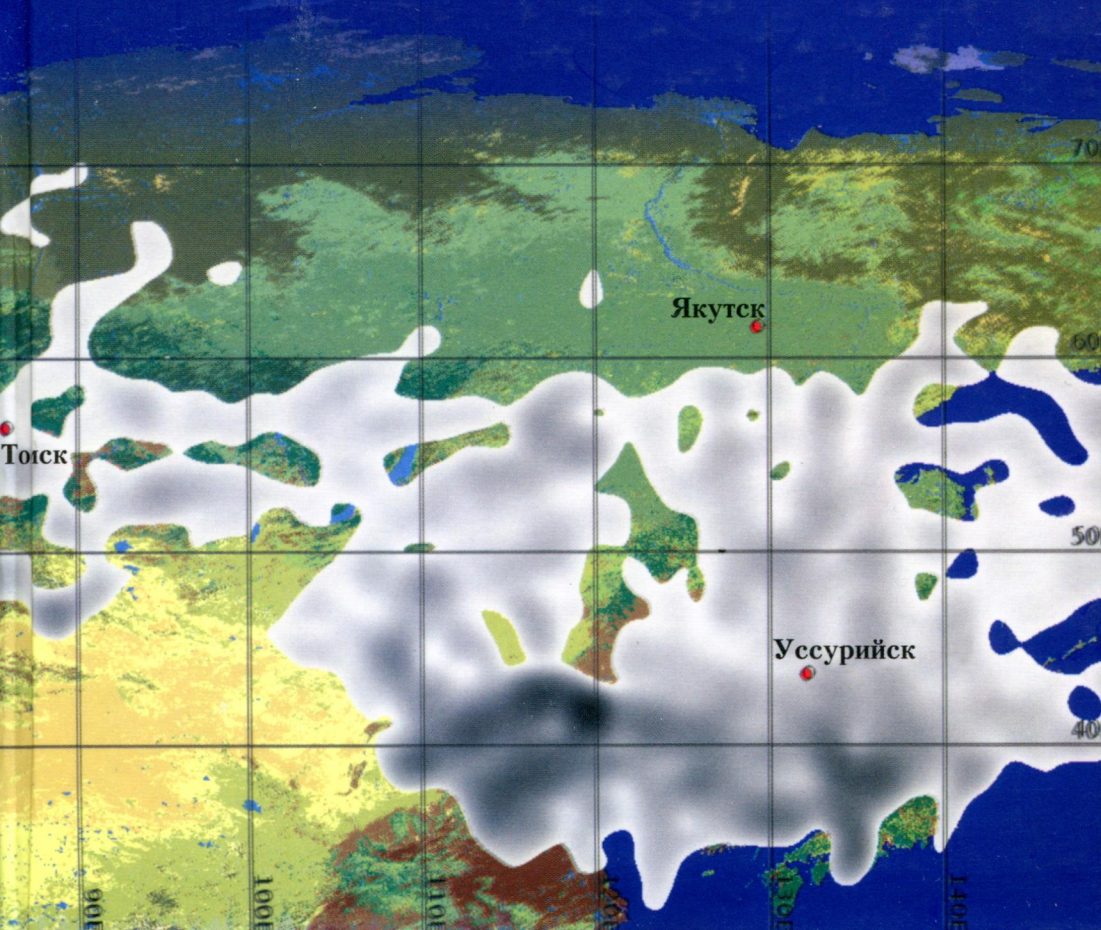


ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АЭРОЗОЛЯ В АЗИАТСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Сибирское отделение
Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева

Исследование радиационных характеристик аэрозоля в азиатской части России

**Под общей редакцией
доктора физико-математических наук
С.М. Сакерина**

Томск
Издательство Института оптики атмосферы СО РАН
2012

УДК
ББК

О627

Исследование радиационных характеристик аэрозоля в азиатской части России / Под общей ред. С.М. Сакерина. – Томск: Изд-во Института оптики атмосферы СО РАН, 2012. – 484 с. + вклейки.

