

Российская академия наук
Геофизическая обсерватория «Борок»
филиал Института физики Земли им. О. Ю. Шмидта
Институт прикладной физики
Институт физики атмосферы им. А. М. Обухова

**СОСТАВ АТМОСФЕРЫ.
АТМОСФЕРНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО.
КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ.**

XII международная конференция
молодых ученых

Тезисы докладов

Борок
2008

Конференция проводится при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований
(РФФИ)

Борок, 19–23 мая 2008г.

Организаторы:

Геофизическая обсерватория «Борок» ИФЗ РАН;
Институт физики атмосферы им. А.М.Обухова РАН;
Институт прикладной физики РАН



Программный комитет конференции

- Анисимов С.В. — д.ф.-м.н., Геофизическая Обсерватория «Борок» филиал Института физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН, Борок (сопредседатель)
- Еланский Н.Ф. — профессор, д.ф.-м. н., Институт физики атмосферы им. А.М.Обухова РАН, Москва (сопредседатель)
- Фейгин А.М. — д.ф.-м.н., Институт прикладной физики РАН, Н. Новгород (сопредседатель)
- Трахтенгерц В.Ю. — профессор, д.ф.-м.н., Институт прикладной физики РАН, Н. Новгород
- Мареев Е.А. — д.ф.-м.н., Институт прикладной физики РАН, Н. Новгород
- Кароль И.Л. — профессор, д.ф.-м.н., Главная Геофизическая Обсерватория им. А.И.Воейкова, С.-Петербург.
- Ларин И.К. — профессор, д.ф.-м.н., Институт энергетических проблем химической физики РАН, Москва.
- Моисеенко К.Б. — к.ф.-м.н., Институт физики атмосферы им. А.М.Обухова РАН, Москва
- Володин Е.М. — д.ф.-м.н., Институт вычислительной математики РАН, Москва
- Кузнецов Г.И. — к.ф.-м.н., Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, Москва
- Суворов Е.В. — профессор, д.ф.-м.н., Институт прикладной физики РАН, Н. Новгород

Конференция организована при поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований

Предисловие

Двенадцатая Международная конференция молодых ученых «Состав атмосферы. Атмосферное электричество. Климатические процессы» (САТЭП-2008), организованная совместно Геофизической обсерваторией «Борок» (филиал Института физики Земли им. О.Ю.Шмидта), Институтом физики атмосферы им. А.М.Обухова РАН и Институтом прикладной физики РАН, проводится с 19 по 23 мая 2008 г. в поселке Борок Ярославской области. Наряду с обзором состояния исследований в соответствующих областях физики атмосферы 12-ая школа-конференция имеет целью развитие творческих связей поколений российских ученых.

САТЭП-2008 является продолжением Всероссийских конференций молодых ученых «Атмосферный озон» (1995–1997 гг.), «Малые примеси в атмосфере» (1998–1999 гг.), «Малые примеси атмосферы и атмосферное электричество» (2000–2003 гг.), «Состав атмосферы и электрические процессы» (2004–2005 гг.), «Состав атмосферы. Атмосферное электричество. Климатические процессы» (2006–2007 гг.). Расширение тематики конференций обусловлено комплексным характером самих атмосферных процессов, их взаимосвязью и взаимовлиянием. Объединение в рамках одной конференции исследователей, работающих в различных направлениях изучения газовых составляющих атмосферы, атмосферного аэрозоля и электричества атмосферы, стало стимулом дальнейшей координации их усилий и способствовало получению новых научных результатов в физике атмосферы.

Программа САТЭП-2008 включает четыре секции:

1. Физико-химические механизмы и обратные связи в климатических моделях.
2. Методы измерения малых газовых примесей и электрических полей в атмосфере. Анализ и интерпретация данных наблюдений.
3. Генерация электрических полей в атмосфере. Глобальная электрическая цепь.
4. Моделирование фотохимических, радиационных и динамических процессов в атмосфере.

В рамках каждой из секций наряду с докладами молодых (до 35 лет) исследователей представлены лекции ведущих российских и зарубежных ученых о последних достижениях в различных областях физики атмосферы. В программу конференции включены следующие обзорные лекции:

1. *С.В. Анисимов, Н.М. Шихова* Вариации атмосферного электрического поля хорошей погоды по данным Обсерватории «Борок»
2. *Е.М. Володин* Математическое моделирование глобального потепления.
3. *Г.И. Горчаков* Аридный аэрозоль

4. *С.С. Давыденко, А.С. Сергеев* Моделирование крупномасштабных электрических полей и токов грозового облака
5. *Н.Ф. Еланский* О российской системе мониторинга состава атмосферы
6. *А.Н. Ермаков* Термодинамика атмосферного аэрозоля
7. *М.А. Каллистратова, Р.Д. Кузнецов, Д.Д. Кузнецов* Влияние низкоуровневых струйных течений на ближний перенос атмосферных примесей.
8. *И.Л. Кароль, А.А. Киселев, В.А. Фролькис* Моделирование возможных активных воздействий на глобальное потепление климата
9. *М.Ю. Куликов, Д.Н. Мухин, А.М. Фейгин* Байсова стратегия оценки точности характеристик, извлекаемых из экспериментальных данных с помощью базовых динамических моделей.
10. *И.К. Ларин* Химия нижней атмосферы.
11. *Е.А. Мареев* Формирование слоев заряда в атмосферах планет.
12. *К.Б. Моисеенко* Динамика стратифицированных воздушных потоков над горами.
13. *И.И. Морозов Е.С. Васильев* Гетерогенные процессы радикалов в верхней тропосфере и нижней стратосфере.
14. *И.И. Мохов* Диагностика и моделирование глобальных и региональных изменений климата
15. *И.А. Сеник, Н.Ф. Еланский, О.А. Тарасова, Е.Н. Кадыгров, И.Б. Беликов* Мониторинг приземного озона и его предшественников и анализ их вариаций на Кисловодской высокогорной научной станции
16. *М.Г. Сосонкин, В.Г. Годунова, Я.О. Романюк* Измерение приземных концентраций озона на пике Терскол.
17. *О.С. Угольников* Сумеречный метод зондирования атмосферы: состояние и перспективы
18. *Н.П. Шакина* От турбулентных вихрей до циклонов: гидродинамическая неустойчивость в атмосфере.
19. *O.A. Tarasova, J. Staehelin, A.S.H. Prévôt, I.A. Senik, M.G. Sosonkin, J. Cui* Analysis of variability and long-term trends of the surface ozone at Caucasian and Central European mountain sites.
20. *J. Staehelin* Tropospheric ozone: Part I: Photooxidation processes; Part II: Long-term tropospheric ozone trends.
21. *A.S.H. Prévôt, E. Weingartner, S. Weimer, J. Sandradewi, M.R. Alfarra, V. Lanz, C. Hueglin, S. Szidat, U. Baltensperger* Fine and ultrafine particle measurements in Switzerland at various stations and on different roads.

Оргкомитет школы-конференции считает необходимым отметить, что ее организация и проведение были бы невозможны без финансовой поддержки Российского фонда фундаментальных исследований.

Анисимов С.В.
Еланский Н.Ф.
Фейгин А.М.

Содержание

Физико-химические механизмы и обратные связи в климатических моделях.

<i>И.И. Мохов</i> Диагностика и моделирование глобальных и региональных изменений климата _____	14
<i>И.Л. Кароль, А.А. Киселев, В.А. Фролькис</i> Моделирование возможных активных воздействий на глобальное потепление климата _____	15
<i>Е.М. Володин</i> Математическое моделирование глобального потепления _____	16
<i>М.Г. Акперов</i> Особенности изменчивости глобальных полей давления по данным NCEP/NCAR реанализа _____	17
<i>Л.Б. Ананьев, И.Н. Кузнецова</i> Актуальность и возможность прогнозирования общего содержания озона в России _____	18
<i>С.Н. Денисов, И.И. Мохов, И.М. Школьник</i> Оценка изменений эмиссии метана болотными экосистемами в XXI веке с использованием результатов расчетов изменений климата с региональной моделью _____	19
<i>С.С. Козленко, И.И. Мохов, Д.А. Смирнов</i> Анализ взаимосвязи Эль-Ниньо и экваториальной Атлантической моды _____	20
<i>С.В. Кострыкин</i> Разработка блока переноса примеси для модели общей циркуляции атмосферы ИВМ РАН _____	21
<i>Л.Р. Дмитриева, Н.А. Крамарова, Г.И. Кузнецов</i> Вклад сезонно-широтного распределения озона в нагревание стратосферы _____	22
<i>А.В. Малышкин, И.И. Мохов</i> Ледниковый Антарктический щит и его чувствительность к температурным изменениям по модельным оценкам _____	23
<i>К.Е. Мурышев, А.В. Елисеев, И.И. Мохов</i> Валидация климатической модели ИФА РАН и ее чувствительность к удвоению концентрации углекислого газа в атмосфере _____	24
<i>А.В. Чернокульский, И.И. Мохов, И.М. Школьник</i> Риск пожароопасности в различных регионах России и его возможные изменения в XXI веке по модельным расчетам _____	25
<i>Д.Г. Чечин, И.А. Репина</i> Характеристика составляющих климатической системы Арктики и оценка роли различных факторов в ее современном изменении _____	26

Методы измерения малых газовых примесей

и электрических полей в атмосфере.

Анализ и интерпретация данных наблюдений.

<i>O.A. Tarasova, J. Staehelin, A.S.H. Prévôt, I.A. Senik, M.G. Sosonkin, J. Cui</i> Analysis of variability and long-term trends of the surface ozone at Caucasian and Central European mountain sites _____	28
<i>J. Staehelin</i> Tropospheric ozone: I: Photooxidation processes _____	29
<i>J. Staehelin</i> Tropospheric ozone: II: Long-term tropospheric ozone trends _____	30
<i>A.S.H. Prévôt, E. Weingartner, S. Weimer, J. Sandradewi, M.R. Alfarra, V. Lanz, C. Hueglin, S. Szidat, U. Baltensperger</i> Fine and ultrafine particle measurements in Switzerland at various stations and on different roads _____	31
<i>М.Г. Сосонкин, В.Г. Годунова, Я.О. Романюк</i> Измерение приземных концентраций озона на пике Терскол _____	32
<i>И.А. Сенник, Н.Ф. Еланский, О.А. Тарасова, Е.Н. Кадыгров, И.Б. Беликов</i> Мониторинг приземного озона и его предшественников и анализ их вариаций на Кисловодской высокогорной научной станции _____	33
<i>О.С. Угольников</i> Сумеречный метод зондирования атмосферы: состояние и перспективы _____	35
<i>Б.А. Аношин</i> Вариации максимальных и среднесуточных концентраций газовых примесей _____	36
<i>Е.В. Березина, Н.Ф. Еланский</i> Концентрация ^{222}Rn в приземном воздухе и его эмиссии над территорией России _____	37
<i>А.В. Вивчар, К.Б. Моисеенко, Р.А. Шумский</i> Определение особенностей регионального переноса загрязнений из промышленных регионов в центр Сибири на основе данных наблюдений NO_x на станции Зотино _____	39
<i>П.С. Глядко</i> Статистические взаимосвязи между вариациями концентраций газовых примесей в приземном и пограничном слоях городской атмосферы _____	40
<i>В.С. Демин</i> Мониторинг концентрации озона в естественных и экстремальных условиях с использованием NiO газовых сенсоров _____	41
<i>И.Б. Беликов, К.В. Жерников, Л.А. Обвинцева, Р.А. Шумский</i> Газоанализатор на базе химических сенсоров для измерений в атмосфере _____	43
<i>Е.Д. Киреева, О.Б. Поповичева, Н.М. Персианцева, Т.Д. Хохлова, Н.К.Шония, Р. DeMott, К. Koehler</i> Лабораторное исследование процессов образования облачных ядер конденсации и льдообразования на углеродсодержащих аэрозолях в атмосфере _____	44

<i>А.А. Коваленко, В.Ф. Биалова</i> Экспериментальные исследования вариаций градиента электрического потенциала атмосферы вблизи земной поверхности в различных условиях _____	45
<i>Г.И. Горчаков, Е.Г. Семутникова, Е.А. Лезина, А.В. Карпов, А.Б. Колесникова</i> Анализ вариаций концентраций углеводородов в воздушном бассейне г. Москвы _____	46
<i>Т.В. Кудринская, А.П. Кривошеев, Н.А. Петров</i> Сравнение теоретических расчетов электродного эффекта с экспериментальными данными _____	47
<i>М.А. Локощенко</i> История аэрологических измерений в Москве и в центре Европейской России _____	48
<i>Н.Ф. Лукьянова</i> Актуальные проблемы исследования озонных аномалий _____	50
<i>В.С. Партола, Н.Е. Чубарова</i> Вариации УФ излучения за последние 50 лет по данным разных методов реконструкций _____	52
<i>О.А. Сергеева, Е.В. Фокеева, В.С. Ракитин, Р.Д. Кузнецов</i> Изучение загрязненности атмосферы г. Москвы окисью углерода спектроскопическим методом _____	53
<i>А.В. Трифанова, М.А. Локощенко</i> Основные закономерности изменчивости приземного загрязнения воздуха в Москве за последние 40 лет _____	54
<i>В.В. Цыдыпов, Г. С. Жамсуева, А.С. Заяханов</i> Сезонные и суточные вариации концентраций газовых примесей в приземном слое атмосферы г. Улан-Удэ _____	56
<i>Г.И. Горчаков, Е.Г. Семутникова, Б.А. Аношин, С.С. Шмыгов</i> Сопоставление вариаций компонент загрязнения приземного воздуха в г. Москве и г. Зеленограде _____	57
<i>И.Б. Беликов, Р.А. Шумский</i> Применение хемиллюминесцентного измерителя озона на железнодорожном вагоне-обсерватории _____	58
Генерация электрических полей в атмосфере.	
Глобальная электрическая цепь.	
<i>Е.А. Мареев</i> Формирование слоев заряда в атмосферах планет _____	60
<i>С.С. Давыденко, А.С. Сергеев</i> Моделирование крупномасштабных электрических полей и токов грозового облака _____	62
<i>С.В. Анисимов, Н.М. Шихова</i> Вариации атмосферного электрического поля хорошей погоды по данным Обсерватории «Борок» _____	63
<i>С.В. Анисимов, К.В. Афиногенов</i> Вариации концентрации легких атмосферных ионов в приземном слое _____	64

