спектральных наблюдений за оптическими характеристиками аэрозольной составляющей атмосферы – это международная сеть AERONET (Aerosol Robotic Network). На станциях AERONET, оснащенных сканирующими спектральными радиометрами «Cimel», в режиме реального времени проводятся измерения прямой солнечной радиации на длинах волн 340, 380, 440, 500, 675, 870, 936 и 1020 нм. По результатам этих измерений вычисляются значения спектральной АОТ на указанных длинах волн, и показатель селективности аэрозольного ослабления  $\alpha$ .

Мы представляем результаты анализа данных наблюдений за АОТ и  $\alpha$  на станциях AERONET в Северной и Южной полярных областях, полученные после 2000-ого года.

Для сравнения за тот же период приведены данные измерений интегральной оптической толщины (ИОТ) атмосферы на российских полярных станциях в Арктике и Антарктиде, которые, в свою очередь, сопоставлены с аналогичными данными российских среднеширотных станций фоновго мониторинга атмосферы.

Кроме того, в виде широтных разрезов представлены данные многолетних измерений аэрозольно-оптических характеристик, собранные в разных широтах во время рейсов в Антарктиду научно-экспедиционного судна «Академик Федоров».

За истекший период настоящего века средние месячные значения АОТ на длине волны 500 нм на антарктических станциях AERONET не превышали уровня 0,05 и были как минимум втрое ниже по сравнению с аналогичными арктическими данными.

Среднее значение показателя селективности аэрозольного ослабления на большинстве станций AERONET после 2000-ого года было близко к среднему значению по Ангстрему, характерному для атмосферы в невозмущенном состоянии, и составило  $\alpha = 1,34 \pm 0,18$ .

Средние месячные значения интегральной оптической толщины атмосферы при оптической массе  $m=2$  в Антарктиде, как правило, не превосходили уровня 0,2. На арктических станциях этот уровень был выше в полтора раза и более.

По параллельным наблюдениям за ИОТ и АОТ на длине волны 500 нм в обсерватории Мирный оказалось, что в среднем АОТ (500) при  $m=2$  составляет 12% от интегральной оптической толщины атмосферы.

За истекший период нового века статистически значимых трендов АОТ и ИОТ как в полярных регионах, так и на среднеширотных станциях фоновго мониторинга атмосферы не прослеживается.

**ВЛИЯНИЕ СТРАТОСФЕРНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ НА ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ  
ХАРАКТЕРИСТИКИ УХОДЯЩЕГО СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

В.А. Фалалеева<sup>1,2</sup>, Б.А. Фомин<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>*Московский физико-технический институт (государственный университет),  
г. Долгопрудный, Россия*

<sup>3</sup>*Центральная аэрологическая обсерватория, г. Долгопрудный, Россия*

Аэрозоли и облака составляют основную неопределенность в радиационном форсинге на климат [1], поэтому восстановление характеристик облаков и аэрозолей является важной задачей дистанционного зондирования атмосферы. Для решения таких обратных задач необходима быстрая и точная прямая модель переноса излучения, позволяющая моделировать спектры высокого разрешения. А поскольку аэрозоли и облака являются основными поляризующими факторами в атмосфере, требуется расчет полного вектора Стокса.

Модель Fast Line-by-Line Model (FLBLM) была усовершенствована для учета поляризационных эффектов с использованием методик из [2], возможности модели были продемонстрированы в статье [3]. С помощью численных экспериментов была определена чувствительность спектров линейной поляризации солнечного излучения к изменению структуры аэрозоля в тропосфере, а также к вертикальному профилю и микрофизике перистых облаков [4].

В данном докладе будет рассмотрено влияние стратосферного фонового и вулканического аэрозолей на поляризационные характеристики уходящего солнечного излучения в полосах поглощения газов. Будет обоснована важность высокого спектрального разрешения, которое для исследований стратосферы должно быть на порядок лучше по отношению к тропосфере, поскольку зависит от полуширины спектральных линий, пропорциональной давлению.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ 12-01-00009, 14-01-00197 и 14-31-50047-мол\_нр.

1. IPCC. Summary for Policymakers. Available online: <http://www.ipcc.ch/pdf/assessmentreport/ar4/wg1/ar4-wg1-spm.pdf>
2. Сушкевич Т.А. Математические модели переноса излучения. //М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. 661 с.
3. Fomin B., Falaleeva V. A Polarized Atmospheric Radiative Transfer Model For Calculations Of Spectra Of The Stokes Parameters Of Shortwave Radiation Based On The Line-By-Line And Monte Carlo Methods. //Atmosphere, 3(4), 451 – 467, 2012, doi:10.3390/atmos3040451. Published online 10 Oct 2012 <http://www.mdpi.com/2073-4433/3/4/451>
4. Фалалеева В.А. Влияние микрофизики перистых облаков (Cirrus) на поляризационные характеристики излучения //Одиннадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса", ИКИ РАН, Москва, 2013.

**ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ДВУХФАЗНЫХ ЧАСТИЦ  
СТРАТОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИХ ПО РАЗМЕРАМ  
НА ОПТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ, РАДИАЦИОННЫЙ ФОРСИНГ  
И РАДИАЦИОННУЮ ТЕМПЕРАТУРУ АТМОСФЕРЫ**

В.А. Фролькис<sup>1,2</sup>, А.М. Кокорин<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова, г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup>Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

<sup>3</sup>Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Санкт-Петербургский филиал

Исследуется влияние распределения по размерам и внутренней структуры двухфазных частиц стратосферного аэрозоля на его оптические характеристики (в приближении Ми), радиационный форсинг и радиационную температуру. Размеры частиц описываются логарифмически нормальным законом распределения с различными значениями параметров положения и формы. Внутренняя структура, обусловленная двухфазным составом частиц, моделируется а) различными значениями отношения полного радиуса частицы к радиусу ее ядра, что позволяет оценить степень растворения ядра в сернокислой оболочке, и б) представлением частиц в виде: частиц с четкой границей между ядром и оболочкой; частиц с размытой границей между фракциями; частиц с полностью растворимым ядром. Рассчитаны для оптической толщиной 0.05 аэрозольного слоя: коэффициенты ослабления, альbedo однократного рассеяния и факторы асимметрии в видимом, БИК и ИК диапазонах; мгновенный радиационный форсинг; изменение радиационной температуры атмосферы.

**THE INFLUENCE OF VARIOUS VARIANTS OF BOTH TWO-PHASE STRATOSPHERIC  
AEROSOL PARTICLES AND THEIR SIZE DISTRIBUTION ON OPTICAL PARAMETERS,  
RADIATIVE FORCING AND RADIATIVE TEMPERATURE CHANGE OF ATMOSPHERE**

V.A. Frolkis<sup>1,2</sup>, A.M. Kokorin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>A.I. Voeikov Main Geophysical Observatory

<sup>2</sup>Imperator Alexandr I Petersburg State Transport University

<sup>3</sup>P.P. Shirshov Institute of Oceanology, St. Petersburg Department

The influence of size distribution and internal structure of stratospheric aerosol particles on its optical characteristics (in Mie approximation) and radiative forcing is investigated. Particle sizes are described by the log-normal distribution with various parameter values. Internal structure due to particles two-phase composition is modelled by various ratio of the total particle radius to its nucleus one, which allows to evaluate the degree of nucleus dissolution in the sulphuric acid shell, and the presentation of the particles in the form of: particles with a sharp boundary between the nucleus and shell; particles with a diffuse boundary between the fraction; particles with completely soluble nucleus. The coefficients of extinction, the single scattering albedo and the asymmetry factor in the visible, NIR and IR intervals, instantaneous radiative forcing and radiative temperature change of atmosphere due to 0.05 optical thickness of aerosol layer are calculated.

*D. Обратные задачи в исследованиях аэрозоля и облаков / Inverse problems in aerosol and cloud study*

**ОБ ИЗМЕРЕНИИ ИНТЕГРАЛЬНОГО СОДЕРЖАНИЯ  
ФОРМАЛЬДЕГИДА В ТРОПОСФЕРЕ**

А.Н. Боровский<sup>1</sup>, А.С. Елохов<sup>1</sup>, О.В. Постыляков<sup>1</sup>, Y. Kanaya<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>*Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Yokohama, Japan*

В Москве и Звенигороде проводится регистрация спектров рассеянного солнечного излучения в ультрафиолетовой и видимой областях спектра. В работе рассматривается новый метод восстановления интегрального содержания (ИС) формальдегида в тропосфере по измерениям в диапазоне 330-380 нм, который может быть применим как в облачных, так и в безоблачных условиях.

Формальдегид является короткоживущим продуктом окисления летучих органических соединений и тесно связан с их природными и антропогенными источниками. Формальдегид играет большую роль в химии тропосферного озона, поэтому мониторинг ИС формальдегида является важной составляющей контроля качества воздуха. Ранее авторы разработали метод восстановления ИС формальдегида по наблюдениям в безоблачных условиях [1].

Восстановление содержания НСНО в наклонном столбе атмосферы проводится с помощью методики DOAS. Для пересчета наклонных содержаний примесей в вертикальные распределения используются факторы воздушной массы, рассчитанные по модели МСС++ [2]. Информация о метеорологических условиях наблюдений привлекалась из архива метеоданных станций Мосэкомониторинга и метеорологических сводок о фактической погоде в аэропорту Внуково. Из спектров, зарегистрированных прибором японского производства JAMSTEC MAX-DOAS на станции в Звенигороде, получены первые результаты измерений наклонных содержаний НСНО в различных метеоусловиях.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ, грант 14-05-90012.

1. Borovski A., Grechko E., Djola A., Elokhov A., Postylyakov O., Kanaya Y. First measurements of formaldehyde integral content at Zvenigorod Scientific Station // Submitted to Int.J. of Remote Sensing.

2. Постыляков О.В. Модель переноса радиации в сферической атмосфере с расчетом послыных воздушных масс и некоторые ее приложения // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2004. Т. 40. №3. С. 314-329

**КВАЗИДВУХПОТОКОВОЕ РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ПЕРЕНОСА ИЗЛУЧЕНИЯ,  
ПРИГОДНОЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ**

В.П. Будак, О.В. Шагалов  
*НИУ МЭИ, г. Москва, Россия*

Согласно требованиям, выдвигаемым обратными задачами оптического дистанционного зондирования к прямым моделям, алгоритм является эффективным, если на вычисления для одной длины волны с точностью не хуже одного процента тратится не более одной секунды. В настоящее время лучшей реализацией прямой модели является программа MVDOM, в которой решение представлено в классической форме – аналитически в виде суммы анизотропной части (содержащей особенности, порождаемые лучевым приближением) и гладкой добавки, определяемой численно. Анизотропная часть ищется с помощью малоугловой модификации метода сферических гармоник, а регулярная – методом дискретных ординат (МДО). На вычисление с необходимой точностью данному алгоритму требуется около 30 минут. При этом вычисления без тонкой структуры требуют доли секунды. Такая существенная разница во времени послужила идеей не тратить время на МДО, а воспользоваться методом синтетических итераций. При этом итерация разбивается на два этапа. На первом шаге важно точно учесть энергетику, а на втором уточнить угловое распределение обычной итерацией. В качестве приближенного решения в настоящей работе предлагается использовать двухпотокное приближение, как самый простой и быстрый метод решения уравнения переноса излучения. В настоящее время господствуют многослойные плоские модели атмосферы на основе матрично-операторного метода. При этом время счета линейно растет с количеством слоев, а также теряется точность на нахождении большого числа обратных матриц. В работе предложено решение для многослойных систем через матрицу-пропагатор (в случае дискретного уравнения переноса - матрицант). Решение в такой форме позволяет не только увеличить время счета в количество слоев раз, но и избежать потери точности на вычислении обратных матриц. При этом фактически происходит уход от многослойности, что открывает путь к построению обратного оператора.

**ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАССЕЯННОЙ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ НАД НЕОДНОРОДНЫМИ ЛАНДШАФТАМИ**

Я.А. Илюшин

*МГУ им. М.В. Ломоносова, Физический факультет, г. Москва, Россия*

В докладе представлены результаты исследования полей солнечной радиации в рассеивающей атмосфере над неоднородными подстилающими поверхностями. Мотивацию к исследованию составляют два основных вопроса: 1) насколько измерения поляризации важны для оценки оптических толщин атмосферного аэрозоля и 2) степень влияния неоднородного ландшафта земной поверхности. Компьютерное моделирование проводилось прямым численным решением уравнения переноса излучения в двумерной области с помощью конечно-разностного алгоритма на основе метода дискретных ординат (ДО). Угловые распределения параметров Стокса на сфере аппроксимировались Гауссовской квадратурной формулой 29го порядка точности (302 узла на сфере).

Проведено численное моделирование рассеяния солнечной радиации в атмосфере как для Рэлеевского закона рассеяния, так и для мелкодисперсной фракции аэрозоля с умеренно анизотропной фазовой функцией рассеяния. Для различных конфигураций наблюдения рассеянного излучения, вычислялась и анализировалась Байесовская функция правдоподобия. По результатам моделирования проводились Байесовские оценки оптической толщины как самостоятельно, так и совместно с другими параметрами модели (альbedo однократного рассеяния, полусферическое альbedo ламбертовского отражения подстилающей поверхности и т.д.) для одномерной и трехмерной моделей. В докладе обсуждается целесообразность поляризационных измерений в различных наблюдательных ситуациях.

Исследование частично поддержано проектом конкурса ориентированных физических исследований РФФИ 13-02-12065 “Фундаментальные задачи микроволнового дистанционного зондирования Земли из космоса” и Международным институтом космической науки (International Space Science Institute, Берн, Швейцария).

Автор благодарит администрацию Научно-Исследовательского Вычислительного Центра (НИВЦ) за предоставление доступа к вычислительным ресурсам суперкомпьютерного комплекса параллельных вычислений СКИФ-ГРИД МГУ "Чебышев" [1].

1. Воеводин Вл.В., Жуматий С.А., Соболев С.И., Антонов А.С., Брызгалов П.А., Никитенко Д.А., Стефанов К.С., Воеводин Вад.В. Практика суперкомпьютера "Ломоносов" // Открытые системы. - Москва: Издательский дом "Открытые системы", 2012.

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ГОРОДСКИХ АЭРОЗОЛЕЙ И ИХ РЕСПИРАБЕЛЬНЫХ ФРАКЦИЙ НА ОСНОВЕ МНОГОЧАСТОТНОГО ЛИДАРНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ**

С.А. Лысенко, М.М. Кугейко, В.В. Хомич

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь*

Рассмотрена обратная задача восстановления микроструктуры многокомпонентных городских аэрозолей из лидарных сигналов, измеренных на длинах волн 0.355, 0.532, 1.064, 1.5 мкм. Для решения задачи используется регрессионный метод, основанный на предварительно построенных регрессионных соотношениях между оптическими и микроструктурными параметрами аэрозоля, и численный метод, включающий параметризацию распределения частиц по размерам и регуляризацию с выбором параметра регуляризации по невязке. В рамках замкнутого численного моделирования показана возможность восстановления массовых концентраций частиц с размерами  $1 \text{ мкм} \leq 2.5 \text{ мкм}$  и  $\leq 10 \text{ мкм}$  (респираторные частицы). При этом регрессионный метод решения обратной задачи значительно более устойчив к вариациям комплексных показателей преломления аэрозольных компонент и погрешности оптических измерений, чем его итерационный аналог. Получены уравнения множественных регрессий между массовыми концентрациями респираторных фракций аэрозоля и спектральными значениями его коэффициента ослабления, позволяющие выполнять интерпретацию данных многочастотного лидарного зондирования с минимальным использованием априорной информации. Проведен численный эксперимент по лидарному зондированию микроструктуры аэрозоля в фоновой атмосфере и дымовом шлейфе с использованием полученных регрессий, демонстрирующий возможность полной автоматизации процесса измерений. Оценены погрешности восстановления массовой концентрации пыли, выбрасываемой в атмосферу предприятиями по производству цемента, из результатов зондирования на длинах волн, соответствующих Nd:YAG<sup>3+</sup>-лазеру; установлены наборы из двух (0.532; 2.14 мкм) и трех (0.532; 1.56; 2.14 мкм) длин волн оптического зондирования, оптимальные в плане их информативности относительно концентрации и устойчивости соответствующих им решений обратной задачи к погрешностям оптических измерений и влиянию формы пылевых частиц. Установлена тесная корреляция между концентрацией пыли и ее коэффициентом ослабления на длине волны 2.14 мкм, позволяющая восстанавливать концентрацию из результатов одночастотного зондирования с погрешностью ~ 8 %.