Авторский коллектив:

С.Ю. Андреев, С.В. Афонин, Т.В. Бедарева, С.А. Береснев, О.А. Букин, Л.П. Голобокова, Е.В. Горбаренко, С.Ю. Горда, К.Г. Грибанов, Т.А. Еремина, Г.С. Жамсуева, Т.Б. Журавлева, В.И. Захаров, А.С. Заяханов, Д.М. Кабанов, В.С. Козлов, Г.И. Корниенко, Н.Я. Ломакина, А.П. Лужецкая, А.Ю. Майор, Ю.И. Маркелов, Е.С. Наговицына, С.А. Нагуслаев, И.М. Насртдинов, О.Г. Нецветова, С.В. Николашкин, В.А. Оболкин, Н.А. Онищук, А.Н. Павлов, М.В. Панченко, В.А. Поддубный, В.В. Полькин, В.Л. Потемкин, Т.М. Рассказчикова, Н.В. Рокотян, А.П. Ростов, С.М. Сакерин, П.А. Салюк, А.В. Смирнов, Т.К. Складнева, С.Ю. Столярчук, М.А. Тащилин, С.А. Терпугова, С.А. Турчинович, Ю.С. Турчинович, У.Г. Филиппова, Т.В. Ходжер, Б.Н. Холбен, В.В. Цыдыпов, Т.Ю. Чеснокова, В.П. Шмаргунов, К.А. Шмирок, М.В. Энгель.

Обобщаются результаты комплексных исследований атмосферного аэрозоля в азиатской части России, выполненных в рамках интеграционных проектов СО РАН, ДВО и УрО РАН. В числе анализируемых характеристик – аэрозольная оптическая толща в диапазоне спектра 0,34–4 мкм и влагосодержание атмосферы, массовая и счетная концентрация аэрозоля в приземном слое, массовая концентрация «сажи», химический состав воздуха – аэрозоля, газовых примесей и осадков. На основе результатов экспедиционных измерений, многолетних данных сетевого мониторинга (AERONET) и спутниковых (MODIS) наблюдений обсуждаются особенности изменчивости характеристик атмосферного аэрозоля в различных регионах – Урал, Западная и Восточная Сибирь, Приморье, Японское и Охотское моря.

Книга рассчитана на широкий круг ученых и специалистов, работающих в области физики атмосферы, климатологии, метеорологии, химии аэрозоля и осадков, экологии. Отдельные разделы могут быть полезны для аспирантов и студентов соответствующих специальностей.

Табл. 83. Ил. 215. Библиограф. 600 назв.

Рецензенты: член-корр. РАН **М.В. Кабанов** (Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск), д.ф.-м.н., профессор **Г.О. Задде** (кафедра метеорологии и климатологии Томского государственного университета, г. Томск), д.ф.-м.н. **М.А. Свириденков** (Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва)

Утверждено к печати Ученым советом Института оптики атмосферы СО РАН.

ISBN 978-5-94458-123-5

© Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, 2012

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
Глава 1. Характеристики изменчивости аэрозольной оптической толщи атмосферы в Западной Сибири	11
1.1. Определение характеристик атмосферной толщи методами солнечной фотометрии.....	12
1.1.1. Общие положения.....	12
1.1.2. Методика определения АОТ атмосферы.....	13
1.1.3. Методика измерения влагосодержания атмосферы.....	19
1.1.4. Определение других характеристик аэрозольной толщи.....	22
1.2. Автоматизированные солнечные фотометры.....	25
1.2.1. Sun-Sky-радиометр CE-318 сети AERONET.....	25
1.2.2. Солнечные фотометры типа SP.....	32
1.2.3. Информационная система солнечных фотометров.....	40
1.2.4. Анализируемые характеристики АОТ атмосферы.....	49
1.2.5. Статистика прерывистости измерений под влиянием облачности.....	54
1.3. Особенности многолетней изменчивости АОТ атмосферы.....	62
1.3.1. Многолетняя изменчивость спектральных АОТ атмосферы в Томске.....	62
1.3.2. Основные факторы многолетней изменчивости АОТ атмосферы.....	65
1.3.3. Межгодовые вариации АОТ атмосферы в различных районах Сибири.....	69
1.4. Сезонная изменчивость АОТ атмосферы в различных районах Сибири.....	72
1.4.1. Годовой ход АОТ атмосферы в районе Томска.....	73
1.4.2. Особенности годового хода АОТ атмосферы в других районах Сибири.....	76
1.5. Короткопериодные вариации АОТ и влагосодержания атмосферы.....	78
1.5.1. Характеристики синоптической изменчивости АОТ атмосферы.....	79
1.5.2. Дневной ход спектральных АОТ атмосферы.....	94
1.6. Оценка влияния города на аэрозольное замутнение атмосферы в районе Томска.....	100
Литература к главе 1.....	109
Глава 2. Пространственно-временная изменчивость АОТ атмосферы в азиатской части России по данным наземных и спутниковых наблюдений	119