<u>О.И. Ахметов, М.И. Белоглазов, А.Н. Васильев</u> Вариации амплитуды электромагнитного поля на частоте 1-го Шумановского резонанса: Кольский полуостров _____	65
<u>А.А. Евтушенко, Е.А. Мареев</u> Мезомасштабные конвективные системы, как генераторы электрических зарядов _____	66
<u>И.Б. Попов</u> Поиск статистически значимых критериев для определения «нормальных значений» величин атмосферного электричества _____	67
<u>В.В. Чукин, О.А. Аврамова, Л.В. Гонак</u> Влияние атмосферной турбулентности и содержания аэрозолей на приземное электрическое поле атмосферы _____	68
<u>Н.М. Шихова, С.В. Анисимов</u> Динамические размерности турбулентных аэроэлектрических пульсаций _____	69
<u>С.А. Яшунин, Е.А. Мареев</u> Взаимосвязь динамики молниевых каналов и инициации мезосферных разрядов _____	70
Моделирование фотохимических, радиационных и динамических процессов в атмосфере.	
<u>М.А. Каллистратова, Р.Д. Кузнецов, Д.Д. Кузнецов</u> Влияние низкоуровневых струйных течений на ближний перенос атмосферных примесей _____	72
<u>К.Б. Моисеенко</u> Динамика стратифицированных воздушных потоков над горами _____	74
<u>Н.П. Шакина</u> От турбулентных вихрей до циклонов: гидродинамическая неустойчивость в атмосфере _____	75
<u>Г.И. Горчаков</u> Аридный аэрозоль _____	76
<u>А.Н. Ермаков</u> Термодинамика атмосферного аэрозоля _____	78
<u>М.Ю. Куликов, Д.Н. Мухин, А.М. Фейгин</u> Байесова стратегия оценки точности характеристик, извлекаемых из экспериментальных данных с помощью базовых динамических моделей _____	79
<u>И.И. Морозов, Е.С. Васильев</u> Гетерогенные процессы радикалов в верхней тропосфере и нижней стратосфере _____	81
<u>И.К. Ларин</u> Химия нижней атмосферы _____	82
<u>А.Ю. Артамонов</u> Теплообмен на антарктических станциях Беллинсгаузен и Новолазаревская в летний сезон _____	83
<u>Г.И. Горчаков, А.А. Титов, Д.В. Бунтов</u> Экспериментальное исследование сальтации на опустыненной территории _____	84
<u>Е.Л. Василенко, М.А. Локощенко</u> Анализ достоверности легендарных отклонений в годовом ходе метеорологических величин _____	85

<i>А.Л. Дементьева, Г.С. Жамсуева, А.С. Заяханов, В.В. Цыдыпов</i> Исследование переноса воздушных масс и анализ пыльных бурь в условиях резко-континентального климата Монголии _____	87
<i>А.П. Камардин</i> Дистанционная акустическая диагностика температурных пульсаций атмосферы _____	88
<i>Д.А. Караитин, Д.Н. Мухин, Н.К. Скалыга, Л.И. Федосеев, А.М. Фейгин, А.А. Швецов</i> Наземное микроволновое зондирование высотного профиля температуры стратосферы _____	89
<i>А.В. Карпов</i> Анализ данных синхронных измерений турбулентных пульсаций скорости ветра и флуктуаций концентраций субмикронного и грубодисперсного аэрозоля на опустыненной территории _____	90
<i>Д.В. Кирич, М.А. Локощенко</i> Структура и динамика распределений температуры воздуха в Москве _____	91
<i>А.В. Козин, Д.Ф. Белоножко</i> Неустойчивость Кельвина-Гельмгольца верхней границы атмосферного слоя, подогреваемого снизу _____	93
<i>Р.Д. Кузнецов</i> Структура атмосферного пограничного слоя над антарктическим оазисом в летний период _____	94
<i>М.Ю. Куликов</i> Лабораторное исследование фотохимических процессов, протекающих с участием частиц полярных мезосферных облаков _____	95
<i>Г.И. Горчаков, А.В. Карпов, Г.А. Курбатов, В.П. Юшков</i> Исследование турбулентных пульсаций компонент скорости ветра на опустыненной территории в эксперименте «Харабали 2007» _____	96
<i>Е.М. Лоскутов, Я.И. Мольков, Д.Н. Мухин, А.М. Фейгин</i> Построение параметризованных моделей стохастических систем по временным рядам и прогноз их качественного поведения _____	97
<i>А.Э. Макиенко</i> Дистанционная акустическая диагностика турбулентных характеристик пограничного слоя атмосферы _____	98
<i>М.И. Нахаев, И.Н. Кузнецова</i> Условия формирования экстремальных значений городского острова тепла _____	99
<i>О.Р. Рахманова, А.Е. Галашев</i> Исследование антипарникового эффекта методом молекулярно-динамического моделирования атмосферных кластеров _____	100
<i>А.А. Соломатникова, В.А. Зубов, А.М. Шаламянский</i> Результаты сравнения потоков УФР, измеренных спектрометром УФОС и рассчитанных с помощью численной модели «libRadTran» _____	101
<i>И.И. Тимковский, О.В. Лаврова, Н.Ф. Еланский</i> Использование фотохимической модели RACM для оценки концентрации озона в атмосфере и сравнения с экспериментальными значениями _____	102

<i>И.Ю. Шалыгина, Е.А. Лезина</i> Использование данных мезомасштабных моделей в прогнозе метеорологических условий загрязнения воздуха	103
<i>С.В. Шувалов, О.Г. Золина</i> Использование данных регионального реанализа для трекинга циклонов	104
<i>Е.А. Являева, М.А. Локощенко</i> Высота обращения ветра в Москве и её динамика по данным акустического зондирования	105

**Физико-химические механизмы
и обратные связи
в климатических моделях.**

Диагностика и моделирование глобальных и региональных изменений климата

И.И.Мохов

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

Даются количественные характеристики современных глобальных и региональных изменений климата в сопоставлении результатами палеоре-конструкций и модельными расчетами. Приводятся результаты диагностики причинно-следственных связей в земной климатической системе и сравнительной роли естественных и антропогенных факторов (солнечной и вулканической активности, антропогенных эмиссий парниковых газов и аэрозоля). Оценивается роль углеродного цикла, включая цикл метана, связанный с вечной мерзлотой и болотными экосистемами. Анализируются результаты ансамблевых модельных расчетов при разных антропогенных сценариях для климатических изменений, в том числе в разных регионах России. Сопоставляются тенденции изменений в разных регионах, в частности тенденции изменений стока сибирских рек (Оби, Енисея, Лены) и Волги. Проводится анализ изменений ледовой обстановки в Арктике с целью оценки перспектив Северного морского пути. Приводятся результаты диагностики связи региональных характеристик климата северной Евразии с характеристиками режима Северной Атлантики, в том числе температурного режима и интенсивности термохалинной циркуляции, на основе результатов расчетов с глобальной климатической моделью общей циркуляции и по данным наблюдений и реанализа.

Моделирование возможных активных воздействий на глобальное потепление климата

И.Л.Кароль, А.А.Киселев, В.А.Фролькис

Главная геофизическая обсерватория им. А.И.Воейкова, Санкт-Петербург

1. Краткий обзор современных представлений о значении современного глобального потепления климата и возможных путях воздействия на его масштабы и скорость

2. Имеющиеся в литературе оценки масштабов и эффектов природных аэрозольных экранов – крупных извержений вулканов (Эль-Чичон и Пинатубо), а также глобального распространения аэрозольных продуктов испытаний ядерного оружия в 1950-60-х гг.

3. Модельные оценки эффектов возможных снижений интенсивности солнечной радиации, поступающей на верхнюю границу атмосферы.

4. Модельные оценки возможных радиационных эффектов аэрозольных экранов разного состава, размещаемых в различных частях атмосферы для условий стационарного парникового климата.

5. Обсуждение и выводы.

Математическое моделирование глобального потепления

Е.М.Володин

Институт вычислительной математики РАН, Москва

Рассматриваются результаты моделирования изменения климата в 21–22 веках по данным 4-го отчета Международной Группы Экспертов по Изменению Климата (МГЭИК). Дается анализ особенностей глобального потепления, общих для большинства моделей: более сильное потепление в высоких широтах, на континентах, зимой, ночью. Анализируется изменение теплового и водного баланса Земли при глобальном потеплении. Рассматриваются вероятные будущие изменения динамики атмосферы, обусловленные глобальным потеплением, в том числе уменьшение интенсивности вертикальных движений в тропиках, изменение индекса арктического и антарктического, а также южного колебания. Обсуждается возможность изменения циркуляции мирового океана, в первую очередь северной Атлантики, обусловленного глобальным потеплением. Рассматриваются причины неопределенности прогноза будущих изменений климата, в первую очередь различный отклик моделей на одинаковое радиационное воздействие, разная эффективная глубина слоя океана, вовлеченного в глобальное потепление, различие обратных связей в системе углеродный цикл — климат, неопределенность выбросов парниковых газов.

Особенности изменчивости глобальных полей давления по данным NCEP/NCAR реанализа

М.Г. Акперов

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

Проведен анализ межгодовой изменчивости глобального поля давления на уровне моря p и его среднеквадратических отклонений δp для зимнего (январь) и летнего (июль) сезонов по среднемесячным данным NCEP/NCAR реанализа для периода 1952–2000 гг.

Значительные вариации δp отмечены над океанами в высоких и средних широтах зимой. Наибольшие изменения δp связаны с центрами действия в атмосфере, в частности, для океанических центров действия в высоких широтах северного полушария.

Актуальность и возможность прогнозирования общего содержания озона в России

Л.Б.Ананьев, И.Н.Кузнецова

Гидрометеорологический научно-исследовательский центр России, Москва

От содержания озона в атмосфере зависит облучение ультрафиолетовой радиацией. Повышенный интерес к проблеме общего содержания озона (ОСО) обусловлен тем, что в последние годы наблюдается уменьшение ОСО.

В России в системе Росгидромета ОСО измеряется на 27 станциях, но измерительная аппаратура и передача данных не соответствуют международным стандартам. Получение данных наземных измерений ОСО с зарубежной сети затруднено. Наиболее полную сегодня информацию об ОСО можно получить благодаря измерениям с геостационарных и полярно-орбитальных спутников. Преимуществом полярно-орбитальных спутников является измерение ОСО на всей территории земного шара, но измерения проводятся один раз в сутки. Преимуществом геостационарных спутников является одновременность съемки большой территории с дискретностью до 15 минут (Meteosat 8, 9), но охват территории этими спутниками ограничивается широтой 55°.

В Росгидромете начаты научные исследования изменчивости ОСО над территорией России.

Исследование ОСО и его прогнозирование является частью выполнения международных обязательств России в рамках Венской конвенции.

В докладе обсуждаются проблемы информационного обеспечения и методы прогнозирования ОСО.

Оценка изменений эмиссии метана болотными экосистемами в XXI веке с использованием результатов расчетов изменений климата с региональной моделью

С.Н.Денисов, И.И.Мохов, И.М.Школьник

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

Проведены расчеты возможных изменений эмиссии метана болотными экосистемами в XXI веке относительно конца XX века с использованием модельного блока цикла метана и расчетов изменений климата с региональной моделью ГГО для европейской и азиатской частей России при антропогенном сценарии SRES A2. Современные эмиссии метана болотными экосистемами по модельным расчетам составляют 8 Мт(CH₄)/год для европейской и 10 Мт(CH₄)/год для азиатской части России. К середине XXI века по расчетам эмиссии метана болотными экосистемами возрастают до 11 Мт(CH₄)/год для европейской и 13 Мт(CH₄)/год для азиатской части России, а концу соответственно до 14 Мт(CH₄)/год и 17 Мт(CH₄)/год.

Анализ взаимосвязи Эль-Ниньо и экваториальной Атлантической моды

С.С.Козленко^{1,2}, И.И.Мохов¹, Д.А.Смирнов³

¹ Институт физики атмосферы им. А.М.Обухова РАН, Москва

² Московский физико-технический институт, Долгопрудный

³ Саратовский филиал Института радиотехники и электроники РАН, Саратов

Проведено исследование взаимосвязи процессов в тропических широтах Атлантического и Тихого океанов с помощью нелинейного анализа причинности по Грейнджеру и моделирования фазовой динамики. Для анализа использовались индексы Эль Ниньо – Южного колебания (ЭНЮК) и экваториальной атлантической моды (ЭАМ) по среднемесячным данным HADISST для температуры поверхности океана (ТПО) для периода 1870–2006 гг. Количественная характеристика причинно-следственной связи по Грейнджеру характеризуется улучшением прогноза одного сигнала при учете данных для другого по сравнению с индивидуальным прогнозом. На основе нелинейного анализа причинности по Грейнджеру и моделирования фазовой динамики установлено наличие статистически значимого влияния ЭАМ на ЭНЮК без запаздывания и с запаздыванием в 1 месяц. Обратного статистически значимого воздействия не выявлено. Отмечено усиление влияния ЭАМ на ЭНЮК во второй половине XX века.

Разработка блока переноса примеси для модели общей циркуляции атмосферы ИВМ РАН

С.В.Кострыкин

Институт вычислительной математики РАН, Москва

Правильное описание процессов переноса примеси в климатической модели несомненно играет большую роль при моделировании климатической системы. Это вытекает из наблюдаемой структуры распределения атмосферных составляющих, которые имеют сильно неоднородную структуру как по горизонтали так и по вертикали. Данная структура обусловлена динамическим равновесием различных физических факторов среди которых принято выделять адвективный перенос, турбулентную диффузию, вертикальный перенос в следствии диабатических источников тепла, физико-химические реакции для короткоживущих составляющих.

Процессы переноса примеси описываются с помощью уравнения переноса, для решения которого в климатических моделях изначально принято использовать консервативные разностные схемы. Современные численные схемы переноса помимо консервативности обладают еще рядом полезных свойств: квазимонотонностью, устойчивостью при больших значениях параметра Куранта, высокой вычислительной эффективностью. Целью данной работы являлось внедрение одной из современных численных схем в блок переноса модели общей циркуляции атмосферы ИВМ РАН, проведение численных экспериментов с этой моделью и сравнение полученных результатов.