**О ФРАКТАЛЬНО-СКЕЙЛИНГОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ ТРОПОСФЕРЫ И ИОНОСФЕРЫ**

А.А. Потапов

*ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, г. Москва, Россия*

В рамках настоящей работы приведены результаты экспериментальных исследований фрактальных характеристик реальных процессов радиотеплового излучения на длине волны 8.2 мм, а также представлены некоторые экспериментальные результаты по фрактально-скейлинговым методам обнаружения и идентификации искусственных ионосферных возмущений. В первом случае анализировались данные, полученные в чистой тропосфере, кучево-дождевой облачности и в слоисто-кучевых облаках. Во втором случае использовались экспериментальные данные ИЗМИРАН и НИИДАР. Из полученных результатов четко определяется скейлинг турбулентности и ее фрактальность при негауссовских распределениях в шкале радиотеплового излучения. При этом должна работать модель дальних корреляций, а, следовательно, существовать режимы супердиффузии и субдиффузии и наблюдаться устойчивые функции распределения с информативными «тяжелыми хвостами». Полученные в докладе результаты показывают перспективность использования фрактальной - скейлинговой обработки информации в научных и прикладных задачах исследования тропосферы и ионосферы современными методами радиофизики. Отметим, что результативность радиофизических исследований может быть значительно повышена благодаря учету фрактальности волновых явлений, развивающихся на всех этапах излучения, рассеяния и распространения волн в различных случайно-неоднородных средах. Коренное отличие разработанного автором фрактально-скейлингового метода от классического связано с принципиально иным подходом к основному составляющим сигнала и поля [1 - 3]. Это позволяет перейти на новый уровень информационной структуры реальных немарковских сигналов и полей.

1. Потапов А.А. Фракталы в радиофизике и радиолокации.- М.: Логос, 2002.- 664 с.
2. Потапов А.А. Фракталы в радиофизике и радиолокации: Топология выборки. Изд. 2-е, перераб. и доп.- М.: Университетская книга, 2005.- 848 с.
3. Потапов А.А. Оценки фрактальных характеристик радиотеплового излучения атмосферы // Abstracts Int. Conf. "Turbulence and Wave Processes", dedicated to the centenary of Mikhail D. Millionshchikov (1913 – 1973) (November 26 – 28, 2013, Moscow, MSU).- М.: INTUIT.RU Ltd., 2013. P. 155 – 158.

**НЕСТАЦИОНАРНЫЕ МОДЕЛИ ПЕРЕНОСА ИЗЛУЧЕНИЯ  
В СЛОИСТОЙ АТМОСФЕРЕ**

И.В. Прохоров

*Институт прикладной математики ДВО РАН, г. Владивосток, Россия  
Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия*

В докладе рассматриваются вопросы, связанные с численным моделированием нестационарных процессов переноса оптического излучения в слоистой атмосфере. Математическая модель включает в себя нестационарное уравнение переноса излучения в плоскопараллельной симметрии, френелевские условия сопряжения на границе раздела сред и краевые условия на внешней границе неоднородного слоя [1,2]. Для численного решения начально-краевой задачи предлагается рекурсивный метод Монте-Карло, особенностью которого заключается в том, что при статистическом моделировании строится целое дерево траекторий. В узлах дерева происходит ветвление, соответствующее эффектам преломления, отражения и рассеяния фотонов, причем статистическая погрешность алгоритма обусловлена, только рассеянием. Эффекты отражения и преломления, за исключением ошибок округления и ограничения по количеству актов взаимодействия с границей раздела, учитываются точно. Для обоснования применимости метода Монте-Карло доказана разрешимость начально-краевой задачи и представление решения в виде равномерно сходящегося ряда Неймана [2]. Получены оценки поведения решения при больших временах и предложены способы уменьшения статистической ошибки метода Монте-Карло. Проведены вычислительные эксперименты, подтверждающие выводы теории. Обсуждаются различные постановки обратных задач атмосферной оптики для нестационарной модели переноса излучения и пути их решения [3,4].

1. Прохоров И.В., О разрешимости начально-краевой задачи для интегро-дифференциального уравнения //Сибирский математический журнал. 2012. Т. 53. № 2. С. 377–387.
2. Прохоров И.В., Задача Коши для уравнения переноса излучения с обобщенными условиями сопряжения //Журнал вычислительной математики и математической физики. 2013. Т. 53, № 5. С. 753-766.
3. Прохоров И.В., Яровенко И.П., Исследование задач оптической томографии методами теории переноса излучения //Оптика и спектроскопия. 2006. Т. 101. № 5. С. 817-824.
4. Prokhorov I.V., Yarovenko I.P., Nazarov V.G. Optical tomography problems at layered media // Inverse Problems. 2008. Vol. 24. Issue 2. 025019. (13 pp).

**ЗАДАЧА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРЕЛОМЛЕНИЯ  
СЛОИСТОЙ РАССЕИВАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

И.П. Яровенко

*Институт прикладной математики ДВО РАН, г. Владивосток, Россия*

В работе рассматривается задача определения показателей преломления слоистой рассеивающей среды по известному отраженному потоку. Задача ставится как обратная коэффициентная задача для уравнения переноса излучения с обобщенными условиями сопряжения на границах разрыва коэффициентов среды. Данные условия моделируют эффекты преломления и отражения потока при переходе излучения через границу раздела материалов [1].

В основе метода решения задачи лежит наличие особенностей у решения уравнения переноса излучения при приближении направления к углу полного внутреннего отражения [2]. Для решения задачи вводится специальная индикаторная функция, которая неограниченно растет при приближении ее аргумента к величинам искомым показателям преломления. Приводятся результаты численных экспериментов по определению показателей преломления. Обсуждаются ограничения предполагаемые при обосновании метода и доказательстве теоремы единственности решения обратной задачи.

1. Прохоров И.В., Яровенко И.П. Краевая задача теории переноса излучения в многослойной среде с обобщенными условиями сопряжения// Сибирский журнал индустриальной математики. 2003. Т.6. № 1 (13). С. 93-107.

2. Prokhorov I.V., Yarovenko I.P., Nazarov V.G. Optical tomography problems at layered media// Inverse Problems. 2008. Vol. 24. Issue 2. 025019.

*Е. Аэрозоль и экология, экстремальные аэрозольные ситуации / Aerosol and environment. Extreme aerosol events*

### **ТБИЛИССКИЙ ТИП СМОГА И ЕГО ОСОБЕННОСТИ**

А.Г. Амиранашвили

*Институт геофизики им. М. Нодиа Тбилисского  
государственного университета им И. Джавахишвили, г. Тбилиси, Грузия*

Представлены некоторые результаты анализа данных мониторинга в 2009-2012 гг. в Тбилиси смогообразующих и сопутствующих им параметров атмосферы как в режиме постоянных измерений на двух стационарных базах наблюдения (территория термобарокамеры и лаборатория космических лучей Института геофизики), так и в режиме эпизодических маршрутных измерений на 20 пунктах в различных районах города (содержание в воздухе озона, субмикронных аэрозолей, радона, легких ионов; интенсивность солнечной радиации, дальность видимости, облачность, температура, влажность, ветер, давление; гамма-радиация почвы; интенсивность галактических космических лучей).

Приводится физико-статистическая модель связей процессов образования фотохимического смога и озона с различными параметрами атмосферы, на основании которой установлены условия образования смогового озона в различные сезоны года.

Представлены карты пространственного распределения озона, аэрозолей, легких ионов, радона и гамма-излучения почвы. Показано, что по данным стационарного пункта измерений (термобарокамера) можно оценить уровень загрязненности воздуха города Тбилиси в целом.

Выявлены особенности эффекта радионуклидного излучения в образовании вторичных аэрозолей в условиях города Тбилиси (Тбилисский тип смога). Интенсификация ионизацией аэрозольного загрязнения атмосферы в условиях Тбилиси настолько сильна, что это приводит также к ухудшению качества воздуха и в аспекте его ионного состава. В целом Тбилисский тип смога характеризуется невозможной в естественных условиях обратной связью содержания радона, гамма-радиации и космического излучения с концентрацией легких ионов в воздухе, вызванной образованием вторичных аэрозолей в количестве, которое в совокупности с первичными частицами способно присоединять к себе больше ионов, чем их образуется при ионизации [1,2]. Предполагается, что Тбилисский тип смога может иметь место также и в других городах с сильно загрязненной атмосферой.

1. Amiranashvili A. Tbilisi Type of Smog as Attribute of Feedback Effect Between the Air Ionization Intensity and Small Ions Concentration, Proc. of 7th Asia-Pacific Int. Conf. on Lightning, Chengdu, China, November 1-4, 2011, <http://www.apl2011.net>.

2. Амиранашвили А.Г., Блиадзе Т.Г., Чихладзе В.А. Фотохимический смог в Тбилиси, Моногр., Тр. Ин-та геофизики им. М. Нодиа. 2012. Т. 63. ISSN 1512-1135. Тбилиси. 2012. 160 с., (на грузинском яз.)

**СУБМИКРОННЫЕ АЭРОЗОЛИ В АТМОСФЕРЕ ТБИЛИСИ  
И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЗДОРОВЬЕ ЛЮДЕЙ**

А.Г. Амиранашвили, Т.Г. Блиадзе, Д.Д. Киркитадзе, В.А. Чихладзе, А.Ш. Чанкветадзе  
*Институт геофизики им. М. Нодиа Тбилисского государственного  
университета им И. Джавахишвили, г. Тбилиси, Грузия*

Приводятся результаты анализа данных 2010-2011 гг. о суммарной концентрации субмикронных аэрозолей  $N$  без учета погодных условий.

Концентрация аэрозолей диаметром более 0.1 мкм измерялась с помощью прибора ФАН, работающего в счетном режиме, 4 раза ежедневно: в 9, 12, 15 и 18 час. (в зимнее время – в 17 час). Измерения проводились на высоте 3 этажа здания термобарокамеры Института геофизики (центральная часть г. Тбилиси, долина реки Куры, относительно малозагрязненное место, 8 метров над уровнем почвы, 41.754° с.ш., 44.927° в.д, высота 450 м над ур. моря) [1,2].

**Получены следующие результаты:**

Среднедневная концентрация субмикронных аэрозолей менялась от 316 см<sup>-3</sup> в до 28602 см<sup>-3</sup>, при среднем значении 2702 см<sup>-3</sup>; минимальное значение  $N$  составляло 110 см<sup>-3</sup>, максимальное - 48070 см<sup>-3</sup>.

Средняя годовая концентрация аэрозолей в 9 час. составляла 2872 см<sup>-3</sup>, в 15 час. - 2519 см<sup>-3</sup>.

По годовым данным коэффициент линейной корреляции между среднедневными концентрациями субмикронных аэрозолей и их часовыми значениями достаточно высок (0.91-0.97). Коэффициент корреляции между часовыми значениями  $N$  меняется от 0.77 до 0.91.

Максимум распределения среднедневной концентрации субмикронных аэрозолей по данным за год, теплое (апрель-сентябрь) и холодное (октябрь-март) полугодия приходится на диапазон 1001-2000 см<sup>-3</sup> (31.9 %, 34.9 % и 28.8 % соответственно).

При среднедневной концентрации субмикронных аэрозолей более 1000 см<sup>-3</sup> в Тбилиси отмечался рост на 11% числа вызовов скорой медицинской помощи.

1. Амиранашвили А.Г., Блиадзе Т.Г., Киркитадзе Д.Д., Никофоров Г.В., Нодиа А.Г., Харчилава Д.Ф., Чанкветадзе А.Ш., Чихладзе В.А., Чочишвили К.М., Чхаидзе Г.П. Некоторые предварительные результаты комплексного мониторинга концентрации приземного озона (КПО), интенсивности суммарной солнечной радиации и содержания в воздухе субмикронных аэрозолей в Тбилиси в 2009-2011 гг. Тр. Ин-та геофизики им. М. Нодиа, ISSN 1512-1135. Т. 62. Тбилиси. 2010. С. 189-196.

2. Амиранашвили А.Г., Блиадзе Т.Г., Чихладзе В.А. Фотохимический смог в Тбилиси. Моногр., Тр. Ин-та геофизики им. М. Нодиа Т. 63. ISSN 1512-1135. Тбилиси. 2012 160 с., (на грузинском яз.).

**НАНОЧАСТИЦЫ В АТМОСФЕРЕ: ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ**

М.Ю.Аршинов, Б.Д. Белан

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

В данной работе приводится статистика повторяемости нуклеационных всплесков (НВ) в атмосфере бореальной зоны Западной Сибири, основанная на данных измерений, проведенных в последние годы на обновленной аппаратуре, и классификации суточной динамики спектра размеров аэрозольных частиц, предложенной авторами [1]. Это позволило получить более качественную информацию о НВ, и уточнить полученную ранее статистику их повторяемости в данном регионе [2]. Так в работе [2] было показано, что только 10% дней можно было отнести к событиям НВ. Анализ же данных за период 2010-2013 г.г. показал, что доля нуклеационных всплесков составляет 20-30% в год. Сезонный ход и среднегодовая величина повторяемости всплесков в Западной Сибири идентичны наблюдаемым в бореальных лесах на фоновых станциях Скандинавии [3].

Модернизация самолетного аэрозольного комплекса, проведенная в 2010 году, так же позволила получить вертикальное распределение счетного спектра размеров наночастиц с хорошим разрешением над обширной территорией Сибири.

1. Hamed A., Joutsensaari J., Mikkonen S., Sogacheva L., Dal Maso M., Kulmala M., Cavalli F., Fuzzi S., Facchini M. C., Decesari S., Mircea M., Lehtinen K. E. J., and Laaksonen A. Nucleation and growth of new particles in Po Valley, Italy // *Atmos. Chem. Phys.* 2007. V. 7. № 2. P. 355–376, doi:10.5194/acp-7-355-2007.

2. Dal Maso M., Sogacheva L., Anisimov M. P., Arshinov M., Baklanov A., Belan B., Khodzher T. V., Obolkin V. A., Staroverova A., Vlasov A., Zagaynov V. A., Lushnikov A., Lyubovtseva Y. S., Riipinen I., Kerminen V.-M., Kulmala M. (2008), Aerosol particle formation events at two Siberian stations inside the boreal forest, *Boreal Environment Research*. V. 13, № 2. P. 81–92.

3. Dal Maso M., Sogacheva L., Aalto P., Riipinen I., Komppula M., Tunved P., Korhonen L., Suur-uski V., Hirsikko A., Kurten T., Kerminen V., Lihavainen H., Viisanen Y., Hansson H., and Kulmala M. Aerosol size distribution measurements at four Nordic field stations: identification, analysis and trajectories analysis of new particle formation bursts // *Tellus*. 2007. V. 59. №3 . P. 350–361.

**КОНЦЕНТРАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО И НЕОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В СТОЛБЕ  
АТМОСФЕРЫ В ПЕРИОД АНОМАЛЬНОЙ ДЫМОВОЙ МГЛЫ**

Т.В. Бедарева, Т.Б. Журавлева

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

Оценки ежегодной эмиссии углерода при пожарах на территории России по разным источникам составляют от 4-35 до 500 млн. тонн, что сопоставимо с промышленными выбросами. Для улучшения качества климатических моделей и повышения достоверности прогноза необходимы непрерывные измерения концентрации углеродсодержащих частиц с высоким пространственным разрешением. Однако географическое распределение пунктов наземного аэрозольного мониторинга носит точечный разрозненный характер, диктуя необходимость развития полуэмпирических методов для оценки как временной, так и региональной (торфяные, степные, лесные пожары) изменчивости концентрации углеродсодержащих компонент дымового аэрозоля по данным дистанционного зондирования. Рассматриваемый здесь подход, предполагающий использование данных глобальной фотометрической сети AERONET, представляет собой первый шаг в этом направлении.

В работе предлагается обобщающая опыт предшествующих исследователей (G. Shuster, L.Wang и др.) методика оценки объемного содержания, концентрации и эффективности поглощения органического и неорганического углерода в столбе атмосферы с использованием оптических и микроструктурных параметров аэрозоля, восстановленных по данным наземных измерений прямой и рассеянной солнечной радиации. Подход апробирован на данных Томской, Звенигородской и Московской (МГУ) станций AERONET в фоновых условиях и условиях аномальной дымовой мглы в летний период 2010 и 2012 гг. Показано, что органический углерод превалирует в дымовой эмиссии, обеспечивая возрастающий с ростом длины волны спектральный ход альbedo однократного рассеяния в диапазоне спектра 440-675 нм и сравнительно высокие значения альbedo в спектральном интервале 675-1020 нм. Установлено, что в периоды сильного дымового замутнения атмосферы доля органического углерода существенно превышает долю неорганического и может достигать 10 и более процентов.

Проанализирована временная динамика восстановленных значений массовой концентрации органического и неорганического углерода в столбе атмосферы с данными измерений массовой концентрации сажи ('soot'), полученными с помощью аэталометра в приземном слое в условиях дымовой мглы 2012 г. в Томске. Продемонстрирована синхронная изменчивость исследуемых характеристик.

Авторы выражают благодарность М.В. Панченко, С.М. Сакерину, М.А. Свириденкову и Н.Е. Чубаровой за возможность использования данных AERONET (станции г. Томск, г. Звенигород, г. Москва (МГУ)).

**АНТРОПОГЕННЫЙ АЭРОЗОЛЬ НАД АРКТИЧЕСКИМ ПОБЕРЕЖЬЕМ РОССИИ:  
ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ И ЧЕРНЫЙ УГЛЕРОД,  
ВРЕМЕННЫЕ И ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ВАРИАЦИИ**

А.А. Виноградова<sup>1</sup>, Т.Я. Пономарева<sup>2</sup>, В.П. Шевченко<sup>3</sup>

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

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

<sup>3</sup>Институт океанологии им. П.П. Ширинова РАН, г. Москва, Россия

Арктика – регион, где сталкиваются экономические и экологические научные и практические аспекты и интересы в условиях заметных климатических изменений и активного внедрения добывающей промышленности. Работа обобщает многолетние исследования переноса воздушных масс и антропогенных аэрозольных примесей в Российскую Арктику, начатые авторами в середине 1980-х годов.