2.1. Экспедиционные исследования АОТ атмосферы в Приморье и прилегающих морях	120
2.2. Спутниковое сопровождение экспедиционных исследований в Приморье	128
2.2.1. Сопоставление наземных и спутниковых измерений АОТ и влагосодержания атмосферы	129
2.2.2. Пространственно-временная изменчивость характеристик атмосферной толщи во время экспедиции 2009 г.	131
2.2.3. Пространственно-временная изменчивость характеристик атмосферной толщи во время экспедиции 2010 г.	136
2.3. Пространственно-временная изменчивость АОТ атмосферы в Дальневосточном регионе по многолетним данным наземных и спутниковых наблюдений	139
2.3.1. Сезонная изменчивость АОТ в Приморье по результатам наземного мониторинга	139
2.3.2. Пространственные неоднородности АОТ по данным спутниковых наблюдений (MODIS)	142
2.4. Характеристики изменчивости АОТ атмосферы в Восточной Сибири	148
2.4.1. Исследования АОТ атмосферы на севере Восточной Сибири	148
2.4.2. Особенности изменчивости АОТ атмосферы на юге Восточной Сибири	151
2.5. Пространственное распределение и корреляционный анализ полей АОТ атмосферы на территории Сибири (спутниковые данные)	157
2.5.1. Пространственное распределение АОТ атмосферы	157
2.5.2. Корреляционный анализ пространственных полей АОТ атмосферы	163
2.6. Эмпирические модели и типичные значения характеристик аэрозольной толщи	166
2.6.1. Модель дневного хода АОТ атмосферы	167
2.6.2. Модель годового хода АОТ атмосферы в Сибири	169
2.6.3. Средние значения восстановленных характеристик аэрозоля в различных районах	173
Литература к главе 2	178

Глава 3. Исследование характеристик аэрозоля и некоторых парниковых газов по данным спектральных наблюдений атмосферы на Среднем Урале 182

3.1. Общая характеристика изменчивости АОТ атмосферы на Среднем Урале	182
3.1.1. Условия экспериментов и объем полученных данных	182
3.1.2. Характеристики изменчивости АОТ атмосферы на среднем Урале	185
3.2. Оценка влияния города на аэрозольное замутнение атмосферы по данным двухточечных измерений «фон»–«город»	197
3.2.1. Постановка задачи и характеристика эксперимента	197
3.2.2. Результаты двухточечного эксперимента «город»–«фон»	204

3.3. Исследование радиационно-активных газовых компонентов атмосферы (парниковых газов) с помощью Фурье-спектрометра высокого разрешения	208
3.4. Использование геоинформационных технологий для анализа данных фотометрических измерений	216
3.4.1. Исходные данные и методика проведения анализа	217
3.4.2. Результаты траекторного анализа	219
3.4.3. Оценки потоков атмосферного аэрозоля в разных регионах России	223
3.5. Метод флюид-локации атмосферы в задаче восстановления аэрозольных полей	227
3.5.1. Методы статистики обратных траекторий	227
3.5.2. Общее описание метода флюид-локации атмосферы	231
3.5.3. Исходные данные и особенности численной реализации метода	235
3.5.4. Результаты моделирования полей тонкодисперсного аэрозоля в атмосфере России	240
Литература к главе 3	251