Вклад сезонно-широтного распределения озона в нагревание стратосферы

Л.Р.Дмитриева, Н.А.Крамарова, Г.И.Кузнецов
Физический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва

Распределение поступающей солнечной энергии, как высотное, так и широтное, играет основополагающую роль в формировании климатических условий на земле. Распределение энергии в атмосфере зависит от ряда факторов, в котором одну из важнейших ролей играет высотно-широтное распределение поглощающих газов, в число которых входит озон. Исследование высотно-широтного распределения отдельных поглощающих газов и их радиационных свойств в различных диапазонах солнечного спектра является важной и актуальной задачей, для правильного учета эффектов поглощения в глобальных климатических моделях, а также в моделях прогноза погоды.

Для оценки вклада озона в нагревание атмосферы предполагалось, что солнечное излучение в исследуемой области спектра (180–780 нм) ослабляется лишь за счет поглощения озоном и рассеяния на молекулах воздуха. Скорость нагревания атмосферы рассчитывалась по формуле:

$$R(p) = \left(\frac{\partial T}{\partial t}\right)_p = -\frac{g}{c_p} \frac{dF_{ef}(p)}{dp}$$

Где c_p — теплоемкость воздуха при постоянном давлении, g — ускорение свободного падения, p — давление, а F_{ef} — эффективный поток коротковолнового излучения.

Значения потоков зависят также от величины солнечного зенитного угла, поэтому для расчета эффективного потока радиации за сутки проводилось интегрирование по времени эффективных потоков, полученных с шагом в 1 час для соответствующих значений солнечного зенитного угла. Для расчетов на основе климатической базы, используемой в системе спутникового мониторинга SBUV, была сформирована база данных средноклиматических профилей парциального давления озона (в нбар) для 81 высотного уровня для 35 широтных зон и 12 месяцев.

Проведенные расчеты скоростей нагревания озоносферы показали, что радиационное нагревание стратосферы неоднородно по широте и зависит от сезона. Широтно-сезонное распределение скорости нагревания озоносферы определяется тремя факторами: высотой солнца, продолжительностью светового дня и величиной ОСО. Максимальные значения скорости нагревания за сутки (до 16 К/сут) наблюдаются в полярных широтах летнего полушария на уровне 47.5 км: в январе — в Антарктической области, в июле — в Арктической.

Ледниковый Антарктический щит и его чувствительность к температурным изменениям по модельным оценкам

А.В.Мальшикин, И.И.Мохов

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

Оценивается чувствительность массообмена для Антарктического ледового щита к изменению температурного режима с использованием термодинамической модели энерго-массового баланса, предложенной в [1].

Результаты оценок чувствительности массообмена в зависимости от температурного режима сопоставляются с расчетами с использованием климатических моделей общей циркуляции.

Литература

1. *Мохов И.И., Петухов В.К., Русин И.Н.* Чувствительность массообмена на поверхности ледникового щита Антарктиды к климатическим изменениям // Метеорология и гидрология. 1983. No.11. С.52-59.

**Валидация климатической модели ИФА РАН
и ее чувствительность к удвоению концентрации
углекислого газа в атмосфере**

К.Е.Мурышев, А.В.Елисеев, И.И.Мохов

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

Представлены результаты расчетов с новой версией климатической модели (КМ) ИФА РАН с использованием вместо статистически-динамического блока океана океанической модели общей циркуляции. Пространственное разрешение нового океанического блока составляет 3° по широте и 5° по долготе с 33 неравномерно распределенными уровнями по глубине. В предыдущей океанической версии разрешение составляло $4,5^\circ$ широты и 6° долготы с четырьмя слоями по глубине (верхний квазигоризонтальный слой, сезонный термоклин, глубокий океан и слой придонного трения). Коррекция потоков тепла, массы и импульса между атмосферой и океаном в новой версии КМ ИФА РАН не используется.

Проведены численные эксперименты с КМ ИФА РАН при современных начальных и внешних условиях, а также при увеличении содержания углекислого газа в атмосфере. Все основные модельные атмосферные и океанические поля неплохо согласуются с данными наблюдений. В частности, в новой версии модели улучшено воспроизведение приповерхностного температурного режима Арктики благодаря модификации влияния на него морского льда.

В численных экспериментах с использованием статистически-динамического океанического блока удвоение концентрации CO_2 вызывало увеличение глобальной приповерхностной температуры на 2,2 К. Соответствующая равновесная температурная чувствительность новой версии КМ ИФА РАН к удвоению содержания углекислого газа в атмосфере составила 2,9 К. Это значение находится в середине диапазона оценок (1,8–4,5 К) по расчетам с современными моделями различной сложности. Осадки при этом для Земли в целом возрастают на 20%.

Риск пожароопасности в различных регионах России и его возможные изменения в XXI веке по модельным расчетам

А.В.Чернокульский, И.И.Мохов, И.М.Школьник
Институт физики атмосферы им. А.М.Обухова РАН, Москва

Лесные пожары — одно из наиболее опасных региональных последствий изменения климата. В данной работе приведены оценки режимов пожароопасности и их изменений в XXI веке для различных регионов России по модельным расчетам. Для анализа использовались результаты численных расчетов с региональной климатической моделью ГГО с горизонтальным разрешением 50 км при антропогенных сценариях SRES-A2 и SRES-B2 для XXI века. В качестве характеристики пожароопасности использовался индекс Нестерова, основанный на учете температуры воздуха, влажности воздуха и осадков, и его модификации.

По модельным расчетам в целом лесной зоне России соответствуют, главным образом, режимы с относительно невысоким уровнем пожароопасности. При этом, отмечен высокий риск пожароопасности для лесов Забайкалья. Что касается изменений режимов пожароопасности, то к середине XXI века, наряду с заметным увеличением риска пожаров в Восточной Сибири, происходит его уменьшение в бассейне Волги, а также в Западной Сибири, связанное увеличением осадков в модели. К концу XXI века риск пожароопасности, по расчетам, заметно растет в южных и в центральных регионах России, в том числе в низовьях Волги и Дона, а также в Западной Сибири. Для северных регионов тенденции изменений неоднозначны и существенно зависят от антропогенных сценариев.

**Характеристика составляющих климатической системы
Арктики и оценка роли различных факторов
в ее современном изменении**

Д.Г.Чечин, И.А.Ретина

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

В работе осуществляется попытка оценить вклад различных факторов в процесс современного изменения климата Арктики, начавшегося в 1989 году и продолжающегося по сей день, а также дается общая характеристика составляющих климатической системы Арктики и приарктических районов Евразии. Такие показатели, как индексы NAO (North Atlantic Oscillation), AO (Arctic Oscillation), Winter Siberian index и др., а также площади заприпайных полыней и ледовитости в арктическом бассейне, были взяты как основание для оценки роли адвективного притока тепла в климатическую систему Арктики и роли таких факторов, как изменение альбедо и энергообмен атмосферы и океана.

По данным наземных измерений на российской метеорологической сети и данным реанализа ERA-40 для области от 0° до 180° в.д. и от 60° до 90° с.ш. был произведен расчет аномалий среднемесячных и среднесезонных значений приземной температуры и влажности воздуха, а также осадков за период с 1970 по 1999 гг. Были рассчитаны коэффициенты корреляции аномалий метеорологических величин со значениями климатических индексов. На основании анализа полученных зависимостей дается оценка роли различных механизмов в поведении климатической системы Арктики.

**Методы измерения
малых газовых примесей
и электрических полей в атмосфере.
Анализ и интерпретация
данных наблюдений.**

Analysis of variability and long-term trends of the surface ozone at Caucasian and Central European mountain sites

*O.A.Tarasova*¹, *J.Staehelin*², *A.S.H.Prévôt*³, *I.A.Senik*⁴, *M.G.Sosonkin*⁵, *J.Cui*²

¹ Faculty of Physics of M.V.Lomonosov Moscow State University, Moscow

² Institute for Atmospheric and Climate Science, Zürich, Switzerland

³ Paul Scherrer Institute, Villigen, Switzerland

⁴ Obukhov Institute of Atmosphere Physics RAS, Moscow

⁵ International Center for Astronomical, Medical and Ecological Research NAS, Kiev, Ukraine

In the paper a comparison of the surface ozone measurements at two mountain sites of Caucasus, namely Kislovodsk High Mountain Station (43.7°N, 42.7°E, 2070m asl., measurements available since 1989), Terskol Observatory (43°N, 42°E, 3100m asl, available since 2003) and Switzerland (Jungfrauoch, 46.5°N, 7.9°E, 3580m asl, available since the early 1990s) is presented. It has been shown that concentration levels at Caucasus sites are comparable in spite of the about 1 km altitudinal difference. The concentration difference between JFJ and Caucasus sites is about 10ppb on average.

A special attempt has been made to understand the difference in the long-term trends of the surface ozone concentration at Caucasus and in Alps. For the period 1990–2005 linear trends of the daily average surface ozone concentration show opposite signs, namely $+0.46 \pm 0.11$ ppb/year at JFJ and -0.65 ± 0.09 ppb/year at KHMS.

To investigate possible reasons for remarkable trend difference 3D trajectories using LAGRANTO were used. Air which was in the contact with free upper troposphere/stratosphere (T/S) and with the planetary boundary layer (PBL) was traced using diagnostic parameters (potential vorticity (PV), altitude, PBL height). For the period 1990–2001 the trends are more positive/more negative for JFJ/KHMS in PBL cases in comparison with the same estimates but for 1993–2005. For earlier period no difference has been detected between trends for T/S cases and PBL cases for both sites while for later period the trends for T/S cases are more positive/less negative than for PBL cases at JFJ/KHMS respectively.

The difference in the horizontal advection (source areas of ozone precursors) was also considered. Preliminary results indicate important differences in the prevailing transport patterns at two location: in around 75% of cases air masses arriving at JFJ originate/pass over the free troposphere over the Atlantic while for KHMS 32% of air masses were in contact with the regional planetary boundary layer during the last ten days and 34% spent most of time over Southern Europe and were in contact with European PBL.

The project is supported by the Swiss National Science Foundation (JRP IB7320-110831), the European Commission (Marie-Curie IIF project 039905-FP6-2005-Mobility-7) and Russian Foundation for Basic Research (project 06-05-64427 and 06-05-65308).

Tropospheric ozone: I. Photooxidation processes

J. Staehelin

Institute for Atmospheric and Climate Science, Zürich, Switzerland

Photo-oxidant pollution was discovered in Southern California (USA) around the end of World War II and since then a rather sophisticated theory about ozone production in the troposphere has been developed. The ozone precursors include nitrogen oxides (NO_2 : $\text{NO}+\text{NO}_2$), Volatile Organic Compounds (such Hydrocarbons) (VOCs) and carbon monoxide (CO).

The presentation will give an overview over the following topics: The tropospheric photochemical reaction system can be described by connected radical chain reactions; they include photochemical initiation reactions, radical chain propagation and termination reactions.

The chemical reaction scheme of tropospheric ozone has particular features which have been called “ageing of air”. These stages typically include for planetary boundary conditions: Close to large emission sources ozone concentrations usually first decrease (as consequence of the fast reaction of NO with O_3), thereafter ozone production is first limited by the availability of the concentrations of VOCs (so called VOC limitation), subsequently NO_x concentrations decrease because of conversion to nitric acid (HNO_3) which leads to the transition stage, in which ozone production maximizes; in the next stage NO_x concentrations become the limiting factor for ozone production. For planetary boundary layer air dry deposition is an additional significant sink for ozone and other species, such as HNO_3 . The properties of this system has been studied intensively because the optimal strategy of precursor emission reduction might depend not only on precursor concentrations but it might be different whether ozone concentrations close to large cities are intended to be most efficiently reduced (VOC limitation) or whether the priority is to reduce ozone concentrations further downwind of an air plume of an agglomeration (NO_x -limitation). Finally, if NO_x concentrations are very low (NO about 10 ppt) ozone is chemically destroyed in the troposphere.

Ozone concentrations at a receptor site not only depend on the emission of ozone precursors, the chemical reactions and dry deposition but they are very strongly affected by meteorological processes. For the planetary boundary layer the diurnal variation of planetary boundary layer altitude typically including a night time inversion and a reservoir layer are important factors. They also might explain why ozone concentrations during a high pressure episode often increase day by day. The cleaning of the polluted planetary boundary layer occurs by passages of fronts.

Tropospheric ozone: II. Long-term tropospheric ozone trends

J. Staehelin

Institute for Atmospheric and Climate Science, Zürich, Switzerland

Photo-oxidant pollution was discovered in Southern California (USA) around the end of World War II and the largest ever measured ozone concentrations were reported from the Los Angeles basin. In this region ozone maxima strongly decreased (from maxima of around 760 ppb in the 1960s to approximately 200 ppb (around the year of 2000)) because of efficient reductions of the ozone precursor emissions. These large changes can be well described by regional photo chemical models. Very large ozone concentrations were measured in Mexico City as well as in the ozone plume of Seoul (South Korea).

The information about long-term changes of ozone is very limited. The measurements of the 19th century have been questioned because of the used method (Schönbein paper method) or because of their representativeness and possible interferences of the measurements by sulphur dioxide (measurements of Montsouris, an observatory close to Paris). The collective of ground based rural and alpine measurements from central Europe shows an increase of background ozone of the order of a factor of two between the late 1960s and the early 1990s which seems to be consistent with the large ozone precursor emission increase in the strong economic growth period which was particularly large in the industrialized countries. In the 1990s ozone precursor emission substantially decreased in Europe as well as in North America while ozone at high Alpine sites such as Jungfraujoch (Switzerland), Zugspitze (Germany) and Sonnblick (Austria) increased during a large part of the 1990s.

Ozone changes in the upper troposphere/lower stratosphere can be deduced from measurements of regular air craft. During the second part of the 1970s the program GASP (Global Atmosphere Sampling Program) provided a large data set of such measurements, covering the Pacific, North America, Europe and India. These measurements were recently critically re-evaluated and compared with measurements of the program MOZAIC (Measurement of Ozone and Water Vapor by Airbus In-Service Aircraft Program). MOZAIC provides very valuable continuous ozone measurements since 1994. However, rather large differences in upper tropospheric ozone trends were found when comparing GASP and MOZAIC data and the measurements of the ozone balloon measurements performed since the late 1960s at a few European stations (such as Hohenpeissenberg (Germany); Uccle (Belgium) and Payerne (Switzerland)). At these sites Brewer Mast sensors were used in the 1970s. Potential reasons of these changes will be discussed as well as ozone trends reported from tropical sites.