Выявлены пространственные, сезонные и долговременные закономерности и особенности в процессах переноса воздушных масс в Российскую Арктику. В XXI веке атмосферный воздух на северных островах и побережье Евразии стал более морским, что может повлиять на состав почв, речных и озерных вод, на условия существования сухопутной флоры и фауны региона [1].

В 2000-е годы изменения уровня загрязнения окружающей среды в Арктике определялись в основном изменениями эмиссии антропогенных источников, а не циркуляции атмосферы, как это было в предыдущие десятилетия. Выявлены города и регионы России, являющиеся наиболее значимыми источниками тяжелых металлов и сажи для разных арктических районов. Показано заметное влияние добычи углеродсодержащих топлив в Западной Сибири на содержание сажи (черного углерода) в воздухе прилегающих арктических территорий. Оценены эмиссии Fe и Al открытого карьера добычи руды в районе г. Костомукша [2].

Рассчитанные пространственные распределения функции чувствительности к потенциальным источникам аэрозольных примесей для различных арктических территорий в разные сезоны позволяют оценивать влияние как точечных (города), так и протяженных источников загрязнения (регионы, пожары и т.д.) [3].

Показано, что элементный состав кустистых эпифитных лишайников на северо-западе ЕТР отражает влияние антропогенных источников и согласуется с результатами модельных оценок среднего многолетнего загрязнения воздуха тяжелыми металлами со стороны ближайших крупных промышленных центров и регионов России [4].

1. Виноградова А.А., Пономарева Т.Я. // Оптика атмосферы и океана. 2012. Т. 25. № 6. С. 475-483.
2. Виноградова А.А., Иванова Ю.А. // Изв. РАН. Сер. Географическая. 2013. №5. С. 100-110.
3. Виноградова А.А. // Геофизические процессы и биосфера. 2014. Т. 13. (В печати).
4. Виноградова А.А., Замбер Н.С., Кутенков С.А., Шевченко В.П. // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 5; [www.science-education.ru/105-6962](http://www.science-education.ru/105-6962).

**СТАТИСТИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СРЕДНЕСУТОЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ  
АЭРОЗОЛЯ В АТМОСФЕРЕ МОСКОВСКОГО МЕГАПОЛИСА**

А.С. Гинзбург<sup>1</sup>, П.Ф. Демченко<sup>1</sup>, Г.И. Горчаков<sup>1</sup>, Г.Г. Александров<sup>1</sup>, Н.Н. Завалишин<sup>1</sup>, Н.И. Юдин<sup>1</sup>,  
А.И. Вересков<sup>2</sup>, П.Е. Захарова<sup>3</sup>, Е.А. Лезина<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>*ВНИИ метрологии и стандартизации Росстандарта РФ, г. Москва, Россия*

<sup>3</sup>*ГПБУ «Мосэкомониторинг», г. Москва, Россия*

В докладе представлены первые результаты статистического прогнозирования статистического прогнозирования среднесуточных концентраций  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$  в местах расположения автоматизированных станций контроля загрязнения атмосферы (АСКЗА) ГПБУ «Мосэкомониторинг» вблизи автомагистралей, на жилых, природных и смешанных территориях.

Алгоритм прогноза средней концентрации аэрозоля на следующие сутки основан на уравнении множественной нелинейной регрессии концентрации аэрозоля на значения метеорологических факторов и на значения концентрации в предшествующие дни. Нелинейность алгоритма связана с особенностями переноса примесей в пограничном слое атмосферы при слабых ветрах, эффектом выходных и праздничных дней.

Расчеты проводились отдельно для холодных, теплых и переходных сезонов для нескольких лет наблюдений. Испытания метода показали, что результаты прогнозирования среднесуточной концентрации на день вперед по методу нелинейной регрессии с относительно короткой обучающей выборкой (два месяца), значительно лучше коррелируют с данными наблюдений, чем инерционный прогноз. Показано, что при этом методе прогнозирования можно пользоваться едиными для всего мегаполиса метеорологическими предикторами.

**МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ АЭРОЗОЛЬНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ТОЛЩИНЫ АТМОСФЕРЫ В МОСКВЕ С УЧЕТОМ КОРРЕКЦИИ В СИЛЬНО ЗАМУТНЕННОЙ АТМОСФЕРЕ**

Е.В. Горбаренко<sup>1</sup>, А.Н. Рублев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>МГУ им. М.В. Ломоносова, Географический факультет, г. Москва, Россия

<sup>2</sup>НИЦ «ПЛАНЕТА», г. Москва, Россия

Использование сетевых актинометрических наблюдений за прямой солнечной радиацией, проводимой на сети станций с 1950-х годов, позволило получить статистически обеспеченные данные об оптических свойствах аэрозоля для больших территорий за длительный период времени. Непосредственно для определения по этим данным аэрозольной оптической толщины атмосферы (АОТ550) на эффективной длине волны солнечного спектра  $\lambda_0=550$  нм в 1990 году совместно с сотрудниками ИФА РАН была разработана расчетная методика. В метеорологической обсерватории (МО) МГУ на основе этой методики более чем за пятьдесят пять лет (с 1955 по 2013 гг.) определены климатические нормы и оценены пределы изменчивости АОТ550, обусловленные естественными и антропогенными факторами.

Известно, что определение АОТ550 по данным стандартных наблюдений сопровождается рядом методических погрешностей, связанных с измерением прямой радиации актинометром Янишевского. Рассмотрению вопросов учета и компенсации этих погрешностей посвящено большое количество работ. В докладе рассмотрена погрешность, связанная непосредственно с вышеупомянутой методикой определения АОТ550. При ее разработке использовался диапазон значений АОТ550 от нуля до единицы. При значениях больше единицы ошибка в определении АОТ550 возрастает за счет выхода за верхнее предельное значение.

Для компенсации этой погрешности при обработке измерений в сильно замутненной атмосфере получена специальная коррекционная формула. Вычисления необходимых поправок в определение АОТ проводились по разработанной интерполяционной схеме в зависимости от самой АОТ и угловой высоты Солнца применительно к континентальной модели аэрозоля.

Для всех срочных значений  $АОТ550 > 0.5$ , полученных в МО МГУ по актинометрическим измерениям за весь период с 1955 по 2013 год была проведена коррекция. Значительное увеличение аэрозольной мутности атмосферы отмечается в экстремальных ситуациях. К ним относятся дымная мгла от лесных пожаров, замутнение атмосферы после значительных вулканических извержений, накопление аэрозоля в атмосфере при неблагоприятных метеорологических условиях (инверсии, штиль и т.п.), продолжающихся в течение нескольких дней. В Москве за весь рассматриваемый период число таких случаев было не более 10% от общего количества.

После ввода поправки к срочным данным за все годы наблюдений средние величины месячных и годовых АОТ550 изменились только в месяцы с дымной мглой в 1972, 2002 и 2010 г.г. При этом значимая тенденция уменьшения АОТ550 с 1955 по 2013 год сохранилась с той же степенью достоверности. Начиная с 1994 года, уменьшение АОТ550 проявляется особенно отчетливо, средние годовые значения АОТ550 стали на 10- 40% ниже нормы, а в 2013 году был отмечен абсолютный минимум АОТ550, равный 0,10.

**ДЫМЫ И СМОГИ ЕВРАЗИИ**

Г.И. Горчаков, М.А. Свириденков, С.А. Ситнов, А.С. Емиленко,  
А.А. Исаков, А.В. Карпов, В.М. Копейкин, К.С. Веричев  
*Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия*

Стремление Г.В. Розенберга объяснить природу фотохимических смогов и дымок было одной из причин постановки комплексных экспериментов по исследованию фоновому аэрозолю в Варенских лесах Литвы и в Абастумани [1]. Это направление нашло продолжение в исследованиях эволюции микрофизических характеристик аэрозоля в смогах Китая. Эффективность разработанных в семидесятые годы XX века оптических методов исследования аэрозоля была продемонстрирована при исследовании оптических и микрофизических свойств дымового аэрозоля при крупномасштабном задымлении европейской территории России в 2002 г. [2]. Летом 2010 г. были выполнены комплексные исследования характеристик дымового аэрозоля в приземном слое и в толще атмосферы [3] с использованием данных аэрокосмического мониторинга [4]. Были изучены вариации концентраций аэрозоля и угарного газа в московской дымной мгле 2010 г. [5]. Выявлены особенности московского острова тепла в блокирующем антициклоне, в том числе, в период сильного задымления атмосферы [6]. Получены оценки радиационного форсинга дымового аэрозоля на верхней и нижней границах, а также в толще атмосферы [4]. Выполнено сопоставление крупномасштабных задымлений европейской территории России и Западной Сибири.

1. Розенберг Г.В., Любовцева Ю.С., Горчаков Г.И. Фоновый аэрозоль Абастумани // Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана. 1982. Т. 18, № 8. С. 822 – 839.
2. Горчаков Г.И., Аникин П.П., Волох А.А., Емиленко А.С. 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. 366 – 380.
3. Gorchakov G.I., Sviridenkov M.A., Semoutnikova E.G. et al. Optical and microphysical parameters of the aerosol in the smoky atmosphere of the Moscow region in 2010 // Doklady Earth Sciences. 2012. V. 437, No 2. P. 513 – 517.
4. Ситнов С.А., Горчаков Г.И., Свириденков М.А. и др. Аэрокосмический мониторинг дымового аэрозоля на европейской части России в период массовых пожаров лесов и торфяников в июле – августе 2010 г. // Оптика атмосферы и океана. 2012. Т. 25, № 12. С. 1062 – 1076.
5. Горчаков Г.И., Семутникова Е.Г., Исаков А.А., Копейкин В.М., Карпов А.В. и др. Московская дымная мгла 2010 г. Экстремальное аэрозольное и газовое загрязнение воздушного бассейна московского региона // Оптика атмосферы и океана. 2011. Т. 24. № 6. С. 452 – 458.
6. Горчаков Г.И., Кадыгров Е.Н., Куницын В.Е., Захаров В.И. и др. Московский остров тепла в блокирующем антициклоне летом 2010 г. // Доклады АН. 2014. Т. 456, № 5.

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТРОПОСФЕРНЫХ СУЛЬФАТОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ НАЗЕМНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ЗАПАС УГЛЕРОДА В НЕЙ**

А.В. Елисеев<sup>1,2</sup>

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

<sup>2</sup>*Казанский федеральный университет, г. Казань, Россия*

Климатическая модель (КМ) Института физики атмосферы им. А.М. Обухова Российской академии наук (ИФА РАН), учитывающая влияние тропосферных сульфатных аэрозолей (ТСА) на климат, в данной работе расширена также учётом поражающего влияния этих аэрозолей на фотосинтезирующие органы растений. С КМ ИФА РАН проведены численные эксперименты для 1700-2300 гг. в соответствии со с условиями международного проекта сравнения климатических моделей CMIP5 (Coupled Models Intercomparison Project, phase 5, учитывающих основные естественные и антропогенные воздействия на земную климатическую систему. При этом проведены расчёты с двумя версиями КМ ИФА РАН, в одной из которых учитывается поражающее действие сульфатов на растения, а в другой - не учитывается. Это позволило выделить климатическое (связанное с влиянием сульфатов на климат и за счёт этого - на углеродный цикл) и экологическое (связанное с поражающим действием ТСА на растения) воздействия сульфатных аэрозолей на глобальный углеродный цикл. В расчётах получено, что на глобальном масштабе климатическое воздействие ТСА доминирует над экологическим. На региональном масштабе, однако, эффект от экологического воздействия сульфатов оказывается сравнимым с эффектом от их климатического воздействия.

**ИССЛЕДОВАНИЯ АЭРОЗОЛЯ МЕТОДАМИ ПОЛЯРИМЕТРИИ В УСЛОВИЯХ  
ПОВЫШЕННОЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ**

А.С. Емиленко

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

В 1982 году Г.В. Розенберг подготовил программу “Разработка синтетической модели тонкодисперсного атмосферного аэрозоля” из 14 пунктов, многие из которых актуальны и в настоящее время. В годы научной деятельности Г.В. Розенберга и при его существенном вкладе формировались основные представления о роли аэрозоля в атмосферных процессах. При этом большое внимание уделялось внутриатмосферному синтезу и трансформации аэрозоля в атмосфере, прежде всего, в регионах, не подверженных существенному антропогенному воздействию. Основные результаты – выявление определяющего вклада тонкодисперсной фракции аэрозоля в оптико-радиационных эффектах в атмосфере и создание ее однопараметрической оптической модели. В последующие годы актуализировались исследования роли антропогенного фактора в изменчивости окружающей среды. Это потребовало проведение длительных измерений в режиме мониторинга. Были созданы упрощенные варианты нефелометров и спектрополяриметров, способные работать в круглосуточном режиме. Выполнен 8- летний цикл измерений пространственной и временной изменчивости в регионе Кавказских Минеральных Вод. Полученный опыт позволил использовать методику спектрополяриметрических измерений в Московском регионе и в регионе города Пекин. В течение последних 20 лет проведено большое количество циклов круглосуточных измерений на ЗНС ИФА РАН и в Пекине изменчивости основных оптических характеристик аэрозоля, что позволило выявить тенденции долгопериодной изменчивости. В последние десятилетия значительно усовершенствовалась инструментальная база аэрозольных исследований (счетчики частиц, приборы для измерения PM10 и PM2.5). Кроме того, в условиях повышенного загрязнения атмосферы в регионе Пекина легко проводить сопоставление результатов нефелометрических и гравиметрических измерений. Сопоставление результатов измерений на этих приборах с используемыми нами нефелометрическими методами показало, что в широком диапазоне изменения замутненности атмосферы, вплоть до самых густых смогов, определяющую роль играют тонкодисперсные частицы аэрозоля и применима однопараметрическая модель. Исключение составляют только эпизоды с заносом в район Пекина пыльной мглы.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (Проект 13-05-00956).

**ВЗВЕШЕННЫЕ ЧАСТИЦЫ В АТМОСФЕРЕ ЛОНДОНА**

А.М. Звягинцев<sup>1</sup>, И.Н. Кузнецова<sup>2</sup>, А.А. Глазкова<sup>2</sup>, И.Ю. Шалыгина<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Центральная аэрологическая обсерватория, г. Долгопрудный, Россия

<sup>2</sup>Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации, г. Москва, Россия

В Западной Европе и Северной Америке наиболее опасными для здоровья загрязнителями приземного воздуха считаются взвешенные частицы (PM<sub>10</sub> и, в особенности, PM<sub>2.5</sub>) и озон. В докладе определены основные характеристики изменчивости концентраций взвешенных частиц на станциях контроля качества воздуха, расположенных в центре Лондона, в период 2000-2012 г.г. совместно с характеристиками других основных загрязнителей воздуха: озона, монооксида и диоксида азота, монооксида углерода, диоксида серы. В дневное время суточный ход взвешенных частиц близок к ходу других первичных загрязнителей атмосферы и противоположен ходу озона; так же соотносятся и их сезонные ходы. Это указывает на определяющую роль вертикального перемешивания в суточной и сезонной изменчивости всех загрязнителей. Для всех загрязнителей наблюдается «эффект выходного дня». В долговременной изменчивости уровни первичных загрязнителей (особенно, SO<sub>2</sub> и CO) уменьшаются, озона, - скорее, возрастают. Приведены статистические данные о числе опасных для здоровья эпизодов атмосферного загрязнения, связанных с различными компонентами. Особое внимание уделено эффекту влияния взвешенных частиц на здоровье. Приведены оценки вероятного воздействия взвешенных частиц на увеличение смертности в периоды распространения продуктов горения лесов в Великобритании летом 2003 г. и Москве летом 2010 г., рассчитанные в соответствии с рекомендациями Всемирной организации здравоохранения.

**КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ТРАНСГРАНИЧНОГО ПЕРЕНОСА  
АЭРОЗОЛЯ В АТМОСФЕРЕ БЕЛАРУСИ**

А.П. Иванов, А.П. Чайковский, Э.П. Зега, И.Л. Кацев, В.П. Кабашников, С.В. Денисов, М.М. Король,  
Ф.П. Осипенко, А.С. Прихач, А.С. Слесарь

*Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь*

Взвешенные в атмосфере частицы являются существенным фактором, влияющим на установление энергетического баланса и климата Земли. Недостаточная изученность прямого и косвенного воздействий аэрозоля на формирование радиационных полей в атмосфере – одна из главных причин, препятствующих совершенствованию климатических моделей. В то же время, аэрозольные частицы, аккумулируя ряд химических веществ, превращаются в один из основных загрязнителей атмосферы, оказывают воздействие на здоровье населения и хозяйственную деятельность. В работе осуществлен и проанализирован трансграничный перенос загрязнений в регионе Беларуси путем нашего участия в Международных дистанционных измерительных сетях с использованием аэрокосмического, лазерного, радиометрического зондирования. Указаны признаки, по которым производилась идентификация частиц аэрозоля. Использовались прямые локальные измерения в приземном слое атмосферы сети ЕМЕР, Березинском заповеднике (Беларусь) п. Бельске (Польша). Прогнозирование и оценивание характеристик процессов переноса примесей осуществлялось также на основе различных моделей. Модели обратных траекторий использованы для оценки расположения источника загрязнения. Использованы карты распределения пожаров. Проанализирован перенос, обусловленный аномальными природными явлениями (извержения вулканов, пылевые бури пустынь, пожары) и антропогенной деятельностью. Выяснена пространственная плотность мощности источников аэрозолей, влияющих на состояние атмосферы в Березинском заповеднике Беларуси.