Глава 4. Микрофизические характеристики приземного аэрозоля, химический состав воздуха и осадков в Сибири и Приморье	255
4.1. Аппаратура и методики определения микрофизических характеристик аэрозоля	256
4.1.1. Состав аппаратурного комплекса и калибровка приборов	256
4.1.2. Методические особенности измерений и обработки данных	258
4.2. Пространственно-временная изменчивость характеристик приводного аэрозоля в акваториях Японского и Охотского морей	259
4.2.1. Характеристика комплексных экспериментов	259
4.2.2. Особенности временной изменчивости интегральных концентраций аэрозоля	262
4.3. Сравнение характеристик изменчивости приземного аэрозоля в Приморье и Томске	274
4.4. Методика определения химического состава воздуха и осадков	279
4.4.1. Станции мониторинга атмосферных выпадений	279
4.4.2. Отбор проб и химический анализ газовых примесей и атмосферных аэрозолей	284
4.5. Газовые примеси и атмосферный аэрозоль	286
4.5.1. Краткая характеристика исследований атмосферного аэрозоля	286
4.5.2. Газовые примеси в атмосфере на станциях мониторинга Байкальского региона и Приморского края	290
4.5.3. Химический состав атмосферного аэрозоля	296
4.6. Химический состав атмосферных осадков на станциях мониторинга атмосферы	301
4.7. Ионный состав приземного/приводного аэрозоля в Приморье и прилегающих морях по данным экспедиционных измерений	315
	481

4.7.1. Статистические данные ионного состава аэрозоля	317
4.7.2. Анализ формирования ионного состава приводного аэрозоля на основе коэффициентов обогащения и массовых долевых факторов	320
4.7.3. Пифракционный анализ приводного аэрозоля	327
Литература к главе 4	330
Глава 5. Оценки радиационного форсинга аэрозоля для ряда районов и условий в азиатской части России	343
5.1. Методические основы расчета потоков коротковолновой солнечной радиации	344
5.2. Входные параметры радиационных расчетов	349
5.2.1. Оптические характеристики аэрозоля	349
5.2.2. Газовая модель атмосферы	354
5.2.3. Подстилающая поверхность	361
5.3. Чувствительность потоков солнечной радиации к различным характеристикам атмосферы и подстилающей поверхности	362
5.4. Дневная изменчивость радиационного форсинга аэрозоля в районе Томска	370
5.5. Радиационные характеристики аэрозоля в условиях дымов лесных пожаров в Сибири	377
5.5.1. Аэрозольная оптическая толща в условиях пожаров	378
5.5.2. Изменение радиационных характеристик в условиях дымов пожаров	383
5.6. Радиационный форсинг атмосферного аэрозоля в Приморье и прилегающих морях	391
5.6.1. Радиационные эффекты аэрозоля в Приморье	392
5.6.2. Радиационные эффекты аэрозоля в Японском море	398
Литература к главе 5	402
Глава 6. Лидарные исследования атмосферного аэрозоля в Дальневосточном регионе	410
6.1. Аппаратурный комплекс и методики лазерного зондирования атмосферы	410
6.2. Методы обработки спутниковой информации в задаче оценки воздействия пылевого аэрозоля на морские экосистемы	423
6.2.1. Особенности использования спутниковых алгоритмов в шельфовых водах для оценки содержания фитопланктона в морской воде, региональный спутниковый алгоритм	423
6.2.2. Аппаратурный комплекс подспутниковых измерений фитопланктонных полей океана	428
6.3. Особенности вертикального распределения характеристик аэрозоля в переходной зоне «материк—океан»	430
6.3.1. Исследование характеристик аэрозоля и планетарного пограничного слоя методами лидарного зондирования	432

6.3.2. Вертикальное распределение светорассеивающих слоев в континентальной и морской областях переходной зоны «материк–океан»	449
6.3.3. Особенности распределения аэрозольных частиц по размерам	456
6.4. Оценка воздействия выносов азиатского аэрозоля на фитопланктонные сообщества Японского моря	464
Литература к главе 6	472
Заключение	477