Fine and ultrafine particle measurements in Switzerland at various stations and on different roads

*A.S.H.Prévôt¹, E.Weingartner¹, S.Weimer¹, J.Sandradewi¹, M.R.Alfarra¹,
V.Lanz², C.Hueglin², S.Szida³, U.Baltensperger¹*

¹ Paul Scherrer Institute, Villigen, Switzerland

² Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research, Dübendorf, Switzerland

³ Department of Chemistry and Biochemistry, University of Bern, 3000 Bern, Switzerland

In the last 2-3 years several field campaigns have been performed in Switzerland to study the aerosol composition their sources and the aerosol number size distributions. Some campaigns were performed at fixed locations in urban, rural, and Alpine areas. In addition, mobile measurements allowed the characterisation of the spatial distribution of the chemical composition and the aerosol size distribution.

The main instrumentation discussed in this presentation were the Aerodyne aerosol mass spectrometer to detect the volatile PM1 components, the ¹⁴C analysis for the quantification of the fossil and non-fossil EC and OC fractions and the TSI fast mobility particle sizer to characterize the aerosol number size distribution from 5.6 to 560 nanometers.

Measurements in Roveredo (Alpine valley along the Transalpine San Bernardino Route) showed that the particulate matter, especially the organic mass is strongly dominated by wood burning particles. This could be shown both by the aerosol mass spectrometer measurements and the ¹⁴C analyses.

The results of the studies in the Alpine valley are however not representative for the rest of Switzerland. On the Swiss Plateau, secondary inorganics ammonium nitrate (especially in winter) and ammonium sulphate are the main fraction of PM1. The elemental carbon is mostly due to fossil sources (especially traffic). The organics in Zürich summer were mostly secondary (2/3) and wood burning, charbroiling and wood burning were similarly important. In winter, surprisingly also half of the organics are secondary, and wood burning is about 3 times more important than traffic. The secondary organics in winter and summer are non-fossil, probably coming mostly from terpene and isoprene emissions in summer and volatile wood burning emissions in winter.

Mobile measurements in various locations have shown that the aerosol volume ($D < 560$ nm) is often highest in villages (especially in winter) whereas the nanoparticles ($D < 50$ nm) are by far highest on the highway due to the high load and high fractions of diesel vehicles.

In summary, wood burning is very important in Switzerland during winter for the particulate mass. Traffic contributes significantly aerosol number (especially nanoparticles), to elemental carbon also to ammonium nitrate (due to the NO_x emissions).

Измерение приземных концентраций озона на пике Терскол

М.Г.Сосонкин, В.Г.Годунова, Я.О.Романюк

Главная астрономическая обсерватория
Национальной академии наук Украины, Киев, Украина

Летом 2003 г. на пике Терскол (43°16'29" N, 42°30'03" E, 3100 м над уровнем моря) начаты регулярные измерения концентрации приземного озона с помощью озонметра DASIBI 1008 UV, который был установлен в астрономической обсерватории Международного центра астрономических и медико — экологических исследований Национальной академии наук Украины.

Более чем трехлетние наблюдения показали, что среднесуточные значения концентраций озона составляют приблизительно 40 ppb с сентября по февраль и 50 ppb с апреля по август. Суточные изменения концентрации озона очень различны и зависят в основном от метеусловий и вертикального обмена в условиях высокогорья.

Мониторинг приземного озона и его предшественников и анализ их вариаций на Кисловодской высокогорной научной станции

И.А.Сеник¹, Н.Ф.Еланский¹, О.А.Тарасова², Е.Н.Кадыгров³, И.Б.Беликов¹

¹ Институт физики атмосферы им. А.М.Обухова РАН, Москва

² Физический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва

³ Центральная аэрологическая обсерватория, Долгопрудный

Технологический прогресс человечества основан на использовании ресурсов и законов природы, и это оказывается не всегда безопасным для самой природы в глобальном масштабе (пространственном и временном). Человеческая деятельность требует изучения и оценок её последствий. Свидетельство понимания этого — международные усилия по созданию системы мониторинга загрязнений с использованием всех средств (от наземных до космических). Особую роль в этой системе наблюдений играют регулярные комплексные измерения в фоновых условиях, в том числе над пограничным слоем (на горных и высокогорных станциях). Именно здесь можно изучать, например, режимы трансграничного переноса, мощного естественного фактора, делающего проблему загрязнения глобальной.

На Северном Кавказе в районе г. Кисловодска на высоте 2070 м над у.м. находится стационарная научная станция КВНС ИФА им. А.М.Обухова РАН, на которой проводятся непрерывные измерения газовых и аэрозольных составляющих атмосферного воздуха, радиационных и метеорологических характеристик атмосферы. Полученные многолетние данные и регулярные экспедиционные измерения позволяют изучать процессы, определяющие уровни и вариации концентраций загрязняющих примесей атмосферы (озона, CO, NO_x, ЛОС и аэрозоля), в частности, выявлять особенности их дальнего переноса и получать информацию о состоянии свободной тропосферы над континентом и выявлять многие другие особенности изменений состава атмосферы.

В докладе представлены выявленные закономерности изменчивости приземной концентрации озона (ПКО) различного временного масштаба. Характерные особенности внутрисуточных вариаций: минимум в середине дня, максимум — ночью, максимальная амплитуда суточного хода летом (6 ppb); максимальные наблюдаемые вариации озона вызваны динамическими процессами, усиливающими интенсивность воздухообмена с выше или нижележащими слоями атмосферы, и связаны с определенными синоптическими ситуациями. Наиболее типичный режим поведения NO_x — с максимумом днем, CO — с минимумом днем. Утренний максимум NO_x характерный для городских условий, на КВНС не встречается. Сезонные вариации озона тоже не типичны для загрязненных районов: два локальных

максимума, весной и поздним летом. Проведено сравнение режимов поведения примесей на КВНС и в ближайшем (около 20 км) г. Кисловодске и оценена независимость поведения примесей в этих двух пунктах, разнесенных по высоте, различными методами, в том числе с помощью локализованного спектрального анализа, вейвлет-анализа.

Многолетние однородные данные позволили достоверно оценить характер долговременных вариаций ПКО: линейный тренд ПКО на КВНС -0.64 ± 0.09 ppb/year. Тенденция к уменьшению меняет свою величину в начале 1997 (уменьшение замедляется). Амплитуда сезонного хода ПКО тоже демонстрирует тенденцию к уменьшению, что может быть признаком ослабления антропогенного влияния на свободную тропосферу. Исследовано влияние на тренд повторяемости фоновых явлений в районе КВНС: интрузии озона во время фёна не могут объяснить отрицательного тренда озона. Для анализа долговременных вариаций ПКО, регистрируемых в условиях свободной тропосферы, проведены совместные Российско-Швейцарские исследования с привлечением данные измерений других фоновых высокогорных Европейских станций ГСА ВМО. В отличие от КВНС на альпийской станции Юнгфрауйох (3580 м) (Швейцария) наблюдается увеличение ПКО. Региональный и трансграничный перенос, как возможная причина этих различий обсуждается в докладе О.А.Тарасовой.

В докладе приводятся также результаты маршрутных измерений высотного распределения озона и температурной стратификации при подъеме до 1600 м н.у.м., проведенных с помощью мобильного профилера МТР-5 (ЦАО, Е.Н.Кадыгров) и мобильного газоанализатора ELCO. Зафиксировано накопление озона под инверсией (Δ ПКО = 5 ppb).

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 06-05-65308 и Швейцарского Национального фонда Науки (Swiss National Science Foundation) JRP IB7320-110831.

Литература

1. Сенюк И.А., Еланский Н.Ф., Беликов И.Б., Лисицына Л.В., Галактионов В.В., Кортунова З.В. Основные закономерности временной изменчивости приземного озона на двух разнесенных по высоте станциях (870 и 2070м) в районе г. Кисловодска // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2005. Т.41. № 1. С.59-71
2. Senik I.A. The results of spectral analysis application to the surface ozone variability at the North Caucasus // Geophysical Research Abstracts. 2007. V.9. P.11024. SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU2007-A-11024

Сумеречный метод зондирования атмосферы: состояние и перспективы

О.С. Угольников

Институт космических исследований РАН, Москва

В обзорном докладе рассказывается об истории развития, современном состоянии и перспективах метода сумеречного зондирования атмосферы Земли.

На эффективность исследований атмосферы с помощью анализа сумеречного неба обращалось внимание еще до начала XX века. Бурное развитие сумеречного метода началось в первой половине прошлого столетия с пионерской работой В.Г. Фесенкова (1923). Проводить непосредственные исследования состава верхней атмосферы еще не было возможно, и сумеречный метод, основанный на быстром изменении эффективной высоты рассеяния с погружением Солнца под горизонт, был одним из немногих средств решения этой проблемы.

Сумеречный метод стал предметом обсуждения в классической монографии Г.В. Розенберга (1963). В этой монографии была обозначена основная проблема метода — необходимость учета многократного рассеяния. Данную проблему не удалось решить вплоть до последнего десятилетия прошлого века.

В настоящее время сумеречный метод зондирования атмосферы является эффективным средством для обнаружения и исследования микрофизических свойств вулканического аэрозоля в стратосфере, метеорной пыли в мезосфере. Подобные исследования особенно эффективны при использовании поляризационных измерений. Спектральные измерения фона неба позволяют измерять концентрацию и вертикальное распределение таких атмосферных примесей, как озон и диоксид азота. В докладе рассказывается об основных результатах подобных исследований.

Работа поддержана Российским Фондом содействия отечественной науке.

Литература

1. *Фесенков В.Г.* О строении атмосферы (фотометрический анализ сумерек) // Труды Главной российской астрофизической обсерватории. 1923. Т.2. С.7
2. *Розенберг Г.В.* Сумерки. Москва, Изд-во физ.-мат. лит-ры. 1963

Вариации максимальных и среднесуточных концентраций газовых примесей

Б.А.Аношин

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

При прогнозе загрязнения воздушных бассейнов городов необходимо оценивать максимальные разовые концентрации вредных примесей. В данной работе максимальные разовые концентрации предлагается оценивать по прогнозируемым величинам среднесуточных концентраций тех же примесей.

Рассчитаны основные статистические характеристики вариаций как среднесуточных, так и максимальных разовых концентраций для угарного газа, оксидов азота и углеводородов по данным измерений в г. Москве на сети автоматических постов контроля качества атмосферного воздуха.

Проанализированы корреляционные связи между максимальными разовыми и среднесуточными концентрациями газовых компонент загрязнения в воздушном бассейне г. Москвы.

Определены отклонения наблюдаемых максимальных разовых концентраций от восстановленных. Получены эмпирические соотношения, позволяющие оценивать с большой вероятностью верхний предел прогнозируемых максимальных газовых компонент загрязнения.

В работе использованы данные экологического мониторинга ГПУ «Мосэкомониторинг», полученные на городской сети автоматических постов контроля качества атмосферного воздуха.

Концентрация ^{222}Rn в приземном воздухе и его эмиссии над территорией России

Е.В.Березина, Н.Ф.Еланский

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

В данной работе исследовалось пространственное и временное распределение концентрации ^{222}Rn в приземном слое атмосферы над континентальной территорией России вдоль Транссибирской железнодорожной магистрали от Москвы до Владивостока по данным экспедиций *TROICA* (*Transcontinental Observations Into the Chemistry of the Atmosphere*). Проанализированы данные 5-ти экспедиций, которые были проведены летом 1999, 2001 и 2007 г.г. (*TROICA-5*, 7 и 11, соответственно), весной 2004 г. (*TROICA-8*) и осенью 2005 г. (*TROICA-9*).

Проведено исследование временного распределения концентрации ^{222}Rn в приземном слое атмосферы и его потока из почвы на станции экологического мониторинга, расположенной на метеообсерватории географического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова.

Наблюдаемые высокие значения концентраций ^{222}Rn в исследованных регионах связаны с его накоплением в приземной атмосфере в периоды ночных температурных инверсий. Ночью, при наличии температурной инверсии, концентрация ^{222}Rn всегда повышенная. При отсутствии температурной инверсии концентрация радона заметно меняется от места к месту. Наиболее высокие концентрации ^{222}Rn (до 40 Бк/м^3) характерны для горных регионов (Урал, Южная Сибирь), а также районов, находящихся под влиянием локальных и удаленных антропогенных источников ^{222}Rn (регионы Западной Сибири и Восточной Европы).

Проведен анализ пространственного распределения парниковых газов (CH_4 , CO_2 , CO) вдоль Транссибирской железнодорожной магистрали от Москвы до Владивостока. Отмечена корреляция между изменениями концентраций ^{222}Rn и парниковых газов в периоды ночных температурных инверсий.

Проведена оценка эмиссии ^{222}Rn из почвы в атмосферу в условиях ночных приземных инверсий по результатам экспедиций *TROICA* по формуле: $J_{\text{Rn}} = (C_2 - C_1)/(T_2 - T_1) H$, где C_1 — концентрация радона в приземной атмосфере в момент времени T_1 ; C_2 — концентрация радона в приземной атмосфере в момент времени T_2 ; H — высота верхней границы инверсии.

Величина эмиссии ^{222}Rn изменяется в течение года. Весной она меньше, чем летом и осенью. Это связано с наличием снежного покрова в весеннее время года. Летом и осенью величина эмиссии ^{222}Rn примерно одинакова. В дождливые дни она снижается вследствие увеличения влажности

почвы. Поэтому предполагается, что рассчитанные значения эмиссий ^{222}Rn , характерные для дождливых дней, несколько занижены.

Проведен анализ пространственного распределения эмиссий ^{222}Rn на территории России от Москвы до Владивостока. Рассчитанные значения потока радона варьируют от 0.26 до 35 Бк/м²мин. Можно выделить несколько регионов с повышенными значениями потока радона: Западно-Сибирская равнина – Прибайкалье (30–35 Бк/м²мин), Забайкалье (~15 Бк/м²мин), а также регион Амуро-Зейской равнины (8–10 Бк/м²мин).