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ВАРИАЦИИ  
САЖИ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ**

В.М. Копейкин

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

В работе Г.В. Розенберга [1] показано, что малоселективное коротковолновое поглощение аэрозоля в основном связано с существованием отдельной субмикронной субфракции, образованной частицами сажи с модальными размерами частиц около 0,02 – 0,03 мкм. Ставится задача – разработка средств оперативного определения и мониторинга концентрации сажевых частиц и изучение закономерностей их поведения и зависимости от метеорологических, географических и антропогенных факторов.

В период 1989 – 2013 гг. в Институте физики атмосферы РАН осуществлены наблюдения сажевого аэрозоля в Мегалополисах (Москва и Пекин), вдоль Транссибирской железной дороги и по маршруту Мурманск – Кисловодск (Адлер), в фоновых условиях: на Звенигородской научной станции РАН на западе от Москвы, на нагорной обсерватории на северо-востоке от Пекина, в городах-курортах: Кисловодске, Геленджике и в приземном слое (Антарктида, Атлантический океан и Арктика).

В Москве в течение 1989 - 1995 гг. наблюдался рост содержания сажи в атмосфере от 4,0 до 6,5 мкг/м<sup>3</sup> и снижение до 2,4 мкг/м<sup>3</sup> к 2012 г. В Пекине средняя концентрация сажи за весь период 1996 – 1999 гг. составляет 23,3 мкг/м<sup>3</sup>. После 2000 года наблюдается очевидное уменьшение содержания сажевого аэрозоля в атмосфере г. Пекина.

Из 7 экспедиций вдоль Транссибирской магистрали для сельских мест значения концентрации сажи были наиболее низкими летом 1999 года (0,1 - 1,0 мкг/м<sup>3</sup>), и самыми большими - осенью 2005 года за счет дыма торфяных пожаров в Европейской части России и горящей травы вдоль Азиатской части трассы железной дороги (0,6 – 5,6 мкг/м<sup>3</sup>).

Измерения массовой концентрации сажи в приземном слое атмосферы показали, что содержание сажи в воздухе в Северном ледовитом океане в октябре 1998 года сравнимо со значениями, полученными на стационарных станциях в 1989-1992 годах. Наблюдается широтная зависимость содержания сажи (уменьшение концентрации сажи с ростом широты) в Южном полушарии

Розенберг Г.В. О природе аэрозольного поглощения // Изв. АН СССР. ФАО. 1979. Т. 15. № 12. С. 1280 –1292.

**АЭРОЗОЛЬНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОЗДУХА МОСКВЫ:  
АНАЛИЗ ДАННЫХ И ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ**

И.Н. Кузнецова<sup>1</sup>, И.Ю. Шалыгина<sup>1</sup>, М.И. Нахаев<sup>1</sup>, А.А. Глазкова<sup>1</sup>, Р.Б. Зарипов<sup>1</sup>, А.А. Кирсанов<sup>1</sup>,  
А.П. Ревокатова<sup>1</sup>, Г.В. Суркова<sup>1</sup>, А.М. Звягинцев<sup>2</sup>, П.В. Захарова<sup>3</sup>, Е.А. Лезина<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ «Гидрометцентр России», г. Москва, Россия

<sup>2</sup>Центральная аэрологическая обсерватория, г. Долгопрудный, Россия

<sup>3</sup>ГПБУ «Мосэкомониторинг», г. Москва, Россия

Обсуждаются сезонная изменчивость и особенности внутрисуточной изменчивости взвешенных частиц (PM<sub>10</sub>) в приземном воздухе Москвы, установленные по данным измерений на сети ГПБУ «Мосэкомониторинг» в период 2008-2013 гг. Проанализированы различия режима аэрозольного загрязнения в Московском и ряде западноевропейских мегаполисов. Сделаны выводы о значительной роли климатических условий и различающихся источников аэрозольного загрязнения в регионах, разнесенных на тысячи км. Показано, что чаще всего в Москве фиксируются аэрозольные эпизоды, обусловленные локальными эмиссиями при неблагоприятных метеорологических условиях, но практически ежегодно имеют место и аэрозольные эпизоды вследствие дальнего переноса взвешенных частиц.

Представляются результаты численного прогноза аэрозольного загрязнения с использованием химических транспортных моделей (CHIMERE, COSMO-Ru7-ART), обсуждаются причины модельных погрешностей при расчете концентраций PM<sub>10</sub> в Московском регионе.

Работа выполнена частично при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 14-05-00481-а).

**ОЦЕНКА АЭРОЗОЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В КРУПНЫХ ГОРОДАХ РОССИИ**

Е.П. Малинина, Н.Е. Чубарова  
*МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия*

Крупные города оказывают заметное влияние на состав атмосферы. Однако воздействие городов на содержание и характеристики аэрозоля в атмосфере изучено недостаточно. В данной работе для выяснения степени загрязненности крупных российских городов использовались данные измерений аэрозольной оптической толщины (АОТ) на длине волны 550 нм по спутниковому радиометру MODIS [2] с пространственным разрешением  $1^\circ \times 1^\circ$  за теплый период 2000 – 2013 гг.. В качестве характеристики аэрозольного загрязнения служила разность аэрозольной оптической толщины между городом и фоновым значением АОТ в близлежащем регионе для городов России, расположенных в различных климатических условиях. Исследование показало, что в зависимости от степени загрязнения разность АОТ варьируется в пределах от 0.01 до 0.08.

Для выяснения качества данных АОТ радиометров MODIS для рассматриваемой территории были проведены сравнения спутниковых данных с результатами высокоточных измерений солнечными фотометрами сети AERONET. Эти сравнения показали хорошее качество спутниковых данных, а также возможность определения городского аэрозольного загрязнения из космоса.

Кроме того, предпринималась попытка качественно оценить состав городского аэрозоля при помощи оценки выбросов и концентраций основных загрязняющих веществ (твердых/взвешенных веществ, диоксида серы, диоксида азота и оксида углерода) по данным наземной сети наблюдения за период с 1998 по 2011 гг. для 35 крупнейших городов России [1]. Получены соотношения выбросов диоксида серы к выбросам диоксида азота, что дало возможность оценить вероятность состава аэрозоля в разных районах РФ и влияние на него различных источников.

1. Качество воздуха в крупнейших городах России за десять лет. Аналитический обзор за 1998-2007 гг. СПб, 2009

2. Remer et al., The MODIS Aerosol Algorithm, Products, and Validation, Journal of the Atmospheric Sciences—Special Section, Vol. 62, 2005

**КИНЕТИКА РАЗЛОЖЕНИЯ ОЗОНА ПРИРОДНЫМИ  
МЕЛКОДИСПЕРСНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ**

Л.А. Обвинцева<sup>1</sup>, Т.Б. Цыркина<sup>1</sup>, В.А. Каминский<sup>2</sup>, Н.Ю. Обвинцева<sup>2</sup>, А.К. Аветисов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Физико-химический институт им. Л.Я. Карпова, г. Москва, Россия*

<sup>2</sup>*НИТУ МИСИС, г. Москва, Россия*

Изучение разложения озона природными материалами актуально для оценки стоков озона на аэрозолях и подстилающей поверхности. В данной работе проведено исследование кинетики разложения озона на мелкодисперсных природных оксидах: образцы песков SiO<sub>2</sub> из трех разных источников, почва (г. Цимлянск), оксиды металлов (железа, индия, цинка), угольная пыль. Эксперименты проводили при концентрациях озона, соответствующих его содержанию в приземной атмосфере: 15-125 ppb. Кинетику гетерогенной гибели озона исследовали проточным методом. Сенсорным анализатором озона [1] измеряли концентрацию озона после прохождения тонкого слоя исследуемого материала.

Предложена кинетическая модель, описывающая процессы взаимодействия озона с поверхностью мелкодисперсных материалов. Модель позволяет получить кинетические параметры, характеризующие начальную активность поверхности образца по отношению к озону и снижение активности в процессе обработки озоном. Рассмотрена зависимость концентрации озона от времени в газовом потоке, проходящем через исследуемый материал. Поскольку дезактивация достаточно медленный процесс по сравнению с процессом разложения озона при его прохождении через образец, использовано квазистационарное приближение. Принято, что локальная скорость дезактивации материала пропорциональна скорости разложения озона, а константа разложения озона изменяется как по длине образца, так и во времени. Получены аналитические выражения, для концентрации озона на выходе образца, константы, характеризующей его начальную активность, и параметра дезактивации материала под воздействием озона.

На основе предложенной модели проведена обработка экспериментальных данных по разложению озона на исследуемых мелкодисперсных материалах. Результаты расчетов по предложенной модели согласуются с экспериментальными данными.

Работа была выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 11-05-01209-а.

1. Беликов И.Б., Жерников К.В., Обвинцева Л.А., Шумский Р.В. Приборы и техника эксперимента. 2008. № 6. С. 139-140.

**AEROSOL MICROMARKERS OF FOSSIEL FUEL AND BIOMASS BURNING**

O.B. Popovicheva, N.M. Persiantseva, V.S. Kozlov

*Institute of Nuclear Physics, Moscow State University, Moscow, Russia*

Aerosols generated by incomplete combustion of fossil fuel (FF) and biomass burning (BB) are major air pollutants. Siberian wildfires are crucial for understanding environmental and climate impacts as the biggest source of biomass burning in subarctic areas. Southeast Asia has one of the most intensive seasons of biomass burning emissions over the world. Transport systems are currently acknowledged to be a largest source of uncertainties in understanding the aerosol impacts on regional air quality. Ship emission is among the world's highest pollutant per quality of fuel consumed. Especially, biomass burning may affect profoundly the air quality and public health in megacity urban area, indicating smoke aerosol as tracer of harmful pollutant (Popovicheva et al., 2014).

Combustion aerosols may serve tracers allowing a link to distinct combustion sources in apportionment studies if their key physico-chemical characteristics representative the emission sources are defined. The estimations of the source contribution to ambient particulates assume specific markers different from other combustion sources. A complexity of multicomponent and source-specific PM emissions requires the characterization of individual particles.

This paper reviews the quantification of particulate combustion emission microstructure and identification of characteristic morphological and chemical micromarkers of source-specific combustion aerosols emitted by transport systems (road and marine diesel engines), by Siberian biomass burning in small-scale experiments in a Large aerosol chamber, and by agriculture fires during dry season in Vietnam. Cluster analysis of group abundance shows carbonaceous particles (soot and organic) and inorganic fly ash in smoke microstructure. Quantification of particle types in terms of physicochemical relevance supports the identification of groups which may act as biomarkers discriminating between diesel and biofuel exhaust, as micromarkers of specific combustion phase (open flaming vs smoldering). The mixture of carbonaceous particles (soot and tar) and dust revealed multicomponent structure of Moscow smoke aerosols during extreme wildfire event of August 2010, pointing the difference with non-smoke ambient aerosols and micromarkers for regional biomass burning in urban environment (Popovicheva et al., 2014).

1. Popovicheva, O., M. Kistler, E. Kireeva, N. Persiantseva, M. Timofeev, V. Kopeikin, A. Kasper-Giebl. Physicochemical characterization of smoke aerosol during large-scale wildfires: Extreme event of August 2010 in Moscow // *Atmospheric Environment*, 2014, doi: 10.1016/j.atmosenv.2014.03.026

**СОДЕРЖАНИЕ И ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В АНТРОПОГЕННОМ ПЫЛЕВОМ АЭРОЗОЛЕ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ВЫБРОСОВ ОБЪЕКТОВ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ**

А.В. Таловская, Е.А. Филимоненко, Е.Г. Язиков

*ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»,  
г. Томск, Россия*

В зимний период аэрозольные частицы имеют преимущественно антропогенное происхождение. Представлены результаты анализа многолетних наблюдений (2009-2014 гг.) элементного состава твердой фракции снега, содержащей депонированный пылевой аэрозоль на снеговой покров, в зоне влияния выбросов теплоэлектростанции г. Томска. На теплоэлектростанции в зимний период доля используемого угля увеличивается более чем на 50% по сравнению с долей газа.

Анализ проб включал определение 58 элементов инструментальным нейтронно-активационным анализом, атомной абсорбции «холодного» пара и масс-спектрометрией с индуктивно-связанной плазмой.

Выявлены элементы-трассеры, и по их содержанию в твердой фазе снега, а также среднесуточному притоку из атмосферы с пылевым аэрозолем можно судить о вкладе теплоэлектростанции в загрязнение города. В пробах твердой фазы снега преобладают As, Al, Zn, U, La, Tb, Yb, Ce, Ba, Ta, Sm, W, Bi, Lu, Na, Sr, Hg относительно содержания в фоновых пробах. Данные элементы концентрируются преимущественно на твердых частицах аэрозолей, только небольшая часть переходит в раствор талой снеговой воды. Исследование элементного состава золы-уноса с теплоэлектростанции показало хорошую корреляционную зависимость с составом изучаемых проб. В окрестностях теплоэлектростанции наблюдается высокая степень химического загрязнения снегового покрова на протяжении всего периода наблюдения.

По данным метода f-радиографии радиоактивные делящиеся элементы в твердой фазе снега находятся в молекулярно-рассеянной форме. Ртуть преимущественно находится в физически сорбированной форме. По результатам электронно-микроскопических исследований определены размеры частиц и минеральные формы элементов, что позволяет выявить возможные частицы-носители для ряда элементов.

Минеральными формами макроэлементов (Al, Si, Na, Ca, Fe, K) являются кварц, полевые шпаты, амфиболы, карбонаты, слюды, минералы группы железа и глины. Техногенный минерал муллит содержится в составе алюмосиликатных сферул, ферромагнетит – металлических сферулах. Минеральными формами нахождения As является арсенопирит, Pb – галенит, Sb - антимонит, Ba – барит. Выявлены частицы металлического железа, сплавов некоторых тяжелых металлов (Pb, Ni, W). Помимо кристаллических фаз пробы содержат около 35% аморфного вещества, которое преимущественно представлено угольными частицами и сажей.

Работа выполнена при финансовой поддержке Гранта Президента РФ для поддержки молодых российских ученых (МК 951.2013.5).

**УПРОЩЕННЫЙ ПАРАМЕТР УСЛОВИЙ РАССЕЙНИЯ В АТМОСФЕРЕ**

М.С. Цицкишвили

*Академия экологических наук Грузии, г. Тбилиси, Грузия*

Уменьшение нагрузок на окружающую среду – насущная задача экологии. Совершенствование технических средств и технологии, наряду с совершенствованием моделей рассеяния с учетом атмосферных условий – основное направление экологического прогресса в этой области. Для характеристики условий переноса токсичной примеси в атмосфере по аэрологическим наблюдениям рассчитывается параметр Ричардсона. Часто градиентные наблюдения недоступны и этот параметр не определяем. Нами предложен а «условно - климатический параметр»  $m$ , который вычисляется по многолетним климатическим данным (СНиП 2.01.01.-82) в следующем виде:

$$m'' = \frac{g \Delta H}{(\gamma_{\max} - \gamma_{\min})^2} \cdot \frac{T_{\max} - T_{\min}}{T}$$

В таблице приведены рассчитанные величины  $M'$  предложенного нами параметра в упрощенном виде (без входящих в формулу постоянных):

**Таблица**  
Условный коэффициент устойчивости приземной атмосферы.

Регион	$\frac{ \Delta T }{T}$	$\frac{1}{\gamma_{\max}^2}$	M	Услов. градация
Астрахань	9.102	0.034	31,2	III
Волгоград	11.191	0.026	29,1	II
Дагестан	6.286	0.044	27,5	II
Краснодар	6.260	0.024	15,2	I
Ростов	9.431	0.025	23,8	II
Сев. Осетия	8.696	0.111	96,6	IV
Ставрополь	8.197	0.028	22,8	II
Чечня	7.327	0.082	59,8	IV
Крым	5.762	0.030	17,3	I
Одесса	7.311	0.014	10,7	I
Азербайджан	4.552	0.075	34,0	III
Армения	8.491	0.040	34,2	III

Явно прослеживается рост величины условного параметра  $M'$  в горных регионах (Чечня и Сев. Осетия) по сравнению с равнинными и особенно приморскими регионами (Одесса, Крым, Краснодар, Ростов, Волгоград). Аналогичные расчеты проделаны для некоторых пунктов Грузии. Выявленная закономерность возрастания параметра  $M$  в горных регионах исключительно точно воспроизводится для некоторых районов Грузии. Этот параметр успешно применяется нами для проведения предварительных исследований по оптимальному размещению крупных промышленных предприятий с большим объемом газо-аэрозольных выбросов в атмосферу.

1. Бызова Н.Л. Рассеяние примеси в пограничном слое атмосферы. Гидрометеоздат. М. 1974. 190 с.
2. Цицкишвили М.С. Современное исследование аэрозолей в Закавказье. Груз.тех. информ. 04. Серия “Геофизика”, вып. 2. 1987. 52 с.

**ГЛОБАЛЬНЫЙ МОНИТОРИНГ ДИНАМИКИ АЭРОЗОЛЬНОЙ КОМПОНЕНТЫ АТМОСФЕРЫ  
СРЕДНИХ ШИРОТ НА СИНХРОННО-СОПРЯЖЕННЫХ ФОНОВЫХ СТАЦИОНАРАХ  
СЕВЕРНОГО И ЮЖНОГО КАВКАЗА (ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО СОВМЕСТНОМУ ПРОЕКТУ)**

М.С. Цицкишвили<sup>1</sup>, А.Г. Амиранашвили<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Академия экологических наук Грузии, г. Тбилиси, Грузия*

<sup>2</sup>*Институт геофизики им. М. Нодиа Тбилисского государственного университета  
им. И. Джавахишвили, г. Тбилиси, Грузия*

Физ-химия аэрозолей, начало которой, как самостоятельной научной дисциплины, было заложено в трудах Николая Альбертовича Фукса еще в начале 20-ых годов прошлого века, стремительно развивается. Первое систематизированное научное сообщение по аэрозолям, датированное 1875 г, принадлежит перу М. Кулье, а пионерские систематические исследования естественного атмосферного аэрозоля были проведены И. Айткеном и опубликованы в Эдинбурге в 1880 г. Уже в начале прошлого XX века во всем мире широко развернулись работы по исследованию аэрозолей. Исследование аэрозолей в Грузии имеет давнюю историю: первые измерения частичек в атмосферном воздухе были проведены на Тбилиском Фуникулере в дальнейшем известными учеными – «тремя М» (Нодия, Курдиани, Чхетия). Работы Ф.Ф. Давитая по изучению ослабления прямой солнечной радиации вследствие возрастания антропогенной запыленности явились классическими пионерскими работами и положили начало «экспериментальной энвирологии» в мире. Всемирно известны работы плеяды ученых Грузии в области активных воздействии на атмосферные процессы: Г.Г. Сванидзе, Г.К. Сулаквелидзе, А.И. Карцивадзе, В.П. Ломинадзе и их учеников. Грузия одна из немногих стран, в которой, начиная с середины прошлого века были проведены уникальные измерения атмосферного аэрозоля и некоторых переменных компонент атмосферы, в которых самое широкое участие и руководство осуществлялось учеными России (ИФА и НИФХИ). Перечень этих работ и совместных публикаций обширен. Инициатором многих из них был Г.В. Розенберг.

Широко дискуссирруемые в последние годы оценки глобального изменения климата некорректны без детального учета энерго- и массопереноса в атмосфере; при этом широко варьируемые физико-химические свойства реального аэрозольного компонента атмосферы играют ключевую роль в этих процессах.

Настоящее короткое сообщение является приглашением к Международному сотрудничеству: обоснована необходимость создания международной станции слежения за аэрозольной компонентой и другими переменными компонентами атмосферы на Южном Кавказе, вдоль Большого шелкового пути, вдоль «большого энергетического коридора». Необходимо открыть на средства Международных научных центров Международную стационарную станцию в Грузии на склонах Малого Кавказа (ориентировочно – Боржоми) и на Южном склоне Большого Кавказского Хребта (ориентировочно Казбеги – Гудаури). Рекомендация об использовании в данном проекте синхронно-сопряженных фоновых станций, расположенных на Северном и Южных склонах Главного Кавказского хребта, обоснована возможностью при синхронной работе стационаров вычленить общеширотные глобальные закономерности на фоне локально-погодных, сезонных и годовых вариаций.

**ИНТЕГРАЛЬНЫЕ АККОМОДАЦИОННЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ  
В МОДЕЛЯХ АТМОСФЕРНОГО ПЕРЕНОСА АЭРОЗОЛЯ**

М.С. Цицкишвили<sup>1</sup>, А.Г. Амираншвили<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Академия экологических наук Грузии, г. Тбилиси, Грузия

<sup>2</sup>Институт геофизики им. М. Нодиа Тбилисского государственного университета  
им. И. Джавахишвили, г. Тбилиси, Грузия

Проникновение в атмосферу высокотоксичных аэрозольных образований требует разработки оперативных схем расчета их переноса в атмосфере на основе физически и математически адаптированных моделей.

Успехи применения той или иной модели переноса аэрозольной примеси в атмосфере целиком обуславливаются реальностью используемых в численно интегрируемых уравнениях эмпирических «коэффициентов аккомодации», действительно «адаптирующих – приспособляющих» формальный расчетный алгоритм к реальным условиям. Удачные примеры использования эмпирических коэффициентов в моделях переноса различных примесей в атмосфере позволяют успешно решать «обратные задачи» - оценивать в конкретных условиях по распределению примеси величины коэффициентов аккомодации.

По реально измеренным экспериментальным профилям вертикального распределения аэрозолей различного генезиса нами определялись конкретные динамические и интегральные характеристики процессов переноса в атмосфере. «Интегральная скорость очистки нижней тропосферы» - параметр, определяемый нами экспериментально по многолетним данным специальной сети мониторинга на пунктах Кавказа по соотношению приземной концентрации примеси к вертикальному потоку той же примеси; имеет размерность скорости [1,2]. Физический смысл этого параметра – эта та толщина приземной атмосферы, которая очищается в результате суперпозиции всех процессов очистки (вымывание, гравитационное и турбулентное осаждение и т.д.) в единицу времени (обычно в км за сутки). Нами показана «климатологическая устойчивость» этого параметра. Выявилось, что приморские регионы характеризуются большими скоростями очистки атмосферы, чем удаленные от побережья. Условно, градация скоростей очистки нижней тропосферы выглядит для региона Кавказа следующим образом: для континентальных пунктов - не более 1.5 км/сутки; для «переходного режима вымывания» - до 2.0 км/сутки; для прибрежных-морских – свыше 2.2 км/сутки. Подобные уточнения коэффициентов аккомодации в уравнениях переноса примеси в атмосфере существенно повышает эффективность модели переноса.

1. Цицкишвили М.С. - Исследование очищения атмосферы с помощью радиоактивных аэрозолей // Тр. Межд. Симп. «Метеорологические аспекты радиоактивного загрязнения атмосферы». Тбилиси, октябрь 1973 г., Л., Гидрометеоиздат. 1974. С. 150 –156.

2. Амираншвили А.Г., Хунджуа Т.Г., Цицкишвили М.С. Оценка коэффициента турбулентной диффузии по вертикальному распределению продуктов распада радона //Тр. Межд. Симп. «Метеорологические аспекты радиоактивного загрязнения атмосферы». Тбилиси, октябрь 1973 г., Л., Гидрометеоиздат. 1974. С. 40 – 46.

**ВЛИЯНИЕ АЭРОЗОЛЕЙ НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ МОРЕЙ  
ЗАПАДНОГО СЕКТОРА РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ**

В.П. Шевченко<sup>1</sup>, А.А. Виноградова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Институт океанологии им. П.П. Ширинова РАН, г. Москва, Россия*

<sup>2</sup>*Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия*

Традиционно речной сток считают главным геохимическим путем поставки терригенных и антропогенных соединений от источников в морскую среду, но существует много данных, показывающих, что атмосферный перенос является важным путем поставки вещества в моря и океаны, в том числе в Северный Ледовитый океан и его моря [Лисицын, 2010]. Прямые определения показывают, что вклад аэрозолей в формирование осадочного материала в Арктике близок к вкладу речного осадочного вещества (за пределами маргинальных фильтров рек). Для многих элементов (Pb, Sb, Se, V и др.) аэрозольный источник – главный [Шевченко, 2006].

Совместно с зарубежными коллегами оценены пути поступления черного углерода в Арктику и показано, что сжигание попутных газов при добыче нефти и газа, а также печное отопление в Арктике и Субарктике являются важными источниками черного углерода, поступающего в атмосферу Арктики и в дальнейшем в снежный покров и арктическую экосистему в целом. Черный (сажевый углерод), являющийся абсорбирующей свет и загрязняющие вещества составной частью углеродсодержащих аэрозолей, образуется в результате неполного сгорания различных видов топлива и биомассы. Черный углерод рассматривают как потенциальный источник изменения климата Арктики [Stohl et al., 2013].

Авторы благодарны академику А.П. Лисицыну за поддержку и ценные советы. Работа выполнена при финансовой поддержке Отделения наук о Земле РАН (проект “Микро- и наночастицы ...”), гранта РФФИ-Норвегия № 14-05-93089 и гранта поддержки ведущих научных школ НШ-2493.2014.5.

Лисицын А.П. Новый тип седиментогенеза в Арктике – ледовый морской, новые подходы к исследованию процессов // Геология и геофизика. 2010. Т. 51. № 1. С. 18–60.

Шевченко В.П. Влияние аэрозолей на среду и морское осадконакопление в Арктике. М.: Наука, 2006. 226 с.

Stohl A., Klimont Z., Eckhardt S., Kupiainen K., Shevchenko V.P., Kopeikin V.M., Novigatsky A.N. Black carbon in the Arctic: the underestimated role of gas flaring and residential combustion emissions // Atmospheric Chemistry and Physics. 2013. V. 13. P. 8833–8855, doi:10.5194/acp-13-8833-2013.

**О СВЯЗИ АЭРОЗОЛЬНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ТОЛЩИНЫ, PM<sub>1.0</sub> И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПРИЗЕМНОГО АЭРОЗОЛЯ С ОБРАТНЫМИ ТРАЕКТОРИЯМИ И СКОРОСТЯМИ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ МАСС ПО ДАННЫМ ИЗМЕРЕНИЙ НА ЗНС ИФА РАН**

К.А. Шукуров, Л.М. Шукурова

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

В данной работе методом кластеризации [1] анализируются большие массивы (тысячи и десятки тысяч) 5-тисуточных обратных траекторий (ОТ) движения воздушных масс (ВМ), полученные с помощью модели HYSPLIT [2,3] для различного содержания в приземном воздухе сульфатного (СА), нитратного (НА), минерального (МА) аэрозолей, субмикронного аэрозоля PM<sub>1.0</sub>, а также для различных уровней аэрозольной оптической толщины (АОТ), измерявшихся на Звенигородской научной станции (ЗНС) ИФА РАН в 2006-2014 гг. (АОТ; данные станции Zvenigorod сети AERONET[4]), в 2002-2014 гг. (СА, НА, МА; данные авторов) и в 2010-2014 гг. (PM<sub>1.0</sub>; данные авторов). По результатам кластеризации ОТ построены карты вероятности пребывания ВМ до ее прихода на ЗНС и рассчитаны средние ОТ для различных диапазонов содержания СА, НА, МА, PM<sub>1.0</sub> и значений АОТ. Выявлены наиболее вероятные области, со стороны которых приходят ВМ, ответственные за максимальные и минимальные значения СА, НА, МА, PM<sub>1.0</sub> и АОТ, наблюдаемые на ЗНС. Рассчитаны средние скорости движения ВМ вдоль ОТ по массивам, для которых проводилась кластеризация. Анализируются зависимости содержаний СА, НА, МА, PM<sub>1.0</sub> и уровня АОТ на ЗНС от скорости движения ВМ.

1. A. Rozwadowska, T. Zielinski, T. Petelski, and P. Sobolewski. Cluster analysis of the impact of air back-trajectories on aerosol optical properties at Hornsund, Spitsbergen // *Atmos. Chem. Phys.* 2010. V. 10. P. 877–893.

2. Draxler R.R., and G.D. Hess. An overview of the HYSPLIT\_4 modeling system of trajectories, dispersion, and deposition // *Aust. Meteor. Mag.* 1998. V.47. P. 295-308.

3. Draxler R.R. and Rolph G.D. HYSPLIT (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) Model access via NOAA ARL READY Website (<http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php>) // <http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php>. 2014.

4. Giles, D. M., B. N. Holben, T. F. Eck, A. Sinyuk, A. Smirnov, I. Slutsker, R. R. Dickerson, A. M. Thompson, and J. S. Schafer. An analysis of AERONET aerosol absorption properties and classifications representative of aerosol source regions // *J. Geophys. Res.* 2012. 117. D17203.

**ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ПЫЛЕВОМ АЭРОЗОЛЕ ТРАНСГРАНИЧНОЙ  
(РОССИЯ-КИТАЙ) УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ**

Д.В. Юсупов<sup>1</sup>, В.И. Радомская<sup>2</sup>, Л.М. Павлова<sup>2</sup>, Н.В. Трутнева<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

<sup>2</sup>Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск, Россия

<sup>3</sup>Амурский государственный университет, г. Благовещенск, Россия

Представлены результаты исследования пылевого аэрозоля на территории г. Благовещенск (Амурская область, Россия), расположенном на границе с Китаем (г. Хэйхэ, провинция Хэйлунцзян) по данным снеговой съемки 2012 г. Особенностью загрязнения атмосферного воздуха данной территории является широкий спектр химических элементов в составе аэрозольных выпадений, связанных с выбросами ТЭЦ и промышленных предприятий. Валовый выброс загрязняющих веществ в атмосферу Благовещенской ТЭЦ в 2011 г. составил более 33 тыс. тонн, из них твердых – порядка 8,8 тыс. тонн [1]. На распространение аэрогенного загрязнения трансграничной территории влияют преобладающее северо-западное направление ветра, условия оро- и гидрографии. Для изучения твердой фазы пылеаэрозолей применены минералогический, электронно-микроскопический, рентгенографический, атомно-эмиссионный и масс-спектральный с индуктивно-связанной плазмой методы анализа. Пылевой аэрозоль состоит из частиц техногенного (угля, сажи, магнитных и силикатных сферул, амальгамы магния, селенида рубидия и молибдена), а также природного генезиса (кварца, микроклина, анортита, альбита, слюды, кальцита и др.) [2]. В зоне подфакельных выбросов Благовещенской ТЭЦ зафиксированы геохимические аномалии серебра, ртути, молибдена и цинка. С выбросами промышленных предприятий связаны локальные контрастные аномалии мышьяка, свинца в форме арсенопирита и галенита соответственно. Наблюдается пропорциональная зависимость роста содержаний основных породообразующих оксидов и элементов-примесей (Ni, Zn, Pb, Ag, As, W, U) от увеличения в пробах содержания угольной пыли. Частицы угля (сажи) в составе пылеаэрозоля являются основными концентраторами тяжелых металлов.

1. Государственный доклад «Об охране окружающей среды и экологической ситуации в Амурской области за 2011 год». – Благовещенск: МПР Амурской обл., 2012. 200 с.

2. Юсупов Д. В. и др. Минеральный и геохимический состав твердого осадка в снеговом покрове г. Благовещенск (Амурская область) // Известия Томского политехнического университета. – 2014. – Т. 324, № 1: Науки о Земле. С. 184-189.

**МЕТОД УГЛОВОГО СКАНИРОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ  
ЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ И ДЗЗ**

А.К. Городецкий.

*Институт космических исследований РАН, г. Москва, Россия*

Рассматриваются результаты решения задач зондирования атмосферы на основе измерений угловых и спектральных распределений интенсивности восходящего и нисходящего излучения в ИК-диапазоне спектра. Программа и аппаратура первого этапа этих исследований была разработана для эксперимента на ИСЗ “Космическая стрела” [1]. Для изучения влияния аэрозольной и молекулярной компоненты на перенос собственного излучения природных объектов – облачности и земной поверхности - в атмосфере проведены измерения с борта самолета, а также измерения в морских и наземных условиях [2].

Разработаны методы определения: температуры, излучательной способности, высоты верхней границы облаков; содержания водяного пара в атмосфере; определения аэрозольной толщи. Разработан и проверен метод определения температуры земной поверхности. Разработана радиометрическая и спектральная аппаратура и проведены измерения уходящего излучения с ИСЗ “Космос-149”, “Космос-243”, “Космос-320”, “Космос-384”. Метод углового сканирования реализован в 10-канальном радиометре на ИСЗ “Космос-1076” и “Космос-1151”. В дальнейшем методика сочетания угловых и спектральных измерений уходящего излучения была успешно применена ESA на спутниках ERS-1 и ERS-2 с помощью аппаратуры ATSR [3].

Результаты проведенных экспериментов использованы для методик зондирования с применением спектрорадиометров с высоким спектральным разрешением [4].

1. Ганопольский В.А., Городецкий А.К., Касаткин А.М., Малкевич М.С., Розенберг Г.В. Научная программа и комплекс научной аппаратуры ИСЗ “Космос-149” // Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана. 1969. Т.5. №3.

2. Орлов А.П., Бадаев В.В., Городецкий А.К., Малкевич М.С. Самолетные исследования вертикальных профилей ослабления ИК-радиации в окне 10-12 мкм // Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана. 1976. Т. 12. №7.

3. The European Remote Sensing Satellite – ERS-1. Data Book. ESA BR-75, 1991. ISSN 0250-1589.

4. Gorodetskiy A.K., Ignatiev V.I., Moshkin B.E., Golovin Yu.M., Zavelevich F.S. The optimization of the high resolution Fourier spectrometers measurements for meteorological data // IRS 2000: Current problems in atmospheric Radiation. A Deepak publishing/ 2001. Hampton, USA. P. 789-791.

**НАБЛЮДЕНИЕ АКУСТО-ГРАВИТАЦИОННЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ В ИОНОСФЕРЕ  
ОТ МЕГАПОЛИСА ПО GPS- ДАННЫМ.**

В.И. Захаров<sup>1</sup>, В.Е. Куницын<sup>1</sup>, Г.И. Горчаков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*МГУ им. М.В. Ломоносова, Физический факультет, г. Москва, Россия*

<sup>2</sup>*Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия*

В работе на большом статистическом материале экспериментально установлено, что мегаполис является источником волновых АГВ-ВГВ возмущений, что проявляется в виде кольца волновых возмущений, выделенных в ионосфере методами радиоинтерферометрической обработки сигналов GNSS. Рассмотрение проведено для периода лета 2010г (92 суток), первичными данными являются GPS наблюдения в регионе г. Москвы.