Определение особенностей регионального переноса загрязнений из промышленных регионов в центр Сибири на основе данных наблюдений NO_x на станции Зотино

А.В. Вивчар, К.Б. Моисеенко, Р.А. Шумский

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

На основе данных измерений приземных концентраций окислов азота на наблюдательной станции Зотино ($60^{\circ}26'$ с.ш., $89^{\circ}24'$ в.д.) исследуется возможность применения методики статистической обработки Лагранжевых траекторий воздушных частиц с целью выявления климатологически значимых источников атмосферных загрязнений в сопредельных регионах. Расчёты 24-часовых обратных изобарических траекторий на уровнях 925, 900, 850 мбар проводились по метеополям NCEP за период 12.03.07–12.08.07, в течение которого измерялись концентрации NO_x . По результатам расчётов для ячеек размером $4^{\circ} \times 2^{\circ}$ широтно-долготной сетки найдено время пребывания воздуха, приходящего на станцию за весь период наблюдений, и отдельно – в периоды высоких концентраций NO_x . На основе отношения указанных величин получена оценка вероятности прихода загрязнённого воздуха из каждой ячейки сетки в пункт наблюдений [1], [2].

Расчёты показали, что область влияния атмосферного переноса для станции за 24-часовой период простирается от Урала на западе до средней части Восточно-Сибирского плоскогорья на востоке, от плато Путорана на севере до северного Казахстана — на юге. Следовательно, пункт наблюдений может подвергаться воздействию источников антропогенных загрязнений, расположенных на юге Западной Сибири и Красноярского края. Данное обстоятельство может существенно повлиять на результаты исследований дальнего переноса за сроки, значительно превышающие сутки. Для эпизодов высоких концентраций NO_x установлено преобладание выноса с юга Красноярского края (Канск, Красноярск, Иркутск). Потенциальная роль городов юга Западной Сибири как источников интенсивных выбросов окислов азота не подтвердилась.

Литература

1. *Ashbaugh L.L., Malm W.C., Sadeh W.Z.* A residence time probability analysis of sulfur concentrations at Grand Canyon National park. // Atmos. Environ. 1985. V.19. P.1263-1270
2. *Vasconcelos L.A.P., Kahl J.D.W., Liu D., Macias E.S., White W.H.* A tracer calibration of back trajectory analysis at the Grand Canyon // J. Geophys. Res. 1996. V.101. P.19329-19336

Статистические взаимосвязи между вариациями концентраций газовых примесей в приземном и пограничном слоях городской атмосферы

П.С.Глядков

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

В 2006 г. в г. Москве начались регулярные измерения концентрации газовых компонент загрязнений на Останкинской телебашне: концентрации угарного газа, оксида и диоксида азота, озона. Измерения проводятся на уровнях 130 м, 248 м и 348 м, а также в приземном слое атмосферы (около 2 м) вблизи телебашни.

По данным измерений рассчитаны профили среднесуточных концентраций угарного газа и оксидов азота [1]. Проанализированы корреляции между вариациями концентраций угарного газа и оксидов азота на разных уровнях в пограничном слое городской атмосферы и корреляционные связи между концентрациями разных газовых примесей на некоторых уровнях.

Рассчитаны статистические характеристики вариаций концентраций газовых компонент загрязнения.

Построены эмпирические функции распределения.

В работе использованы данные экологического мониторинга ГПУ «Мосэкомониторинг», полученные на городской сети постов контроля качества атмосферного воздуха.

Автор благодарит за обсуждение результатов Г.И.Горчакова.

Литература

1. *Горчаков Г.И., Семутникова Е.Г., Глядков П.С., Колесникова А.Б.* Стратификация газовых компонент загрязнения в воздушном бассейне г. Москвы // XIV рабочая группа Аэрозоли Сибири. Тезисы докладов. Томск, 2007

Мониторинг концентрации озона в естественных и экстремальных условиях с использованием NiO газовых сенсоров

В.С.Демин

Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы БелГУ,
Минск, Белоруссия

Как правило, для измерения концентрации приземного озона используются измерители созданные на основе химического, электрохимического, хемилюминесцентного и оптического методов измерения малых газовых составляющих атмосферы. В настоящее время все шире ведется разработка методов и газоанализирующей аппаратуры с применением таких материалов, как полупроводники различных структур.

По ряду исследований, среди полупроводников, перспективных для применения в газовом анализе, оксид никеля (NiO) занимает особое место. В [1] описаны механизм формирования, структура и физические свойства пленки оксида никеля толщиной 0,2–0,4 мкм, а также конструкция газового датчика на основе этой структуры. Датчик сформирован на тонкой (30–40 мкм) пластине Al_2O_3 , на одной стороне которой располагается чувствительный элемент сенсора с напыленной встречно-штыревой структурой информационных электродов, на другой стороне подложки - нагревательный элемент в виде меандра

Важнейшим свойством полупроводниковой NiO-структуры является то, что она представляет собой полупроводник p-типа. Начальное сопротивление оксидной пленки в интервале рабочих температур (200–450°C) порядка 10 Мом. При сорбции таких акцепторных компонент атмосферы, как кислород, озон, окислы азота и др., омическое сопротивление чувствительного слоя уменьшается до уровней позволяющих уверенно его регистрировать.

Озоночувствительные свойства NiO-сенсора были исследованы в широком диапазоне концентраций озона, которые варьировались от единиц ppb до десятков ppm. Установлена высокая чувствительность сенсоров к озону, которая в значительной степени зависит от теплового режима работы сенсора. С увеличением температуры рабочего элемента чувствительность падает, при этом уменьшается время реакции на подаваемое воздействие. Испытания сенсоров в натуральных условиях в качестве активных элементов макета измерителя концентрации озона, показали удовлетворительные результаты при измерении озона в системе $n[\text{ppb}] = f(R_0/R)$, где n — концентрация озона, R_0 — сопротивление активного слоя при нулевой концентрации озона, R — сопротивление активного слоя при изменении озона в рабочем диапазоне концентраций. Более надежно сенсоры работают в

импульсном режиме, когда периодически проводится прокаливание активного элемента сенсора для освобождения от «отравляющих» газовых компонент. В этом случае сенсор калибруется по величине коэффициента k , в формуле $R = A \exp(-t/k) + B$, описывающей поведение изменения величины омического сопротивления сенсора после импульсной подачи озона. На рис. 1 приведены калибровочные кривые для измерения концентрации озона как в естественных условиях, так и при его высоких концентрациях.

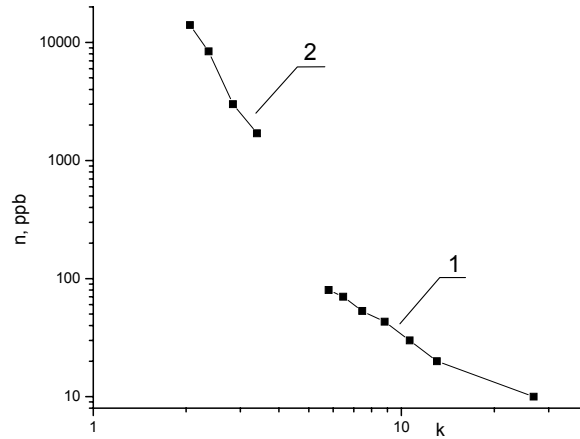


Рис. 1. Калибровочные кривые для полупроводникового NiO гаового сенсора. 1. — естественные концентрации озона, 2. — высокие концентрации озона.

В настоящее время полупроводниковый NiO газовый сенсор в составе макета измерителя концентрации приземного озона проходит очередные испытания. Испытания проводятся в экстремальных условиях Антарктиды.

Литература

1. Григоришин И.Л., Звягинцев А.М., Куданович О.Н. и др. // Сенсор. 2004. №4. С.2–10.

Газоанализатор на базе химических сенсоров для измерений в атмосфере

И.Б.Беликов², К.В.Жерников¹, Л.А.Обвинцева¹, Р.А.Шумский²

¹ Научно-исследовательский физико-химический институт им. Л.Я.Карпова, Москва

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

Разработан прибор на базе полупроводниковых сенсоров для измерения малых газовых примесей в атмосфере (озон и др.). Концентрационная зависимость сигнала сенсора - степенная, причем показатель степени в зависимости от технологии приготовления чувствительного слоя может быть больше или меньше единицы, что обеспечивает требуемую чувствительность для различных диапазонов концентраций. Прибор обладает высокой чувствительностью и малыми собственными шумами, что позволяет измерять концентрацию примеси с точностью до долей ppb (для озона). Предусмотрена возможность объединения нескольких сенсоров в сеть. Прибор проходил полевые испытания на Цимлянской научной станции летом 2006 года. Измерения показали хорошее совпадение данных полупроводникового озонметра, хемилюминесцентного измерителя озона и газоанализатора DASIBI. 1008RS

Работа поддержана МНТЦ, проект 3288.

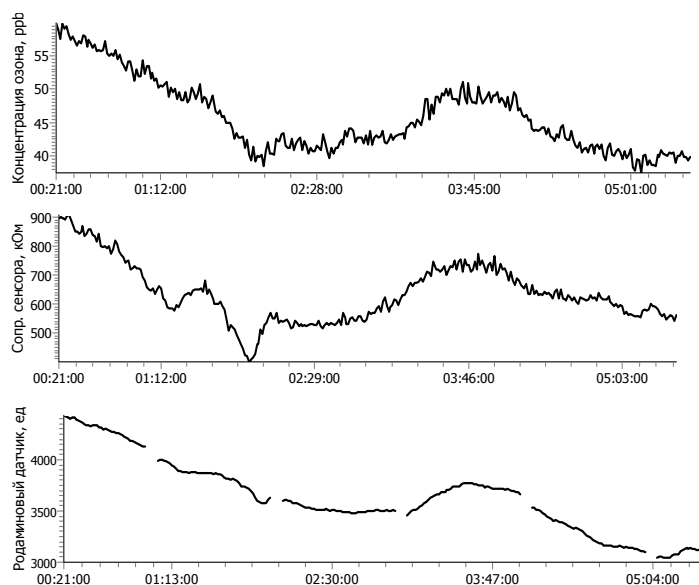


Рис. 1 Полевые измерения концентрации озона. Цимлянск 2006.

Лабораторное исследование процессов образования облачных ядер конденсации и льдообразования на углеродсодержащих аэрозолях в атмосфере

*Е.Д.Киреева¹, О.Б.Поповичева¹, Н.М.Персианцева¹, Т.Д.Хохлова²,
Н.К.Шония², Р.DeMott³, К.Koehler³*

¹ Институт ядерной физики МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва

² Химический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва

³ Department of Atmospheric Science, CSU, Fort Collins, Colorado

В настоящее время одним из существенных факторов воздействия на атмосферу является ежегодно возрастающая эмиссия твердотельных продуктов горения различных источников: антропогенных (транспорт, индустрия) и природных (горение биомасс). Углеродсодержащие аэрозоли могут вносить вклад в радиационный баланс атмосферы, образовывать облачные ядра конденсации (ОЯК) и льдовые ядра нуклеации (ЛЯН). Они могут стимулировать гетерогенное замерзание льда при пересыщении атмосферы значительно более низким, чем это необходимо для гомогенного замерзания сульфатных аэрозолей.

Частицы сажи являются сложным композитным материалом, состоящим из элементного и органического углерода; их содержание определяется условиями горения и типом сжигаемого топлива. Многообразие этих факторов приводит к разнообразию физико-химических свойств частиц, определяющих процессы образования ОЯК/ЛЯН. Активности частиц сажи как ОЯК/ЛЯН зависит от степени их гигроскопичности. Лабораторное моделирование свойств поверхности саж от истинно гидрофобных до сильно гидрофильных позволяет разработать подход для исследования конденсационной и льдообразующей способности частиц в широком диапазоне их возможных характеристик.

Показано, что способность частиц сажи образовывать ОЯК повышается при увеличении количества активных центров на поверхности. Наличие гидрофобного покрытия подавляет способность образовывать ОЯК. Пороговая относительная влажность, необходимая для льдообразования зависит от химического состава органической фракции. При наличии достаточного количества активных центров частицы сажи являются эффективными ЛЯН, наличие водорастворимой фракции уменьшает способность образовывать ядра нуклеации в атмосфере.

Экспериментальные исследования вариаций градиента электрического потенциала атмосферы вблизи земной поверхности в различных условиях

А.А.Коваленко, В.Ф.Билалова

Педагогический институт Южного федерального университета, Ростов-на-Дону

Современные представления об электрическом поле атмосферы таковы, что поле в данном пункте наблюдений в любой момент времени рассматривается как результат действия глобальных и локальных процессов генерации зарядов. Исследования временной динамики градиента потенциала способствуют выявлению природы генераторов электрического поля атмосферы разных масштабов.

На основании экспедиционных данных, полученных на территории Ростовской области в степной зоне, построены ряды динамики градиента потенциала, измерявшегося вблизи земной поверхности в летний период непрерывно и круглосуточно. Выполнен автокорреляционный анализ градиента потенциала для массивов данных, полученных при различных состояниях нижнего слоя атмосферы, с учетом его динамики, терморегима атмосферы и подстилающей поверхности, содержания радона-222 и т.д. Анализируются особенности автокорреляционной функции для различных условий. Сделана попытка интерпретации результатов.

Анализ вариаций концентраций углеводородов в воздушном бассейне г. Москвы

*Г.И.Горчаков¹, Е.Г.Семутникова², Е.А.Лезина², А.В.Карпов¹,
А.Б.Колесникова¹*

¹ Институт физики атмосферы им. А.М.Обухова РАН, Москва

² Мосэкомониторинг, Москва

В г. Москве на нескольких автоматических постах контроля качества атмосферного воздуха осуществляется мониторинг суммарной концентрации углеводородов и метана.

Рассчитаны основные статистические характеристики вариаций суммарных концентраций углеводородов и метана.

Проанализированы особенности внутрисуточной изменчивости концентраций углеводородов, метана и углекислого газа.

Вариации суммарной концентрации углеводородов и метана сопоставлены с вариациями концентраций угарного газа, оксидов азота, углекислого газа и некоторых ароматических углеводородов (бензол, толуол и др.).

В работе использованы данные экологического мониторинга ГПУ «Мосэкомониторинг», полученные на городской сети постов контроля качества атмосферного воздуха.

Работа частично поддержана ISTC (грант № 3254).

Сравнение теоретических расчетов электродного эффекта с экспериментальными данными

Т.В.Кудринская¹, А.П.Кривошеев², Н.А.Петров²

¹ ГОУ СПО РО Донской педагогический колледж, Ростов-на-Дону

² Педагогический институт Южного федерального университета, Ростов-на-Дону

Широкое использование модельных исследований в атмосферном электричестве делает особо актуальным сравнение теоретических расчетов с экспериментальными данными.

Многолетние комплексные исследования электродного слоя атмосферы, проводящиеся в Педагогического института Южного федерального университета, позволяют решать задачи данного исследования.