Скорости выделенных в ионосфере структур соответствуют внутренним волнам АГВ, а периоды структур лежат в диапазонах 40-60, 80-100, 120-140 мин, что соответствует собственным частотам атмосферы. Специально созданная методика анализа позволила разделить планетарные волны, волны нагрева, порождаемые движением солнечного терминатора, явно определить вклад от возмущений ионосферы в высоких широтах. Проведенный нами анализ позволяет предложить наиболее вероятные причины появления волновых возмущений и связать их как с особым тепловым режимом мегаполиса, так и с чисто орографическим возбуждением волновых явлений в натекающем воздушном потоке при мезомасштабном изменении параметров поверхности обтекания.

Обнаруженное кольцо акустических возмущений в ионосфере от мегаполиса является проявлением мегаполиса как наиболее вероятного источника этих возмущений. Все сказанное приводит к необходимости учета волнового переноса энергии в регионе мегаполиса для уточнения метеорологических прогностических моделей и разработки специальных методов усвоения данных волновых GPS наблюдений для таких моделей наравне с метеорологической информацией.

**СПУТНИКОВОЕ И НАЗЕМНОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ АТМОСФЕРЫ  
И ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ АНТАРКТИДЫ**

А.П. Иванов, А.П. Чайковский, Э.П. Зеге, И.Л. Кацев, В.П. Дик, М.М. Король,  
А.В. Малинка, Ф.П. Осипенко, А.С. Прихач, А.С. Слесарь

*Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь*

Антарктический регион играет существенную роль в формировании климата Земли. При моделировании климатических изменений необходим расчет радиационных потоков в системе атмосфера – земная поверхность, зависящий от ее оптических характеристик. Задачами мониторинга являются также характеристика процессов крупномасштабного переноса атмосферных масс и контроль антропогенного и природного загрязнения окружающей среды.

Оптические исследования в Антарктиде начаты белорусскими учеными в конце 2008 г. Проведен анализ структуры снежного покрова. Получены первые данные по спектрам отражения разных снежных образований и скальных пород. Изучены оптические параметры атмосферы в районе российской станции “Молодежная”. Аппаратурный комплекс включал следующие приборы: солнечный спектральный сканирующий поляризационный радиометр (CIMEL); двухволновый мобильный лидар; спектральный альбедометр для измерения спектра отражения (альbedo) земной поверхности. Кроме того, применительно к спутниковому радиометру MODIS разработаны и реализованы на практике метод и алгоритм дистанционного восстановления спектрального альbedo снега, эффективного радиуса зерен снега и концентрации сажевых загрязнений по данным космического зондирования. Алгоритм не использует какую-либо конкретную модель снега и априорную информацию о форме снежных зерен. Он использует только спектральную информацию, получаемую спутниковым радиометром, и основан на асимптотической зависимости коэффициента яркости полубесконечного снежного слоя от размеров частиц и поглощения.

Показано, что значения аэрозольной оптической толщины для безоблачной атмосферы на длине волны 500 нм в большинстве случаев варьируют в диапазоне 0.02- 0.03, показатель Ангстрема – 1.0 – 1.5. Распределение частиц по размерам, как и в большинстве районов Земли, двухмодальное. Усредненные положения максимумов распределений по размерам мелких и крупных аэрозолей в Антарктиде и других континентальных регионах практически совпадают. Средняя по высоте доля мелких частиц в Антарктиде всегда больше, чем крупных.

Альbedo снежно – ледовых покрытий в спектральном интервале 0.4 – 0.9 мкм изменяется от 0.95 до 0.1. Чем старше снег, тем меньше его отражение. Размер снежных зерен в лежалом снеге значительно больше, чем в свежем. Относительная концентрация сажевого загрязнения в снеге порядка  $10^{-8}$ . С ростом длины волны света отражательная способность снега падает, а скальных пород – растет.

**CLOUD REMOTE SENSING FROM A SATELLITE**

A.A. Kokhanovsky

*EUMETSAT, Eumetsat Allee 1, D-64295 Darmstadt, Germany*

The knowledge of the microphysical, geometrical, and optical properties of clouds are of importance for the weather prediction and climate change studies. The main parameters of interest are: the cloud bottom and top heights, the cloud optical thickness and albedo, the sizes of water droplets and ice crystals, cloud thermodynamic state, and the ice/water liquid water path. This information can be obtained using ground-based and satellite-based measurements of the emitted/transmitted/reflected radiation. The measurements using active sensors (lidars and radars) are also frequently used. In this work we give a survey of the methods for cloud remote sensing using passive optical observations as performed from a satellite. The pioneering work in this area has been performed by Rozenberg et al. (1978) almost 40 years ago. In particular, we discuss the cloud retrievals as performed using 10 years of the **SCanning Imaging Absorption spectroMeter for AtmosphericCHartography (SCIAMACHY)** measurements (2002-2012). The SCIAMACHY has performed limb, occultation, and nadir measurements of the reflected solar radiation in the spectral range 240-2380nm with a high spectral resolution (0.24-1.48nm depending on the channel). In particular, the developed algorithm for the retrieval of cloud top/bottom heights using oxygen A-band measurements is discussed.

Rozenberg, G. V., M. S. Malkevitch, V. S. Malkova, V. I. Syachinov, 1978: The determination of optical characteristics of clouds from measurements of the reflected solar radiation using data from the Sputnik "KOSMOS-320", *Izvestiya Acad. Sci. USSR, Fizika Atmos. Okeana*, 10, 14-24.

**ОТ ПЕРВОГО АТМОСФЕРНО-ОПТИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА В КОСМОСЕ  
ДО СОВРЕМЕННОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ОПТИКИ, МОНИТОРИНГА И ДЗЗ**

Т.А. Сушкевич, С.А. Стрелков

*Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, г. Москва, Россия*

Настоящий доклад посвящен профессору Георгию Владимировичу Розенбергу - одному из пионеров покорения космического пространства, который стоял у истоков создания современной космической оптики для аэрокосмического дистанционного зондирования Земли. 60 лет назад, в середине февраля 1954 года, в кабинете академика Мстислава Всеволодовича Келдыша состоялось ПЕРВОЕ совещание, на котором впервые обсуждался вопрос о создании и запуске в космическое пространство искусственного спутника Земли (ИСЗ). В 2013 году отметили два юбилея: 50-летие полета в космос ПЕРВОЙ женщины-космонавта В.В. Терешковой и 50-летие ПЕРВОГО научного эксперимента, проведенного космонавтами в космосе, и это был ПЕРВЫЙ научный эксперимент по дистанционному зондированию Земли из космоса, который провели на космических кораблях «Восток-5» В.Ф. Быковский (14-19 июня 1963 г.) и «Восток-6» В.В. Терешкова (16-19 июня 1963 г.), и тогда ВПЕРВЫЕ с помощью космонавтов из космоса сделали ОТКРЫТИЕ : обнаружили стратосферные аэрозольные слои и подтвердили гипотезу Юнге о существовании динамично изменяющегося «стратосферного аэрозольного слоя Юнге» с максимумом концентрации крупных частиц в нижней стратосфере между 15 и 25 км. В 2014 году отмечается 100-летие Георгия Владимировича Розенберга (29.04.1914-09.12.1982), автора первого [1-2] и других пионерских научных экспериментов в космосе и крупнейшего специалиста по атмосферной оптике и оптическим методам дистанционного зондирования атмосферы и океана, аэрозолей и облачности. Г.В. Розенберг вместе с А.Б. Сандомирским первыми открыли «оптическую стратификацию атмосферного аэрозоля» [3]. По международной программе «Союз-Аполлон» (ЭПАС) с 2 по 8 декабря 1974 года был осуществлён полёт ПКК «Союз-16», на котором А.В. Филипченко и Н.Н. Рукавишников провели атмосферно-оптические научные эксперименты и ВПЕРВЫЕ провели фотографирование земной поверхности и атмосферы в поляризованном свете на трассе протяженностью около 30 тыс. км. По программе ЭПАС с ПКК «Союз-19» (июль 1975) оптические исследования проводились А.А. Леоновым и В.Н. Кубасовым. Эти эксперименты по наблюдениям последствий газовых и аэрозольных выбросов в стратосферу из вулкана и пожаров, обусловленных военными действиями во Вьетнаме, подготовили Г.В. Розенберг и А.Б. Сандомирский, в обработке космических данных принял участие Ю.Д. Матешвили [4]. Коллектив сотрудников из Института Келдыша АН СССР и Института Обухова АН СССР участвовал в стратегических проектах ПРО. Теоретико-расчетные исследования и сценарное моделирование обеспечивала Т.А. Сушкевич [5, 6]. Были заложены фундаментальные основы для современных атмосферно-оптических исследований и космической оптики. Те же «сценарии» наблюдений, но приоритетными стали гиперспектральные подходы и нанодиагностика с привлечением супервычислений [7].

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (проекты № 12-01-00009, № 14-01-00197) и Российской академией наук (проект 3.5. ПФИ ОМН РАН)

1. Розенберг Г.В. О сумеречных исследованиях планетных атмосфер с космических кораблей // Изв. АН СССР. Серия ФАО. 1965. Т. 1. № 4. С. 377-385.
2. Розенберг Г.В., Николаева-Терешкова В.В. Стратосферный аэрозоль по измерениям с космического корабля // Изв. АН СССР. Серия ФАО. 1965. Т. 1. № 4. С. 386-394.
3. Розенберг Г.В., Сандомирский А.Б. Оптическая стратификация атмосферного аэрозоля // Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана. 1971. Т. 7. № 7. С. 737-749.
4. Розенберг Г.В., Сандомирский А.Б., Сушкевич Т.А., Матешвили Ю.Д. Исследование стратификации аэрозоля в стратосфере по программе «Союз-Аполлон» // Изв. АН СССР. Серия Физика атмосферы и океана. 1980. Т. 16, № 4. С. 861-864.
5. Сушкевич Т.А. Осесимметричная задача о распространении излучения в сферической системе // Отчет № 0-572-6. М.: ИПМ АН СССР, 1966. 180 с.
6. Сушкевич Т.А. Математические модели переноса излучения // М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. 661 с.
7. Сушкевич Т.А., Стрелков С.А., Максакова С.В., Козодеров В.В., Фомин Б.А. Нанодиагностика природной и техногенной среды и супервычисления // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2010. Том 7. Номер 4. С. 176-186.

**ИКОР-М. ПЯТЬ ЛЕТ РАБОТЫ НА ОРБИТЕ**

М.Ю. Червяков, Ю.А. Складаров, А.И. Котума

*Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия*

Продолжается обработка научной информации от радиометра ИКОР-М, работающего на орбите ИСЗ «Метеор-М» №1. Аппаратура предназначена для измерений уходящей коротковолновой радиации, получения величин альbedo и поглощённой солнечной радиации (ASR) на ВГА, то есть оценки некоторых параметров энергетического обмена земной климатической системы.

Продолжалась работа по валидации всего ряда измерений радиометров ИКОР-М. Выполнены сравнения рядов альbedo с данными от ERBS в широтном диапазоне  $\pm 60^\circ$ . Среднегодовые величины альbedo в указанных пределах незначительно отличаются от глобальных и в межгодовом ходе разброс измеряется десятками долями процента.

Кроме того продолжается обработка измерений альbedo ряда ИКОР-М по избранным реперным площадкам с наиболее устойчивыми в течение года сценами состояния подстилающей поверхности. В целом величины альbedo и незначительный тренд по каждому из выбранных типов площадок позволили оценить общий тренд всего ряда

Для более подробного анализа деталей распределения альbedo и поглощённой солнечной радиации был применён метод мультипликации. В качестве примера были выбраны некоторые меридиональные разрезы, для которых были получены временные последовательности изображений среднемесячных распределений за каждый месяц по годам. Метод позволяет выявить устойчивые образования, исследовать появление, пути миграции со временем и исчезновение областей с интересующим режимом альbedo и ASR в годовом ходе.

Рассмотрена изменчивость альbedo для регионов Амазонской низменности и тропической Африки, а также для муссонных регионов. Приведены результаты расчётов широтного распределения альbedo для Мирового океана и суши. С количественными данными показана причина резкого различия в радиационном и тепловом режиме Индийского океана в сравнении с другими. Оценена взаимосвязь широтного хода альbedo с широтным ходом облачности. Уточнён вклад облачности в альbedo на ВГА.

Приводятся результаты расчётов среднемесячных ASR для избранных территорий, равновеликих по общей площади и расположенных на разных широтах всех континентов. Получено наглядное представление о распределении поглощённой радиации по территориям произвольной формы.

Привлекут внимание исследования о возможности обнаружения Эль-Ниньо по данным радиометра ИКОР-М, а также обширные исследования радиационного режима Гренландии и прилегающих территорий.

В докладе будут приведены все подробности с необходимыми иллюстрациями.

Работа выполнялась при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках базовой части (код проекта 2179).

**МАЛОПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ОСАДКОВ НА  
ОСНОВЕ СПУТНИКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ**

Д.Е. Чечин, А.Ф. Нерушев  
ФГБУ "НПО "Тайфун", г. Обнинск, Россия

Дистанционные спутниковые методы позволяют определять характеристики осадков в глобальном масштабе с хорошим пространственным и временным разрешением. Характерной общей особенностью большинства отечественных и зарубежных методик определения характеристик осадков по данным спутниковых измерений является использование в них большого количества параметров атмосферы и подстилающей поверхности [1,2]. Нами предложен метод, позволяющий определять интенсивность осадков из фронтальных облачных систем, используя для этого всего два параметра: оптическую толщину облаков в видимом диапазоне длин волн ( $\tau$ ) и эффективный радиус облачных частиц ( $r_{ef}$ ). А для определения общего количества выпавших осадков достаточно привлечения еще двух параметров – протяженности облачной системы и скорости ее перемещения [3]. На основе сравнения расчетов по данным измерений спектрорадиометра MODIS низкоорбитального спутника Terra и радиометра SEVIRI европейских геостационарных метеорологических спутников Meteosat-9 и Meteosat-10 с данными наблюдений на метеостанциях Европы и европейской территорией России в 2012-2014 годах оценена точность применения разработанного метода. Средняя относительная погрешность определения интенсивности выпадения твердых и жидких форм осадков составила 35 % и 34 % соответственно. Предложен критерий априорного разделения фронтальных облачных систем на системы с осадками и без них по значениям  $\tau$  и  $r_{ef}$ . При попадании значений  $\tau$  и  $r_{ef}$  в определенные критерием диапазоны, вероятность выпадения осадков составляет не менее 84%.

1. Волкова Е.В., Успенский А.Б. Детектирование облачности и выделение зон осадков регионального масштаба по данным полярно-орбитальных метеорологических ИСЗ. // Метеорология и гидрология. 2002. № 4. С. 28-38.

2. Stephens G. L. and C. D. Kummerow. The Remote Sensing of Clouds and Precipitation from Space: A Review. // J. Atmos. Sci.—Special Section. 2007.V. 64. P. 3742-3765

3. Нерушев А.Ф., Новицкий М.А., Калиничева О.Ю., Кулижникова Л.К., Милехин Л.И., Чечин Д.Е. Динамика атмосферы в период интенсивного снегопада в центральной части европейской территории России в апреле 2012 г. // Метеорология и гидрология. 2013. № 2. с. 5-17.

### **АЭРОЗОЛЬНАЯ ЭКСПРЕСС ОЧИСТКА АТМОСФЕРЫ**

А.Г. Амиранишвили<sup>1</sup>, М.С. Цицкишвили<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Институт геофизики им. М. Нодиа Тбилисского государственного университета им  
И. Джавахишвили, г. Тбилиси, Грузия*

<sup>2</sup>*Академия экологических наук Грузии, г. Тбилиси, Грузия*

На практике эксплуатации особо опасных предприятий с крупнообъемными выбросами токсичной примеси, при нештатных ситуациях, не исключены случаи возникновения необходимости быстрого удаления токсичного аэрозоля из конкретного помещения или локализации и предотвращения крупной утечки в городскую атмосферу. Не исключена необходимость таких экстренных воздействии на особенно крупных перекрестках в условиях интенсивного движения транспорта, в экстренных погодных условиях. Для этих целей обычно используют различные распылительные системы для получения жидкого «вымывающего» аэрозоля» (форсунки, дисковые распылители и т.д.); в качестве рабочей жидкости чаще всего используются водные растворы с регулируемыми параметрами плотности, поверхностного натяжения, вязкости и т.д. При возможности регулирования дисперсности генерируемого водного аэрозоля можно существенно увеличить эффективность работы подобных устройств. В результате исследования конструктивных особенностей дисковых распылителей, в которых технически достижимо получение высокодисперсного водного аэрозоля (размер частиц генерируемого «вымывающего» аэрозоля определяет эффективность вымывания), нам удалось получить расчетные формулы для определения дисперсности генерируемого водного аэрозоля, в зависимости от технических параметров дисковых распылителей, для конкретных значений характеристик распылителя и рабочей жидкости, и для различных геометрий действующих сил [1,2].