По результатам экспериментальных исследований геофизической группы были выбраны данные напряженности электрического поля и удельной электропроводности, удовлетворяющие условиям классического электродного эффекта (ночные замеры при скорости ветра менее 0,5 м/с). Результаты данных эксперимента сопоставляются с модельными расчетами.

На основании данных наблюдений также исследован турбулентный эффект в зависимости от степени устойчивости атмосферы. Сравнение экспериментальных результатов с теоретическими расчетами по турбулентной модели можно считать удовлетворительными. В работе предлагается возможная интерпретация полученных результатов.

История аэрологических измерений в Москве и в центре Европейской России

М.А. Локощенко

Географический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва

Первым опытом аэрологических измерений в России явился научный полёт на воздушном шаре академика Я.Д.Захарова в Санкт-Петербурге в 1804 г., а в районе Москвы (в городе Клин) — Д.И.Менделеева в 1887 г. Первые выпуски шаров-зондов в Москве осуществил Де-Кервен в 1901 г.

Систематическое зондирование атмосферы с их помощью было начато в районе Москвы в 1905 г. близ станции Кучино. Там же с 1907 г. производились регулярные подъёмы метеорологических змеев, прекратившиеся не позднее 1930-х гг. С 1920 г. было начато регулярное самолётное зондирование на Центральной Аэрологической Московской Станции в Клинском уезде Московской губернии (с 1922 г. — Московская аэрологическая обсерватория в районе Ходынского поля в Москве). Высотный диапазон достигал 4 км, вертикальное разрешение данных — 500 м. Там же выпускались шары-пилоты и шары-зонды. В 1930-х годах начались выпуски радиозондов — сначала в Кучино, а с 1940 г. — в г. Долгопрудном Московской области. Вплоть до конца 1980-х гг. радиозондирование здесь, в Центральной аэрологической обсерватории, было четырёхразовым, ныне осуществляется два раза в сутки. В пределах нижнего 1 км профили температуры T , относительной влажности F и скорости ветра V измеряются с разрешением 100 м. Там же, в ЦАО, вплоть до 1962 г. производились регулярные подъёмы привязных аэростатов (в слое 500–1000 м). Одновременно, вплоть до начала 1960-х гг., во Внуково (к югу от столицы) дважды в сутки осуществлялось самолётное зондирование с разрешением 100 м.

Новой вехой в микроаэрологии в Центральном районе России явилось оснащение метеорологическими датчиками двух сооружений — телебашни в районе Останкино в Москве (высота — 533 м) и высотной метеорологической мачты ИЭМ в г. Обнинске Калужской области (высота — 310 м). В анализе останкинских данных имеются методические проблемы, связанные с устранением динамического и термического влияния самого сооружения башни на производимые здесь измерения. Профили метеовеличин, измеряемые в Обнинске, отличаются высокой степенью надёжности.

Начиная с 1988 г., на Географическом факультете МГУ осуществляется регулярное акустическое зондирование нижнего 800-метрового слоя воздуха с помощью акустических локаторов (содаров). С 1988 г. прослеживается вид температурной стратификации и характерные структуры мелкомасштабной термической турбулентности, связанные с задерживающими слоями инверсий в поле сдвига ветра. Помимо этого, с 2004 г. здесь изме-

ряются профили скорости и направления ветра. Вертикальное разрешение профилей V составляет 20 м, а данных о границах инверсий — 12 м.

С конца 1990-х гг. в практику аэрологических измерений в Москве внедрено также зондирование нижнего 600-метрового слоя микроволновыми радиометрами МТП-5. С помощью этих приборов измеряются профили температуры воздуха с разрешением 50 м.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 07-05-00874.

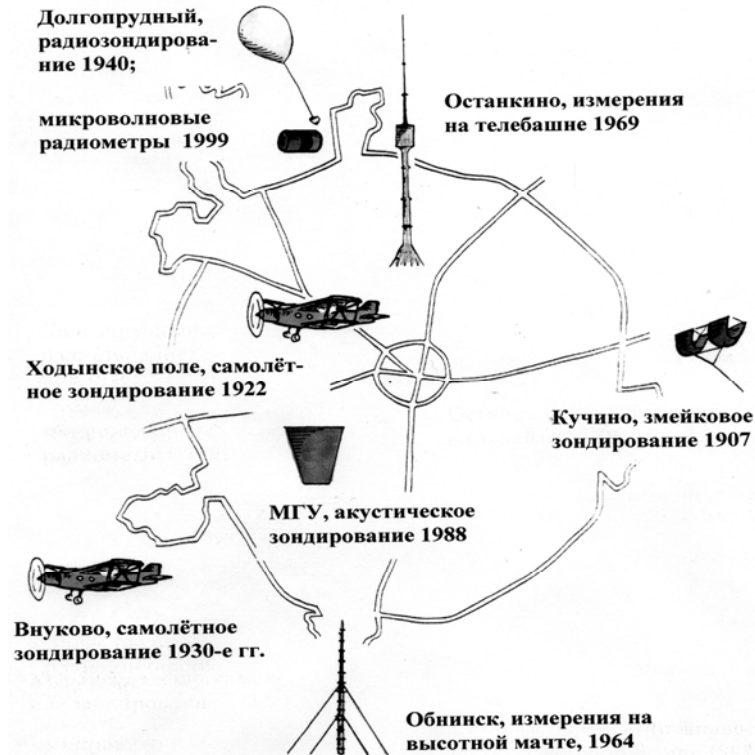


Рис. 1. Схема разных видов аэрологических измерений в районе Москвы с указанием времени начала их проведения. Показаны контуры Москвы..

Литература

1. Вейгелин К.Е. Завоевание воздушного океана. История и современное состояние воздухоплавания. Особое прибавление к сочинению К.Фламариона «Атмосфера». СПб. 1911. 692с.
2. Хргиан А.Х. Очерки развития метеорологии. Л., Гидрометеиздат, 1948.
3. Локоценко М.А. Температурная стратификация нижней атмосферы в Москве. // Метеорология гидрология. 2007. № 1, с.53–64.

Актуальные проблемы исследования озонных аномалий

Н.Ф.Лужьянова

Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы БелГУ,
Минск, Белоруссия

Общее содержание озона в атмосферном столбе (ОСО) в средних широтах Северного полушария подвергается существенным локальным кратковременным колебаниям, которые хорошо коррелируют с прохождением синоптических погодных систем. Первые указания на такую связь появились, начиная с 1929 г. (Dobson et.al.). В 50-е годы XX века отрицательные флуктуации уже связывали с областями пониженного ОСО, образующимися в результате адвекции воздуха в верхней тропосфере (Reed et.al.). Такие области образовывались и распадались в течение нескольких дней, покрываемая ими площадь достигала нескольких сотен квадратных километров. В эру спутниковых наблюдений началось активное исследование областей с пониженным ОСО (McKenna et.al.), которые отделялись от большой Антарктической озонной дыры весной. Именно тогда (1988 г.) эти области получили название «озонные мини-дыры». Впоследствии оказалось, что озонные мини-дыры весьма часто образуются в средних широтах обоих полушарий.

В настоящее время исследования озонных аномалий продвинулись очень глубоко, однако остается ряд нерешенных проблем, препятствующих объединению полученных результатов в единую картину. На обсуждение некоторых проблем ориентирована данная работа.

1. Когда явление озонных мини-дыр исследуется с точки зрения возможного влияния на тренд озона в средних широтах, нужно также оценивать роль положительных озонных аномалий (явления кратковременного значительного повышения ОСО над регионом), которые ежегодно отмечаются в Северном полушарии.

2. Отсутствует общепринятое определение озонных аномалий (в частности, мини-дыр), обычно каждый автор дает определение явления, используя свой оригинальный подход.

3. По этой же причине можно встретить несколько типов климатологии озонных мини-дыр.

4. Существуют несколько различающихся гипотез по поводу механизма образования озонных аномалий.

5. Исследования отдельных явлений или статистики озонных аномалий над локальной точкой полезны, но не позволяют делать выводы об их климатологии в Северном полушарии.

Вместе с тем, следует отметить существенный прогресс в понимании механизмов образования, развития и деградации озонных аномалий (по крайней мере, отрицательных). Сюда следует отнести установление взаи-

мосвязи аномалий с геопотенциальными высотами изобарических поверхностей и смещением изэнтропических поверхностей, потенциальной завихренностью, образованием полярных стратосферных облаков, смещением полярного стратосферного вихря, траекториями движения воздушных масс на разных высотах и т.д.).

Вариации УФ излучения за последние 50 лет по данным разных методов реконструкций

В.С.Партола, Н.Е.Чубарова

Географический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва

Во внеатмосферном спектре доля ультрафиолетового излучения (УФИ) мала. Она не превышает 8%, при этом биологически активная эритемная радиация (Q_3) составляет всего 0.7%. Однако, несмотря на незначительную долю, за счет высокой энергии квантов УФИ во многом определяет жизнь на Земле. Небольшие дозы Q_3 могут оказывать благотворное воздействие на человека и животных, однако в основном, биологически активная УФ радиация обладает неблагоприятным действием, способствуя таким заболеваниям как рак кожи, заболевания глаз, ослабление иммунной системы и др. Отметим, что многие заболевания связаны с кумулятивным действием УФИ и поэтому требуют оценки его уровня в прошлые эпохи.

Целью данной работы является восстановление УФ излучения за последние 50 лет по модели реконструкции УФИ, описанной в (Chubarova et al., 2005), где с использованием принципа аддитивности оцениваются месячные и сезонные аномалии УФИ за счет общего содержания озона, аэрозольной оптической толщины, балла и оптической толщины облаков. В работе используется новая база данных общего содержания озона с 1950 г. по данным реконструкции (Krzy'scin et al., 2007). Данный метод, однако, не позволяет оценивать вариации УФИ в масштабе суток, поскольку для оценки воздействия балла облаков по этой методике необходима большая статистика. Был разработан иной подход с использованием непосредственно данных по суммарной интегральной радиации в качестве предиктора облачного ослабления. Проведены сравнения двух различных методов восстановления УФИ на примере Q_3 .

Анализируются результаты восстановления вариаций биологически активной эритемной радиации, оцениваются причины вариаций Q_3 за счет различных параметров.

Литература:

1. Chubarova N., Nezval Ye.I., Verdebout J., Krotkov N., Herman J. Long-term UV irradiance changes over Moscow and comparisons with UV estimates from TOMS and METEOSAT // "Ultraviolet Ground- and Space-based Measurements, Models, and Effects" edited by G. Bernhard, J.R. Slusser, J.R. Herman, and W. Gao. SPIE. 2005. P.63-73
2. Krzy'scin J.W. COST-726 Total Ozone Data Base for the Surface UV Radiation Reconstruction over Europe // Proceeding UV Conference, 18-20 September 2007, Davos, Switzerland. 2007

Изучение загрязненности атмосферы г. Москвы окисью углерода спектроскопическим методом

О.А.Сергеева¹, Е.В.Фокеева², В.С.Ракитин², Р.Д.Кузнецов²

¹ Российский химико-технологический университет им. Д.И.Менделеева, Москва

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

В работе приведены результаты измерений полного содержания окиси углерода в воздушном бассейне г. Москвы в период с 2005 г. по 2007 г. Измерения проводились по поглощению солнечного излучения с помощью спектроскопической установки, состоящей из системы слежения за Солнцем и дифракционного спектрометра с разрешением $0,25 \text{ см}^{-1}$ в рабочей области спектра 4.7 мкм [1]. Отдельные локальные источники примеси и даже отдельные крупные автомагистрали, расположенные вблизи пункта наблюдения, не влияют на результаты измерений, так как при использовании этой методики, можно непосредственно получать усредненные по значительному пространству характеристики загрязненности воздуха.

Полное содержание CO в городе испытывает существенные вариации от дня ко дню, от значений близких к фоновому, до значений превышающих его в 2,5 раза. Эти вариации определяются изменениями метеоусловий и в наибольшей степени — скоростью ветра. С 2005 г. ведется определение профилей скорости ветра с помощью акустического локатора (содара).

Одновременное измерение регионального фонового содержания в сельской местности на Звенигородской научной станции (ЗНС) на аналогичной аппаратуре позволяет выделить городскую часть содержания ΔU . Величина ΔU характеризует загрязненность города окисью углерода и определяется интенсивностью выноса примеси и мощностью ее источников. Проведено сопоставление ΔU со значениями приземных концентраций CO, определенной на пункте сети «Экомониторинга», «Балчуг» за 2005–2006 гг.

Определены частоты повторяемости различных значений ΔU в холодный и теплый периоды года. Проведено сравнение полученного результата с результатами за 1993–2005 гг. Получено преобладание низких значений ΔU в теплый период. Были определены коэффициенты корреляции городской части содержания ΔU со средней скоростью ветра в слоях от 60 до 300 метров. Среднегодовые значения ΔU за период измерений 2005–2007 гг. не возрастают.

Литература

1. *Dianov-Klokov V.I., Yurganov L.N., Grechko E.I., Dzhola A.V.* Spectroscopic measurements of atmospheric carbon monoxide and methan. 1: Latitudinal distribution // *J. Atmos. Chem.*, 1989, 8, p.139-150;
2. *Фокеева Е.В., Гречко Е.И., Джола А.В., Ракитин В.С.* Определение загрязнения атмосферы города Москвы окисью углерода спектроскопическим методом. // *Изв.АН., ФАО*, 2006, т. 43. №6. с.176-190.

Основные закономерности изменчивости малых атмосферных примесей в Москве за последние полвека.

*А.В.Трифанова*¹, *М.А.Локощенко*²

¹ Международный университет «Дубна», Дубна

² Географический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва

Изучение многолетней динамики приземного загрязнения воздуха представляет большой научный и практический интерес. В Москве регулярные измерения состава атмосферы ведутся с конца 1950-х гг. на постах Минздрава СССР, а с 1966 года — на постах сети МосЦГМС-Р (бывшей ЦВГМО). Данная сеть является старейшей в столице, хотя, начиная с 2002 года, в Москве действует также совместная Экологическая станция ИФА РАН и Географического факультета МГУ.

Для анализа изменчивости приземного содержания малых атмосферных примесей в Москве за последние 50 лет нами были использованы данные поста Минздрава в МГУ с 1957 года, а также постов Балчуг и ВДНХ сети МосЦГМС-Р с 1966 года. Данные постов ВДНХ (№ 1) и МГУ (№ 51) можно считать близкими к фоновым городским условиям, то есть отражающими совокупное влияние всех отдельных источников выбросов в пределах большого города. В результате были выявлены следующие закономерности.