Генерированный водный аэрозоль может укрупняться в спурном потоке (кагуляция и динамическое слипание капель воды); в дальнейшем, при усилении процесса коагуляции (с ростом величины капли) согласно критерию Вебера, силы аэродинамического сопротивления, действующие на каплю вызывают ее разрушение, или ее вторичную диспергацию. Найденные решения позволяют оценить порядок величин диаметра капель. Меняя параметры рабочего органа и рабочей жидкости можно регулировать дисперсность, а следовательно и скорость вымывания; это позволяет практически существенно снизить временные и экономические затраты на ликвидации аврийного выброса высокотоксичного аэрозоля.

1. Лушников А.А., Токарь Я.И., Цицкишвили М.С. Две точно решаемые модели коагулирующих систем с источником частиц // Доклады АН СССР. Т. 256. №5. 1981. С. 1155 – 1158.

2. Цицкишвили М.С., Вахтанов П.В., Шатберашвили И.Г., Мильников А.А. К вопросу определения дисперсности аэрозолей в дисковых распылителях // Сообщение АН ГССР. 137. №1. Ч. 1. 1990. С. 129 – 132.

**ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛИДАРНОГО СИГНАЛА В ПРИБЛИЖЕНИИ  
ДВУКРАТНОГО РАССЕЯНИЯ ОТ ОБЛАКОВ**

В.В. Брюханова

*Томский государственный университет, г. Томск, Россия*

Несмотря на почти полувековую историю лидаров, до сих пор не решены многие технические и методические вопросы лазерного зондирования. К числу направлений, все еще нуждающихся в существенной проработке, относится и лазерное зондирование оптически плотных аэрозольных образований, таких как облака, туманы и т.п. Это объясняется тем, что лидарный сигнал от таких образований обусловлен не только однократным, но и многократным рассеянием.

Для интерпретации данных лидарных экспериментов, как правило, используется уравнение лазерного зондирования, учитывающее однократное рассеяние. При этом вклад многократного рассеяния рассматривается как помеха, искажающая результаты зондирования.

Во многих практически важных случаях лидарный сигнал с достаточной точностью можно описать в приближении двукратного рассеяния.

В докладе приводятся результаты исследования энергетических и поляризационных характеристик лидарного сигнала в приближении двукратного рассеяния от капельных и кристаллических облаков.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках программы повышения конкурентоспособности ТГУ.

**ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРИТЕЛИ МИКРОСТРУКТУРЫ  
ГОРОДСКИХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ АЭРОЗОЛЕЙ**

С.А. Лысенко, М.М. Кугейко, В.В. Хомич

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь*

Предложен метод определения массовых концентраций взвешенных в воздухе частиц с размерами  $\leq 1$  мкм,  $\leq 2.5$  мкм,  $\leq 10$  мкм и  $> 10$  мкм, включающий последовательную посылку в измерительный объем излучения с длинами волн  $\lambda_1 \leq 0.55$  мкм и  $\lambda_2 \geq 1.0$  мкм, регистрации коэффициента направленного светорассеяния для двух углов  $\theta_1 \leq 5^\circ$  и  $\theta_2 = 15-45^\circ$  и расчет искомых концентраций на основе их устойчивых статистических связей с измеряемыми коэффициентами. Для получения аналитических выражений, аппроксимирующих эти связи, использовалась оптико-микрофизическая модель городского аэрозоля, принятая Всемирной метеорологической организацией, с варьируемыми концентрациями, параметрами распределения по размерам и комплексными показателями преломления частиц аэрозольных компонент (сажевой, водорастворимой и пылевой). Проведено сравнение статистических связей, получаемых в модельном приближении с независимыми расчетными и экспериментальными данными. Оценены погрешности метода в условиях общей вариативности микрофизических параметров городского аэрозоля. На основе регрессионного подхода к решению обратных задач, проведен анализ информативности спектральных коэффициентов направленного рассеяния цементной пыли, выделяющейся в атмосферу и аспирационный воздух при производстве цемента, относительно концентрации и эффективного размера пылевых частиц. Рассмотрены наиболее эффективные варианты измерителей пыли, сочетающих в себе простоту технической реализации и высокую точность измерения во всем диапазоне физико-химических свойств пыли.

**ЭВОЛЮЦИЯ ПРОЗРАЧНОСТИ — ОТ ГИДРОСФЕРЫ  
К АТМОСФЕРЕ, ИСТОРИЯ ОДНОЙ СТАНЦИИ**

О.В. Окулов<sup>1</sup>, Х.А. Охврилль<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Агентство по окружающей среде Эстонии, г. Таллин, Эстония

<sup>2</sup>Тартуский университет, г. Тарту, Эстония

В докладе пойдет речь об истории Озерной Станции Тийрикоя, находящейся на границе города Муствеэ на берегу Чудского озера. Первые исследования Чудско-Псковского озера начались в конце XVIII в., в середине XIX в. изучение озера стало регулярным. Были замечены колебания уровня озера, отмечена малая прозрачность воды, проведены первые химические анализы. С развитием хозяйственной деятельности человека назрела необходимость в более подробных исследованиях и непрерывных наблюдениях за уровнем воды. Первые гидрометрические посты были открыты в начале XX в. В г. Муствеэ пост был открыт 1.03.1921 г. и в 1923 г. заработала метеостанция. В 1949 г. на базе метеостанции была организована озерная гидрометеорологическая станция Тийрикоя, начались регулярные гидрологические наблюдения на акватории озера. Количество вертикалей для наблюдений на Чудско-Псковском озере достигало 62-х. На них проводились измерения температуры воды, скорости и направления течения, наблюдения за волнением, прозрачностью, цветом воды, толщиной льда, высотой и плотностью снежного покрова а также метеорологические наблюдения. С 1950 г. по 1994 работниками станции Тийрикоя проводился химический анализ воды. С 1951 по 1962 г. проводились уникальные наблюдения за испарением с водной поверхности на плавучей испарительной установке в озере.

Первого ноября 1955 г. в Тийрикоя начались актинометрические наблюдения, измерялись  $S$ ,  $D$ ,  $R$ . Измерения  $S$  стали основой вычисления многолетнего ряда прозрачности толщи атмосферы.

В 1962 г. началась непрерывная регистрация самописцем часовых сумм суммарной радиации, а в 1982 г регистрация прямой радиации. Срочные актинометрические наблюдения стали сокращаться после 2002 г. и завершились в 2013 г. С 2004 г. все наблюдения регистрируются дигитально.

В 1992 г. коллектив станции составлял 30 человек. После проведения границы между Эстонией и Россией наблюдения на акватории стали проводиться только в эстонской части озера, сократился объем работ, финансирование станции и численность коллектива. В результате автоматизации наблюдений 2002-2013 гг. на станции остались работать только 3 человека. Срочные наблюдения прямой радиации в частности восстановлены в рамках проекта «Эстонский радиационный климат» (2012-2015, Европейский фонд регионального развития, ERDF).

**ПОВЫШЕНИЕ КОНТРАСТНОСТИ ИЗОБРАЖЕНИЯ ЛУЧА ЛАЗЕРА  
НА ДЛИНЕ ВОЛНЫ 1,6 МКМ В ГЛУБИННОМ РЕЖИМЕ**

В.Г. Ошлаков<sup>1</sup>, Я.А. Илюшин<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>*МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия*

При распространении коллимированных пучков лазерного излучения в атмосфере наблюдается эффект его рассеяния. Многократное рассеяние при  $\tau > 5 \dots 6$  становится заметным по сравнению с однократным рассеянием [1]. Рассеяное излучение делает видимым луч лазера и это позволяет создать новый тип систем местоопределения – лазерные лучевые инструментальные системы ориентирования (ЛЛИСО) [2, 3]. Многократное рассеяние уменьшает контраст изображения луча на многоэлементном фотоприёмнике и, следовательно, уменьшает точность ЛЛИСО. Для расчета изображения луча применялось усовершенствованное малоугловое приближение теории переноса излучения с учетом дисперсии длин путей распространения излучения [4]. В качестве модельных использовались индикатрисы тумана [5, 6]. Показано, что изображение луча, создаваемое 1-й и 2-й кратностями рассеяния близки друг к другу. Это говорит, что акты рассеяния 2-й кратности происходят вблизи луча. Многократное рассеяние вследствие большого числа рассеяний под разными углами будет представлять неполяризованное излучение, если излучение лазера полностью поляризовано. Если ввести матрицу рассеяния 1-й и 2-й кратности, то можно с её помощью подобрать поляризацию излучения лазера и поляризационные характеристики многоэлементного фотоприёмника, чтобы ослабить изображение, даваемое рассеянным излучением кратности выше 2-й [7].

1. Розенберг Г.В. Сумерки. М.: Физматгиз, 1963. 380 с.
2. Ошлаков В.Г. Патент № 2322371. Способ ориентирования движущегося транспорта по световому лучу и устройство для его реализации. Приоритет 01.02.2006 г.
3. Ошлаков В.Г., Цвык Р.Ш., Солдатов А.Н., Илюшин Я.А. Принципы построения лазерных лучевых инструментальных систем ориентирования. Часть 1 // Известия вузов. Физика. 2013. Т. 56, № 10/2. С. 84–93.
4. Илюшин Я.А. // J. Quant. Spectrosc. and Transfer. 2012. V. 113. P. 348–354.
5. Бартенева О.Д. // АН СССР. Сер. Геофиз. 1960. № 12. С. 1852.
6. Дейрменджан Д. Рассеяние электромагнитного излучения сферическими полидисперсными частицами. М.: Мир, 1971. 300с.
7. Ошлаков В.Г., Ошлаков В.К., Еремина Т.А. Оптимальные поляризационные характеристики приборов, регистрирующих рассеянное излучение // Оптика атмосферы и океана. 2007. Т. 20, № 7. С. 635–640.

**ИЗМЕРИТЕЛЬ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ЛАЗЕРНЫМИ РЕПЕРАМИ**

В.Г. Ошлаков

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

Современный уровень развития вычислительной техники позволяет внедрять в практику поляризационных исследований новые подходы [1, 2, 3]. Их использование ставит новые требования к выпускаемым в настоящее время фазовым пластинам. Дело в том, что положение быстрой оси на них все мировые производители указывают в виде риски. Новые методы поляризационных измерений требуют знать их положение с точностью не менее  $0,1^\circ$ . Ясно, что такое положение дел не соответствует современным требованиям. Решением проблемы является применение лазерных реперов, представляющих собой малогабаритные лазеры, укрепленные на фазовой пластине, луч которых с высокой точностью совмещается с положением её быстрой оси. Это позволяет практически беспредельно повышать точность задания быстрой оси. Разработан измеритель поляризационных элементов на основе монохроматора МУМ и призмы Волластона, который снабжен также рядом лазерных реперов. Их использование кроме того повышает оперативность проведения измерения поляризационных элементов.

1. Ошлаков В.Г. Оптимальный измеритель матрицы рассеяния // Оптика атмосферы и океана. 1992. Т. 5, № 11. С. 1190–1193.
2. Ошлаков В.Г., Борков Ю.Г. Численный анализ аппаратной матрицы поляризационного измерителя // Оптика атмосферы и океана. 2002. Т. 15, № 7. С. 635–640.
3. Ошлаков В.Г., Ошлаков В.К., Еремина Т.А. Оптимальные поляризационные характеристики приборов, регистрирующих рассеянное излучение // Оптика атмосферы и океана. 2007. Т. 20, № 7. С. 635–640.

**ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЙ ЛИДАР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ МАТРИЦЫ ОБРАТНОГО РАССЕЯНИЯ  
СВЕТА ОБЛАКОВ ВЕРХНЕГО ЯРУСА**

И.В. Самохвалов<sup>1</sup>, В.В. Брюханова<sup>1</sup>, Б.В. Кауль<sup>2</sup>, Н.С. Кириллов<sup>1</sup>, С.В. Насонов<sup>1</sup>,  
О.В. Соковых<sup>1</sup>, А.П. Стыкон<sup>1</sup>, Д.И. Шелефонтьук<sup>2</sup>

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

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

Отличительной особенностью высотного поляризационного лидара ТГУ является возможность измерения полной матрицы обратного рассеяния света (МОРС). В качестве источника зондирующего излучения используется Nd:YAG лазер, работающий на второй гармонике с длиной волны 532 нм, с частотой следования импульсов 10 Гц и энергией в импульсе от 80 до 300 мДж. Приемной антенной служит зеркальный объектив, выполненный по схеме Кассегрена, с диаметром главного зеркала 0,5 м и фокусным расстоянием 5 м. В передающем и приёмном каналах лидара установлены идентичные узлы трансформации состояния поляризации излучения [1], что позволяет измерить МОРС. В атмосферу последовательно посылается излучение лазера с четырьмя различными состояниями поляризации и определяется состояние поляризации рассеянного назад излучения (вектор-параметр СТОКСА). Таким образом, экспериментально измеряется 16 высотных профилей интенсивности рассеянного в направлении назад излучения, по которым рассчитывается для заданной высоты МОРС размерностью 4×4.

Каждый профиль интенсивности рассеянного в направлении назад излучения необходимо измерить с погрешностью не хуже 3-5%. При этом время измерения совокупности 16 профилей не должно превышать характерного времени изменения характеристик облака над точкой стояния лидара. Для уменьшения времени измерений, при заданных параметрах приёмной системы, надо увеличить энергию и частоту посылок зондирующих импульсов. Однако реализовать на практике энергетический потенциал лидара не всегда удаётся, поскольку помеха обратного рассеяния из «ближней зоны» ослепляет ФЭУ и погрешность оценки величины лидарного сигнала существенно увеличивается. Поэтому в лидаре ТГУ для обеспечения линейности режима работы высокочувствительных ФЭУ используется электрооптический затвор (ЭОЗ) основанный на эффекте Погкельса.

Экспериментально показано, что применение ЭОЗ позволяет подавить помеху от «ближней зоны» лидара почти на порядок. Это даёт возможность кратно увеличить энергию зондирующих импульсов и, тем самым, на порядок сократить время измерений 16 элементов МОРС.

1. Самохвалов И.В., Стыкон А.П., Кауль Б.В., Шелефонтьук Д.И. Автоматизация измерений матриц обратного рассеяния облаков верхнего яруса на высотном лидаре ТГУ // XVI Международный симпозиум "Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы" - Томск: ИОА им. В.Е. Зуева СО РАН. 2009. С. 394-396.

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ СУБМИКРОННОГО АЭРОЗОЛЯ ПО ДАННЫМ  
РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ НЕФЕЛОМЕТРОВ ЗАКРЫТОГО ОБЪЕМА**

М.А. Свириденков

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

Нефелометрия является основным оптическим методом исследования аэрозоля в локальных объемах. За рубежом наибольшее распространение получили различные модификации интегрирующих нефелометров. Нефелометр 3563 фирмы TSI [1] позволяет измерять коэффициенты рассеяния и их составляющие, обусловленные рассеянием в заднюю полусферу, на трех длинах волн. В трехволновом нефелометре Аулога 4000 фирмы Ecotech [2] реализована возможность изменять диапазон углов интегрирования и от  $7 - 170^\circ$  до  $90 - 170^\circ$ . В СССР и России серийно выпускались нефелометры ФАН, измеряющие коэффициенты направленного светорассеяния под углом  $45^\circ$  и их поляризационные составляющие под углом  $90^\circ$  в трех диапазонах спектра. В докладе на основе модельных расчетов анализируются и сравниваются возможности восстановления спектров размеров частиц аэрозоля, показателей преломления вещества частиц и истинных значений коэффициентов рассеяния по данным измерений с помощью TSI 3563, Aurora 4000 и ФАН. При анализе информационных возможностей TSI 3563 и Aurora 4000 использовалась методика решения обратных задач, ранее примененная к данным ФАН [3].

Работа выполнена при поддержке РФФИ (Проект 13-05-00956).

1. [http://www.tsi.com/uploadedFiles/\\_Site\\_Root/Products/Literature/Spec\\_Sheets/3563.pdf](http://www.tsi.com/uploadedFiles/_Site_Root/Products/Literature/Spec_Sheets/3563.pdf)
2. <http://www.aurora-nephelometer.com/index.php/products/aurora-4000-polar-nephelometer>.
3. Панченко М.В., Свириденков М.А., Терпугова С.А., Козлов В.С. Активная спектронефелометрия в исследовании микрофизических характеристик субмикронного аэрозоля. // Оптика атмосферы и океана. 2004. Т. 17. № 05-06. С. 428-436.

**МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Н.М. Ситников, Ю.А. Борисов, Д.В. Акмулин, И.И. Чекулаев, Д.И. Ефремов,  
В.И. Ситникова, О.Б. Поповичева, А.Э. Улановский  
*Центральная аэрологическая обсерватория, г. Долгопрудный, Россия*

Обсуждаются вопросы, связанные с возможностью применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для решения задач мониторинга окружающей среды. Рассмотрены перспективы развития методов и средств мониторинга атмосферы и подстилающей поверхности на основе БПЛА, некоторые аспекты применения этих методов и их преимущества для атмосферных исследований. Представлены разработки бортовой аппаратуры для БПЛА, выполненные в ФГБУ «ЦАО», а также результаты лабораторных и полевых испытаний. Обсуждается возможность использования БПЛА для стратосферных исследований.