Как видно на рис.1, приземное содержание двуокиси серы резко уменьшилось за последние полвека вследствие закрытия малых котельных, работавших на мазуте и угле с высоким содержанием серы, и перевода систем городского отопления на газовое топливо. Кроме того, в 1970-х годах в столице была почти полностью снесена деревенская застройка с печным отоплением частных домов. Необычно большое среднегодовое значение SO_2 в 1972 г. (0,23 и 0,21 мг/м³ соответственно на Балчуге и в МГУ) объясняется сильными лесными и торфяными пожарами во время очень жаркого и засушливого лета. Приземное содержание угарного газа в Москве также заметно уменьшилось в 1970-х и 1980-х гг., особенно в центре города (Балчуг).

В многолетней динамике среднегодовых значений приземного содержания двуокиси азота по данным постов ВДНХ и Балчуг прослеживаются два основных изменения в общей тенденции. В конце 1970-х годов уменьшение NO_2 сменилось устойчивым ростом, а в последние годы вновь наметилась чёткая тенденция к уменьшению двуокиси азота. Этот вывод подтверждается кубическим трендом данных поста Балчуг (жирная линия на рис.1). Достоверность этого вида тренда, имеющая значение квадрата криволинейного коэффициента корреляции, очень высокая: 0,54. Примечательно, что при рассмотрении степенного тренда более высоких порядков значение показателя достоверности заметно не увеличивается. Это доказывает наличие лишь двух основных изменений в динамике NO_2 за последние 40 лет.

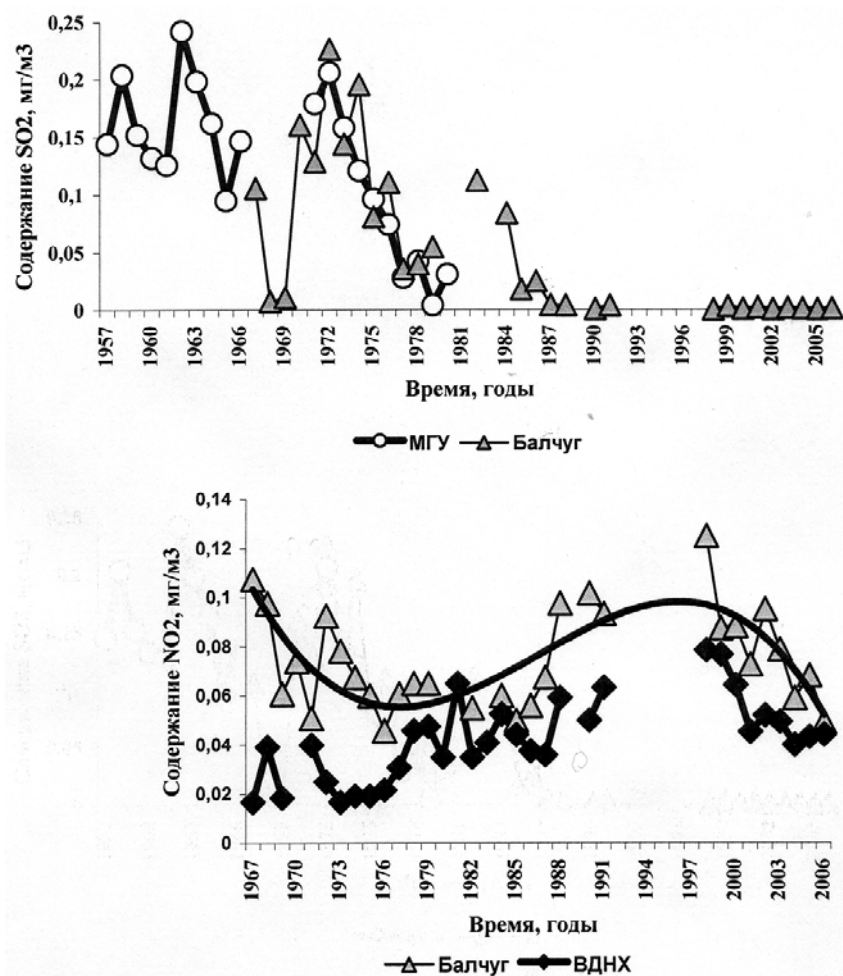


Рис. 1. Многолетняя изменчивость в Москве приземного содержания диоксида серы (верхняя часть) и диоксида азота (нижняя часть).

Авторы благодарят сотрудников МосЦГМС-Р за любезно предоставленные архивные данные измерений. Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 07-05-00874.

Литература

1. Локощенко М.А., Еланский Н.Ф., Маляшова В.П., Трифанова А.В. Динамика приземного содержания диоксида серы в Москве. Томск, Оптика атмосферы и океана, 2008 (в печати).

Сезонные и суточные вариации концентраций газовых примесей в приземном слое атмосферы г. Улан-Удэ

В.В.Цыдыпов, Г.С.Жамсуева, А.С.Заяханов
Отдел физических проблем БНЦ СО РАН, г. Улан-Удэ

В общей системе мониторинга загрязнения окружающей среды важную роль играют исследования атмосферных загрязнений, поскольку через атмосферу происходит загрязнение всех компонент природной среды.

В докладе представлены результаты исследований временной изменчивости концентраций оксида углерода (CO), оксида азота (NO), диоксида азота (NO₂), приземного озона (O₃). На основе большого статистического материала выявлены сезонные и суточные вариации малых газовых примесей в атмосфере г. Улан-Удэ. Анализ сезонной изменчивости концентрации газовых примесей свидетельствует о наличии максимумов концентрации оксида углерода, диоксида азота и озона в летний период, а оксида азота в зимние месяцы. Такое поведение подтверждается и в межгодовом ходе сезонной изменчивости концентрации газовых примесей.

Суточный ход концентраций малых газовых примесей свидетельствует о различии их поведения по сезонам года. Максимальные амплитуды среднечасовых концентраций примесей наблюдаются в весенне-летний период, минимальные – в январе.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ № 05-05-97240

Сопоставление вариаций компонент загрязнения приземного воздуха в г. Москве и г. Зеленограде

Г.И.Горчаков¹, Е.Г.Семутникова², Б.А.Аношин¹, С.С.Шмыгов³

¹ Институт физики атмосферы им. А.М.Обухова РАН, Москва

² Государственное природоохранное учреждение «Мосэкомониторинг», Москва

³ ВНИИФТРИ, г. Зеленоград

С целью выявления различий между режимами загрязнения воздушных масс бассейнов больших и малых городов выполнен статистический анализ вариаций компонент загрязнения приземного слоя атмосферы в г. Москве и в г. Зеленограде.

Сопоставлены статистические характеристики вариаций концентраций угарного газа, оксида и диоксида азота, озона, а также суммарной концентрации углеводородов.

Построены эмпирические функции распределения концентраций газовых компонент загрязнения.

Проведено сравнение вида суточного хода концентраций примесей в указанных городах.

Проанализированы вариации газовых компонент загрязнения в Москве и Зеленограде при неблагоприятных метеорологических условиях.

В работе использованы данные экологического мониторинга ГПУ «Мосэкомониторинг», полученные на городской сети постов контроля качества атмосферного воздуха.

Работа частично поддержана ISTC (грант № 3254).

Применение хемилюминесцентного измерителя озона на железнодорожном вагоне-обсерватории

И.Б.Беликов, Р.А.Шумский

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

Хемилюминесцентный быстродействующий измеритель концентрации озона, разработанный первоначально для измерений турбулентного потока приземного озона пульсационным методом, применен для измерений быстропеременных вариаций озона на железнодорожном вагоне-обсерватории [1].

Хемилюминесцентный измеритель разработан на основе чувствительных элементов производства ЗАО «ОПТЭК» (Россия, г. Санкт-Петербург), и состоит из модуля измерителя, модуля компрессора и блока питания. В модуле измерителя размещается чувствительный элемент, фотоэлектронный умножитель и микропроцессорный контроллер для управления измерениями.

Измерения вариаций приземного озона проведены вдоль Транссибирской железнодорожной магистрали от Москвы до Владивостока и обратно в июле - августе 2007 г.

В процессе измерений получен ряд значений концентрации озона с периодом в 1 сек. Калибровка измерителя по нулевому уровню сигнала производилась во время остановок и стоянок вагона, а калибровка по значениям концентрации озона - периодически, по имеющемуся в составе измерительного комплекса вагона газоанализатору DASIBI 1008-RS.

Анализ полученных данных хемилюминесцентного измерителя проведен с целью обнаружения коротких шлейфов пониженной концентрации озона от локальных источников загрязнения атмосферы по трассе маршрута экспедиции, а также исследования явления влияния высоковольтных линий электропередачи на концентрацию приземного озона [2].

Работа поддержана МНТЦ — проект 3288.

Литература

1. Крутцен П.И., Голицын Г.С., Еланский Н.Ф., Бренникмейр К.А.М., Шарффе Д., Беликов И.Б., Елохов А.С. Наблюдения малых примесей в атмосфере над территорией России с использованием железнодорожного вагона-лаборатории // Доклады Академии Наук. 1996. Т.350. №6. С.819-823
2. Elansky N.F., Panin L.V., Belikov I.B. Influence of High-Voltage Transmission Lines on Surface Ozone Concentration // Izvestiya, Atmosph. and Oceanic Physics. 2001. V.37. Suppl.1. P.S92-S101

**Генерация электрических полей
в атмосфере.
Глобальная электрическая цепь.**

Формирование слоев заряда в атмосферах планет

Е.А.Мареев

Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород

В последнее время существенно возрос интерес к электрическим явлениям в планетных атмосферах. Это обусловлено исследованием возможной роли атмосферного электричества в климатических процессах, формировании биосфер, взаимосвязи «планетарной» и «космической» погоды. В значительной мере интерес этот стимулируется новыми экспериментальными данными по изучению атмосферного электричества в земной атмосфере, а также новыми данными, полученными с помощью межпланетных космических аппаратов (в частности, Cassini, Mars Express и Venus Express).

Общая проблема, лежащая в основе анализа электрических явлений в атмосферах планет — это проблема генерации крупномасштабного электрического поля в слабопроводящей среде (электрическое динамо). Наиболее яркие проявления электрического динамо связаны с многофазными дисперсными системами, содержащими аэрозоли или гидрометеоры, которые могут обмениваться зарядом при столкновениях. Именно в таких условиях, как известно, формируются наиболее сильные поля в земной атмосфере (грозовые облака, вулканические извержения, пылевые и снежные бури). Эксперименты указывают также на важную роль турбулентности для атмосферного электричества. В условиях грозового или пылевого облака турбулентное перемешивание частиц приводит к многопотоковости, а возможность обмена зарядом при столкновениях частиц, чрезвычайно усложняя задачу, делает ее особенно разнообразной и интересной.

Лекция посвящена обзору экспериментальных данных и теоретических моделей, касающихся формирования слоев электрического поля и заряда в атмосферах планет. Одномерное приближение позволяет, с одной стороны, сосредоточить внимание на основных физических механизмах формирования поля и заряда, а с другой — проверив соответствующие модели в условиях земной атмосферы, попытаться построить их обобщения для атмосфер других планет.

Интенсивные зарядовые слои формируются в земной атмосфере и в условиях грозы, и в условиях хорошей погоды. Для грозового электричества, в частности, важной проблемой является формирование долгоживущих (до 6–12 часов) слоев электрического заряда в стратифицированных областях мезомасштабных конвективных систем. В слоисто-дождевых облаках, где наблюдается достаточно высокая электрическая активность, зачастую также формируются высокие электрические поля вблизи нулевой изотермы. Большую роль в динамике грозы могут играть слои экранирующих зарядов в окрестности грозового облака, последовательный учет которых до сих пор не проводился. В условиях хорошей погоды формируются и крупно-

масштабные слои электрического заряда, связанные с профилем проводимости атмосферы, так и возмущения поля и заряда вблизи относительно резких границ (электродный эффект, туман, слои аэрозольных частиц в атмосфере).

В данной лекции затронута также проблема турбулентного электрического динамо применительно к грозovým облакам, обладающим обычно высокой молниевой активностью. Дан обзор различных механизмов разделения заряда. Проанализированы общие критерии роста среднего поля, роль сжимаемости среды и спиральности турбулентности в реализации динамо. По сравнению с магнитным динамо, которое принципиально имеет трехмерный характер, квазистатическое электрическое поле (т.е. градиент потенциала) фактически скалярно, поэтому «центр тяжести» в данной задаче переносится на усложнение структуры среды и учет ее неоднородности. Кратко обсуждается вопрос о роли турбулентного электрического динамо в функционировании глобальной электрической цепи в атмосфере.

Моделирование крупномасштабных электрических полей и токов грозового облака

С.С.Давыденко, А.С.Сергеев

Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород

Наличие сложной многослойной электрической структуры у развитых грозовых облаков [1] и крупномасштабных грозовых конгломератов (мезомасштабных конвективных систем) [2] требует разработки новых моделей электродинамики гроз с учётом как квазистационарных процессов разделения зарядов в облачной среде, так и молниевых разрядов.

Предлагаемая модель основана на численном решении уравнений Максвелла методом FDTD в предположении аксиальной симметрии системы и позволяет в рамках единого подхода описывать как стационарные, так и переменные электрические поля и токи в окрестности грозового облака. Роль стационарных источников в модели аналогично [3] играют процессы разделения зарядов силами неэлектрической природы, описываемые распределёнными вертикальными сторонними токами. Параметры слоёв и амплитуда тока подбираются таким образом, чтобы модельный профиль электрического поля соответствовал результатам измерений. Нестационарные источники связаны с быстрым переносом заряда при молниевой вспышке и описываются импульсным сторонним током с близким к наблюдаемому временным профилем амплитуды и пространственным распределением, зависящим от вида вспышки. Важной особенностью модели является учёт возмущения проводимости внутри облака по сравнению с профилем проводимости в областях «хорошей погоды» и влияния остальной атмосферы на формирование распределения полей и токов.

Предложенный подход позволяет построить динамическую картину электрических полей и токов как внутри, так и снаружи грозового облака, восстановить структуру электрических источников в облаке, вычислить запасённую в нём электрическую энергию и оценить полный ток, текущий от грозы к верхним слоям атмосферы. Кроме того, в рамках модели возможно исследование влияния возмущения проводимости внутри облака на его эффективность как источника в глобальной цепи.