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПРОФИЛЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТЕОРНОЙ ПЫЛИ В МЕЗОСФЕРЕ НА ОСНОВЕ ШИРОКОУГОЛЬНЫХ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ФОНА СУМЕРЕЧНОГО НЕБА**

О.С. Угольников, И.А. Маслов

*Институт космических исследований РАН, г. Москва, Россия*

В работе представлены результаты широкоугольных поляризационных измерений фона сумеречного неба, проводящихся в центральной России (55.2°N, 37.5°E) с 2011 года. Метод сумеречного зондирования эффективен для восстановления высотного профиля коэффициента рассеяния [1] при условии корректного вычитания фона многократного рассеяния. Эта задача может быть решена экспериментально при наличии данных об интенсивности и поляризации фона в большом количестве точек неба.

Метод оказывается особенно эффективен для мезосферы (высоты 70-85 км). В случае преобладания однократного молекулярного рассеяния возможно построение высотного профиля температуры [2], что наиболее интересно в летний период температурного минимума. Результаты оказываются в хорошем согласии с данными спутникового зондирования. Появление пыли может быть также зафиксировано на основе поляризационных данных. Данный эффект достигает максимума в первой половине августа, а его временной профиль согласуется с активностью метеорного потока Персеиды [3]. Анализ позволяет определить высоту максимальной концентрации пыли (81-83 км). Поляризационные измерения фона неба можно также использовать для восстановления матрицы рассеяния частиц серебристых облаков, расположенных примерно на тех же высотах.

1. Розенберг Г.В. Сумерки. Москва, Физ.-мат. лит., 1963.

2. Ugolnikov O.S., Maslov I.A. Summer mesosphere temperature distribution from wide-angle polarization measurements of the twilight sky // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. 2013. V.105-106. P. 8-14.

3. Ugolnikov O.S., Maslov I.A. Mesosphere light scattering depolarization during the Perseids activity epoch by wide-angle polarization camera measurements // Planetary and Space Sciences. 2014. V. 92. P. 117-120.

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ГАЗОАНАЛИТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС НА ОСНОВЕ  
АКУСТООПТИЧЕСКОГО СПЕКТРОМЕТРА**

А.В. Фадеев, В.Э. Пожар

*Научно-технологический центр уникального приборостроения РАН, г. Москва, Россия*

На примере автоматизированного газоаналитического комплекса ГАОС показаны возможности и перспективы использования спектрометров с произвольной спектральной адресацией (random spectral access - RSA) для проведения химического анализа многокомпонентных газовых смесей.

ГАОС [1] представляет собой трассовый газоанализатор, способный осуществлять мультикомпонентный анализ газовых смесей (ряд простых оксидов, ароматические углеводороды и др.) в пределах контролируемой трассы в атмосфере в режиме реального времени. Наличие в составе ГАОС спектрометра на основе акустооптического (АО) перестраиваемого фильтра дает возможность регистрировать спектральные отсчеты в совершенно произвольном порядке (без дополнительных потерь на перестройку), что позволяет сократить время измерения и анализа на 1-2 порядка при решении таких практически значимых задач, как дистанционный контроль загрязнения воздуха. Возможность эффективного использования свойства произвольного спектрального доступа в газоанализаторах на основе АО спектрометров появилась с разработкой специализированного набора алгоритмов и реализующего его программного комплекса.

Базовым алгоритмом является метод фрагментарной спектральной адресации (ФСР) [2], основанный на методе дифференциальной оптической абсорбционной спектроскопии (DOAS). ФСР позволяет осуществлять отбор наиболее информативных точек спектра, оптимизируя набор спектральных каналов регистрации под конкретную практическую задачу, исходя из критериев минимизации времени измерения и минимизации погрешности. Дополнительно к методу ФСР была разработана процедура качественного анализа на основе статистического метода анализа независимых компонент (ICA) [3], позволяющая оценить потерю значимой информации в процессе отбора регистрируемых линий, что позволило расширить потенциал метода для создания адаптивных измерительных комплексов на основе RSA-спектрометров. Метод ФСР был разработан для работы с абсорбционными спектрами, однако в процессе его исследования были получены результаты, позволяющие сделать предположение о его применимости и эффективности для работы с информационно-разреженными линейчатыми спектрами другой природы. В частности, в настоящее время исследуются возможности использования метода ФСР для работы со спектрами комбинационного рассеяния.

Как результат, на сегодняшний день спектрометры на основе АО фильтров могут быть эффективно использованы для решения задач газоанализа, в частности мониторинга загрязнений атмосферы, экспресс-анализа выбросов в чрезвычайных ситуациях, непрерывного анализа большого множества образцов в производственном процессе и т.д., что подтверждается опытом эксплуатации автоматизированного газоаналитического комплекса ГАОС.

1. М.М. Мазур, В.Н. Шорин, В.И. Пустовойт, В.Э. Пожар, А.В. Фадеев, "Газоаналитический акустооптический спектрометр-газоанализатор ГАОС", Приборы и техника эксперимента, 2011, в.2, с. 140-146.
2. Fadeyev A.V., Pozhar V.E., Pustovoit V.I. The principle of fragmentary spectrum registration for acousto-optical spectrometers based on differential optical absorption spectroscopy // Proc. SPIE. 2013. V. 8890, 88900H.
3. Fadeyev A.V., Pozhar V.E. Application of independent component analysis method in real-time spectral analysis of gaseous mixtures for acousto-optical spectrometers based on differential optical absorption spectroscopy // Proc. SPIE. 2012. V. 8535, 85350C.

**РАДИОВИЗУАЛИЗАЦИЯ АЭРОЗОЛЬНОГО ОБЛАКА - ИЗДЕЛИЕ «МЕТКА»**

М.С. Цицкишвили, В.М. Минашкин, Ю.П. Гришин, М.А. Иорданский  
*Академия экологических наук Грузии, г. Тбилиси, Грузия*  
*Физико-химический институт им. Л.Я. Карпова, г. Москва, Россия*  
*НИИПХ РАН, г. Сергиев Посад, Россия*

Средства и методы создания аэрозольной радиометки из углеродографитового волокнистого материала ВПР-19С, представляющего собой электропроводящие нити с удельным сопротивлением 4,5 ом на кв.мм/м и диаметром 6-8 мкм для создания радиолокационных меток в атмосфере с помощью противорадиолокационных ракет были разработаны нами в 80-ых годах прошлого века; в качестве средства доставки в заданную точку атмосферы использовалось изделие «Алазань-М» с переоборудованной головной частью. Отработаны методы диспергирования и различные варианты укладки радиоотражающего материала – «углена», позволяющие получать практически неседиментирующие радиометки заданных размеров и конфигураций, с величинами радиоотраженного сигнала до 40 – 60 децибел при дальностях до 20 км. Среднее время жизни при различных атмосферных условиях 50 –70 мин. При устойчивой безоблачной антициклональной погоде искусственные радиолокационные метки отслеживались свыше 140 мин, с незначительным осаждением нижней кромки искусственного аэрозольного радиоотражающего образования.

Принципы устройства изделия «Метка» на базе противорадиолокационного изделия «Алазань-М» для трех различных модификаций головной части приведены в наших ранних публикациях. Варировался тип укладки (соосная вдоль оси ракетного устройства, укладка жгутом и «модульный вариант»), количество и длина волокон, тип диспергирования и сила диспергирующего заряда, а так же тип радиоотражающего материала и его количество. Полевые летные эксперименты с изделием «Метка» всех трех модификаций проводились на Руиспирском противорадиолокационном полигоне.

Практически разработанные методологии, модификации изделия «Метка», позволяют не только отслеживать движения воздушных масс, или визуализировать выброс высокотоксичного аэрозоля при техногенных катастрофах, но и, определив основные диффузионные параметры, дать прогноз параметров рассеяния, что существенно повышает безопасность населения при техногенных катастрофах.

1. Бессонов В.А., и др. (1982). Аэрозольная метка для исследования динамических процессов в чистой атмосфере и в радиоотражающих облаках. Материалы докладов Всесоюзной конференции ГКНТ СССР. Проблемный Совет по аэрозолям. 1982, сс.79-82. Москва, ГКНТ,1982. Д.С.П. (Авторы: Бессонов В.А., Гришин Ю.П., Зубарев В.В., Иорданский М.А., Карцивадзе А.И., Несмеянов П.А., Петрянов И.В., Салуквадзе Т.Г., Суругин А.Г., Цицкишвили М.С.).

2. Суругин А.Г., и др.(1983). Отчет НИР и ОКР «Создание аэрозольной радиометки для уточнения динамических и микрофизических характеристик градово-грозовых облаков». № Гос. регистрации 01822016646; инв. №0284.0061488. Д.С.П. Ответственные исполнители: Суругин А.Г., Цицкишвили М.С.

3. Бессонов В.А., и др.(1987). Изделие «Метка» для изучения структуры и динамики воздушных потоков в околооблачном пространстве. //Метеорология и гидрология. №1. С.118–120. (Авторы: Бессонов В. А., Гришин Ю.П., Иорданский М.А., Суругин А.Г., Карцивадзе А.И., Несмеянов П.А., Петрянов И.В., Цицкишвили М.С.)

**Индекс авторов**

Beekmann M.	43	Воронцовская Н.Г.	39
Berezin E. V.	43	Вульфсон А.Н.	14
Kanaya Y.	60	Гинзбург А.С.	47, 48, 72
Kokhanovsky A.A.	94	Глазкова А.А.	77, 80
Konovalov I.B.	43	Глендзер Е.Б.	36
Kozlov V.S.	83	Голицын Г.С.	36
Lin G.	56	Голобокова Л.П.	27
Loiko V.A.	22	Головко А.К.	39
Miskevich A.A.	22	Горбаренко Е.В.	26, 53
Penner J.E.	56	Горелик А.Г.	19
Persiantseva N.M.	83	Горлова И.Д.	35
Petetin H.	43	Городецкий А.К.	91
Smirnov B.M.	32	Городничев Е.Е.	49
Zhou C.	56	Горчаков Г.И.	15, 16, 17, 72, 74
Абакумова Г.М.	26	Гришин Ю.П.	109
Аветисов А.К.	34, 82	Грудо Я.О.	21
Акмулин Д.В.	106	Груздев А.Н.	40
Александров Г.Г.	72	Грязин В.И.	12
Амиранашвили А.Г.	10, 67, 68, 86, 87, 98	Губанова Д.П.	18, 41, 44
Аникин П.П.	38	Гущин Г.К.	26
Артамонова М.С.	18, 36, 44	Давыдов Д.К.	11
Аршинов М.Ю.	11, 39, 69	Демченко П.Ф.	72
Бедарева Т.В.	51, 70	Денисов С.В.	78
Безверхний В.А.	55	Дик В.П.	93
Белан Б.Д.	11, 39, 69	Дмитриева М.П.	34
Белан С.Б.	11	Донченко В.К.	50
Беликов И.Б.	41	Елисеев А.В.	75
Березин И.А.	33	Елохов А.С.	60
Береснев С.А.	11	Емиленко А.С.	60
Блиадзе Т.Г.	68	Ефремов Д.И.	106
Борисов Ю.А.	106	Желтов В.С.	46
Боровой А.Г.	13	Журавлева Т.Б.	51, 70
Боровский А.Н.	60	Завалишин Н.Н.	72
Брюханов И.Д.	31	Зарипов Р.Б.	80
Брюханова В.В.	99, 104	Захаров В.И.	92
Будак В.П.	46, 61	Захарова П.В.	72, 80
Бунтов Д.В.	15	Звягинцев А.М.	77, 80
Васильева М.С.	12	Зеге Э.П.	78, 93
Вересков А.И.	72	Иванов А.П.	21, 78, 73
Веричев К.С.	35	Ивлев Г.А.	11
Виноградова А.А.	71, 88	Ивлиев С.В.	49
Виролайнен Я.А.	33	Илюшин Я.А.	62, 102
Волков С.Н.	31	Иорданский М.А.	18, 36, 44, 109

Международная конференция «Аэрозоль и оптика атмосферы» (к столетию Г.В. Розенберга)

Исаков А.А.	16, 17, 48, 40, 42, 74	Малинина Е.П.	81
Кабашников В.П.	78	Малинка А.В.	93
Каблукова Е.Г.	52	Маслов И.А.	107
Кадыгров Е.Н.	19	Матвиенко Г.Г.	52, 53
Каллис А.Г.	26	Мельникова И.Н.	48, 50
Каминский В.А.	82	Минашкин В.М.	18, 36, 44, 109
Карпов А.В.	15, 17, 20, 74	Мохов И.И.	55
Каттай К.М.	26	Насонов С.В.	31, 104
Кауль Б.В.	31, 104	Насртдинов И.М.	51
Кацев И.Л.	21, 78, 73	Нахаев М.И.	80
Кириленко А.А.	10	Нейман Л.О.	26
Кириллов Н.С.	104	Нерушев А.Ф.	97
Киркитадзе Д.Д.	68	Обвинцев Ю.И.	18, 44
Кирсанов А.А.	80	Обвинцева Л.А.	34, 82
Козлов А.В.	11	Обвинцева Н.Ю.	82
Козлов А.С.	39	Огородников Б.И.	24
Козлов В.С.	28, 29	Окулов О.В.	26, 101
Козлова Н.В.	34	Орлов С.В.	25
Кокорин А.М.	59	Осипенко Ф.П.	78, 93
Колесникова А.Б.	15	Охвирль Х.А.	26, 101
Конощонкин А.В.	13	Ошлаков В.Г.	102, 103
Копейкин В.М.	15, 16, 17, 74, 79	Ошлаков В.К.	52, 53
Король М.М.	78, 93	Павлов В.Е.	25, 27
Кортунова З.В.	10	Павлова Л.М.	90
Косцов В.С.	33	Панченко М.В.	28, 29
Котума А.И.	96	Певнева Г.С.	39
Кочнева Л.Б.	12	Пененко А.В.	45
Кугейко М.М.	63, 100	Пененко В.В.	45
Кудерина Т.М.	18	Петрушин А.Г.	30
Кузнецова И.Н.	77, 80	Поволоцкая Н.П.	10
Кузовлев А.И.	49	Поддубный В.А.	54
Куницын В.Е.	92	Пожар В.Э.	108
Курбатов Г.А.	17	Полькин В.В.	28, 29
Курганский М.В.	36	Полькин Вас.В.	28
Кустова Н.В.	13	Полюхов А.А.	35
Ларкина И.С.	55	Поляков А.В.	33
Лебедев В.А.	18, 36, 44	Пономарева Т.Я.	71
Лезина Е.А.	72, 80	Поповичева О.Б.	83, 106
Лисенко А.А.	52, 53	Постыляков О.В.	60
Лубенко Д.М.	53	Потапов А.А.	64
Лужецкая А.П.	54	Прихач А.С.	78, 93
Лушников А.А.	23	Прохоров И.В.	65
Лысенко С.А.	63, 100	Радионов В.Ф.	57
Любовцева И.С.	23	Радомская В.И.	90
Максименков Л.О.	36, 44	Рассказчикова Т.М.	11

Международная конференция «Аэрозоль и оптика атмосферы» (к столетию Г.В. Розенберга)

Ревокатова А.П.	80	Тумаков А.Г.	28
Рогозкин Д.Б.	49	Угольников О.С.	107
Рублев А.Н.	73	Улановский А.Э.	106
Русина Е.Н.	57	Фадеев А.В.	108
Руссак В.К.	26	Фалалеева В.А.	58
Самохвалов И.В.	31, 104	Филимоненко Е.А.	84
Самуленков Д.А.	50	Фомин Б.А.	58
Сапунов М.	50	Фофанов А.В.	11
Свириденков М.А.	16, 17, 35, 74, 105	Фролькис В.А.	48, 59
Сеник И.А.	10	Хапаев А.А.	36
Сибир Е.Е.	57	Хвостов И.В.	27
Симоненков Д.В.	11, 39	Ходжер Т.В.	27
Ситников Н.М.	106	Хомич В.В.	63, 100
Ситникова В.И.	106	Цветова Е.А.	45
Ситнов С.А.	74	Цицкишвили М.С.	85, 86, 87, 98, 109
Скляднева Т.К.	11	Цыркина Т.Б.	34, 82
Скляр Ю.А.	96	Чайковский А.П.	78, 93
Скороход А.И.	41	Чанкветадзе А.Ш.	68
Слесарь А.С.	78, 93	Чекулаев И.И.	106
Смирнов А.В.	35	Червяков М.Ю.	96
Соковых О.А.	104	Чернов Д.Г.	29
Соколов А.В.	15	Чечин Д.Е.	97
Стрелков С.А.	95	Чихладзе В.А.	68
Стыкон А.П.	104	Чубарова Н.Е.	35, 41, 81
Суркова Г.В.	80	Чхетиани О.Г.	18, 36, 44
Суханов А.Я.	53	Шагалов О.В.	46, 61
Сухарева И.П.	34	Шалыгина И.Ю.	77, 80
Сушкевич Т.А.	95	Шамсутдинов М.Э.	37
Таварткиладзе К.А.	10	Шевченко В.П.	71, 88
Таловская А.В.	84	Шелефонтьук Д.И.	104
Терез Г.А.	26	Шмаргунов В.П.	28, 29
Терез Э.И.	26	Шукуров К.А.	89
Терпугова С.А.	28, 29	Шукурова Л.М.	89
Тимофеев Ю.М.	33	Юдин Н.И.	72
Тихонов А.В.	38	Юсупов Д.В.	90
Толмачев Г.Н.	11, 39	Язиков Е.Г.	84
Точилкина Т.А.	19	Яровенко И.П.	66
Трутнева Н.В.	90	Яушева Е.П.	28, 29