Литература

1. Stolzenburg, M., W.D. Rust, B.F. Smull, and T.C. Marshall, Electrical structure in thunder-storm convective regions. 2. Isolated storms. *J.Geophys.Res.*, 103(D12), p.14075, 1998.
2. Marshall, T.C., and W.D. Rust, Two types of vertical electrical structures in stratiform pre-cipitation regions of mesoscale convective regions, *Bull.Amer.Meteorol.Soc.*, 78(11), p.2159, 1993.
3. Davydenko, S.S., E.A. Mareev, T.C. Marshall, and M. Stolzenburg, On the calculation of electric fields and currents of mesoscale convective systems, *J. Geophys. Res.*, 109(D11), 2004. DOI: 10.1029/2003JD003832

Вариации атмосферного электрического поля хорошей погоды по данным Обсерватории «Борок»

С.В.Анисимов, Н.М.Шихова

Геофизическая обсерватория «Борок» ИФЗ РАН, Борок

Электрическое поле приземного слоя обладает уникальной чувствительностью к различным геофизическим и метеорологическим явлениям с разнообразными пространственно-временными масштабами. Непрерывная регистрация аэроэлектрических параметров приземного слоя (напряженности электрического поля E_z и плотности вертикального электрического тока j_z) проводилась в 1998–2007 гг. в Геофизической обсерватории «Борок» ИФЗ РАН [58°04' N; 38°14' E] на цифровую систему сбора с тактовой частотой 10 Гц.

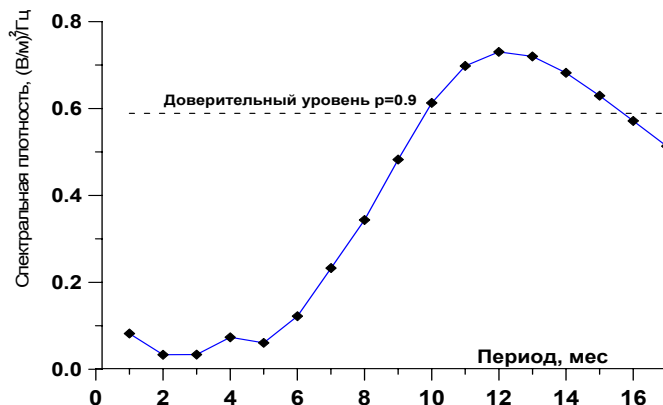


Рис. 1. Спектр ряда среднемесячных значений E_z по данным 1998–2007 гг.

По результатам измерений и обработки E_z установлено, что ряд среднемесячных значений напряженности электрического поля стационарен относительно среднего значения, значимый линейный тренд ряда в пределах 1998–2007 гг. не выявлен; наибольшие среднемесячные значения напряженности поля достигает в феврале–апреле, наименьшие — в октябре–ноябре; в изменениях электрического поля обнаружены достоверные вариации с периодами 12 месяцев (рис.1), 24 ч, 12.5 ч, 1 ч, внутрисуточные вариации с периодами в интервале 25–40 мин. Спектр аэроэлектрических пульсаций в диапазоне частот 0.01–1 Гц — степенной с показателями наклона от –2.2 до –3.4. Показано, что унитарная вариация E_z (с минимумом в утренние часы и максимумом в вечерние по UT) наиболее часто воспроизводится в зимние месяцы — декабрь, январь, февраль.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 06-05-65066).

Вариации концентрации легких атмосферных ионов в приземном слое

С.В.Анисимов, К.В.Афиногенов

Геофизическая обсерватория «Борок» ИФЗ РАН, Борок

Наличие полярных ионов в атмосфере составляет одно из необходимых условий формирования атмосферного электрического окружения Земли. Изучению полярных проводимостей λ_{\pm} и концентраций легких ионов n_{\pm} , а также их пространственно-временной динамики, которая определяется как глобальными, так и локальными геофизическими и метеорологическими процессами, посвящено значительное количество публикаций [1–3]. Цель работы заключалась в исследовании механизмов формирования аэроэлектрической проводимости в реальных условиях приземного слоя атмосферы. В апреле–мае и июле–августе 2007 г. на среднеширотной геофизической обсерватории «Борок» (58°04'N 38°14'E) проводились полевые многоточечные наблюдения вариаций электрической проводимости приземного слоя методом разнесенного приема. Схема наблюдений включала семь датчиков концентрации легких атмосферных ионов, электростатические флюксометры (типа «field-mill») и ультразвуковой метеорологический комплекс.

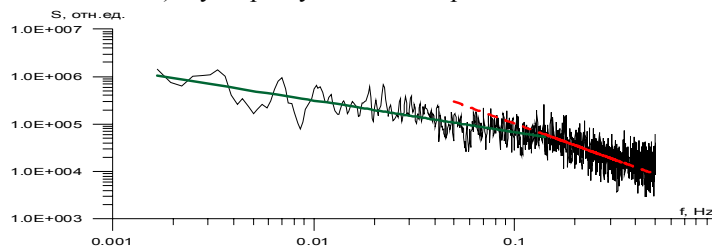


Рис. 1. Спектр вариаций концентрации легких положительных ионов.

В результате обработки данных, полученных при наблюдениях, определено, что в условиях «хорошей погоды» спектр изменений концентрации легких ионов имеет степенную зависимость. Значение показателя наклона спектра концентрации легких ионов в диапазоне частот 0.001 – 0.15 Гц равно $(-0.89) \pm 0.35$, а в диапазоне частот 0.15 – 0.5 Гц — $(-1.5) \pm 0.23$.

Работа проводится при поддержке РФФИ (грант № 06-05-65066).

Литература

1. Чалмерс Дж. Атмосферное электричество. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 420 с.
2. Имянитов И. М. Приборы и методы для изучения электричества атмосферы, М., 1957.
3. Israelson S., Knudsen E., Anisimov S.V. Vertical profiles of electrical conductivity in the lowermost part of the turbulent layer over flat ground // Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics. Vol. 56, No.12, 1994, P. 1545-1550

Вариации амплитуды электромагнитного поля на частоте 1-го Шумановского резонанса: Кольский полуостров

О.И.Ахметов, М.И.Белоглазов, А.Н.Васильев

Полярный геофизический институт КНЦ РАН, Апатиты

В настоящее время изучению грозообразования уделяется большое внимание (см., например, [1]). Считается, что своего рода индикатором глобальной молниевой активности может служить интенсивность фонового электромагнитного поля в атмосфере Земли на частотах шумановских резонансов [2].

В обсерватории «Ловозеро» (центральная часть Кольского полуострова) Полярного геофизического института на протяжении ряда лет ведутся измерения электромагнитного КНЧ-поля в диапазоне частот 0.1–10 Гц. В качестве датчиков используются многovitковые (около 200 тыс. витков) соленоиды с ферритовыми сердечниками, ориентированные по магнитным меридиану и параллели. Запись производится в цифровом виде с дискретностью 40 Гц.

В докладе анализируются суточные вариации амплитуды КНЧ-поля на частоте 1-го Шумановского резонанса (ШР-1). Вычисление амплитуды проводилось в следующем образом [3]. По пятиминутным интервалам для обеих компонент строились спектры с помощью БПФ в диапазоне частот ШР-1, от 5.3 до 9.8 Гц. Затем полученные спектры аппроксимировались функцией Лоренца с тремя неизвестными параметрами: частотой максимума f_{\max} , амплитудой лоренцевского колокола B , его полушириной Δf , и двумя параметрами c_1 и c_2 , аппроксимирующими линейное уменьшение с частотой f интенсивности шумового фона. В дальнейшем анализе величина B считалась амплитудой КНЧ-поля на частоте ШР-1.

Обсуждаются изменения амплитуды ШР-1 в зависимости от гелиогеомагнитных условий, сезона, локализации источников КНЧ-излучений.

Работа выполняется при поддержке Программы ОФН РАН №12 «Физика атмосферы: электрические процессы, радиофизические методы исследований» (проект 4.5).

Литература

1. *Фесенков В.Г.* О строении атмосферы (фотометрический анализ сумерек) // Труды Главной российской астрофизической обсерватории. 1923. Т.2. С.7
2. *Розенберг Г.В.* Сумерки. Москва, Изд-во физ.-мат. лит-ры. 1963

О развитии электрической структуры грозового облака

А.А.Евтушенко

Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород

В работе предложена система уравнений квазигидродинамики для электрического поля, зарядов и концентраций облачных частиц и легких аэроионов воздуха применительно к мезомасштабным конвективным системам, которая при разумных предположениях о характере электризации при столкновениях и таянии облачных частиц имеет достаточно простые решения, описывающие структуру и динамику пространственно разделенных областей электрического заряда в облаке.

Электрическое поле значительно влияет на скорость движения легких аэроионов в потоке воздуха, а при больших полях практически полностью определяет его. При индукционном механизме электризации электрическое поле определяет также величину заряда, разделяемого при таянии гидрометеоров. Поэтому учет нелинейных эффектов приводит к формированию сложной структуры электрических слоев.

Рассмотрены детально две области генерации электрических зарядов: область в районе нулевой изотермы, связанная с таянием ледяных агрегатов, и область в верхней части грозового облака, связанная со столкновительными механизмами разделения заряда. Показана возможность образования экранирующих слоев из легких аэроионов при определенных скоростях воздушных потоков. За времена порядка 30 минут достигаются электрические поля напряженностью до 100 кВ/м, что соответствует экспериментальным данным.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 07-02-01342 и Программы фундаментальных исследований ОФН РАН «Физика атмосферы: электрические процессы, радиофизические методы исследования».

Поиск статистически значимых критериев для определения «нормальных значений» величин атмосферного электричества

И.Б. Попов

Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова, Санкт-Петербург

В настоящее время наблюдение за электрическими характеристиками атмосферы приземного слоя – градиентом потенциала электрического поля и удельными полярными электрическими проводимостями воздуха — проводится на четырех пунктах сети Росгидромета. При обработке данных рассчитываются среднечасовые значения измеряемых величин; для определения качества наблюдений, в частности, выявления нормальных значений, привлекается метеорологическая информация. Цель введения критерия нормальных условий заключается в выявлении таких периодов наблюдений, когда влияние локальных источников электрического возмущения можно считать минимальным, позволяя тем самым, с большей надежностью выделять вариации атмосферного электричества, обусловленные процессами региональных и глобальных масштабов.

Задача исследований заключалась в формировании допустимых метеорологических условий, при которых результаты измерений градиента потенциала электрического поля можно относить к нормальным значениям. Исходной информацией являлись данные измерений на пункте наблюдения за приземным атмосферным электричеством в Воейково (пригород Санкт-Петербурга) и данные метеорологических наблюдений за продолжительный период времени. Метод исследований основывался на статистической обработке исходной информации, в том числе, с применением факторного и дисперсионного анализа.

В докладе представлены результаты проведенных исследований, сделаны выводы о целесообразности уточнения критериев «нормальные значения» при обработке данных сетевых наблюдений.

Влияние атмосферной турбулентности и содержания аэрозолей на приземное электрическое поле атмосферы

В.В.Чукин, О.А.Аврамова, Л.В.Гонак

Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург

Результаты численного моделирования параметров электрического поля показывают, что при слабом турбулентном перемешивании у поверхности Земли существует максимум положительного объемного заряда, а выше уровня максимума вертикального распределения коэффициента турбулентности появляется слой с отрицательным объемным зарядом. В дневное время, при увеличении турбулентного обмена, максимум положительного объемного заряда смещается вверх, а слой отрицательного объемного заряда исчезает и наблюдается экспоненциальное уменьшение объемного заряда с высотой.

Аналогичная картина наблюдается при анализе результатов моделирования параметров электрического поля при наличии аэрозолей. Так, ниже слоя с максимальной концентрацией частиц аэрозоля происходит формирование слоя с отрицательным объемным зарядом, а выше — с положительным объемным зарядом.

Поскольку атмосферные ионы двигаются в электрическом поле Земли, создавая электрический ток проводимости, то изменения вертикального распределения объемного заряда сопровождаются изменениями плотности электрического тока. Наличие суточного хода интенсивности атмосферной турбулентности приводит к появлению суточного хода плотности тока проводимости.

Динамические размерности турбулентных аэроэлектрических пульсаций

Н.М.Шихова, С.В.Анисимов

Геофизическая обсерватория «Борок» ИФЗ РАН, Борок

По данным натурных измерений аэроэлектрического (E_z) и метеорологических полей (температура, относительная влажность воздуха, скорость ветра) исследованы внутрисуточные вариации динамических показателей наблюдаемых пульсаций. Анализ состояния приземной атмосферы проводился с использованием комплекса показателей динамических размерностей.

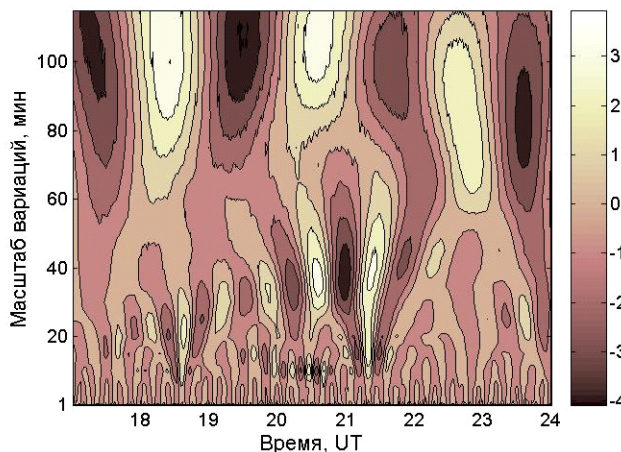


Рис. 1. Вейвлет-спектр E_z по данным обс. Борок 13 августа 2007 г.

В качестве динамических характеристик были выбраны: показатель структурной функции α ; показатель Херста H , как показатель самоподобия или меры степени турбулентности аэроэлектрических пульсаций; показатель наклона спектра β турбулентных аэроэлектрических пульсаций. Из фрактальных размерностей вычислялись регуляризационная размерность (Rd) — показатель, характеризующий степенное поведение напряженности поля, и корреляционная размерность (Cd). Показано: 1) временным интервалам, в которых $0.6 < \alpha < 1$ и $2 < \beta < 3$, соответствует полимодальность периодов короткопериодных пульсаций аэроэлектрического поля (рис. 1), сопровождаемая наличием аэроэлектрических структур; 2) значения показателей Rd и Cd вариаций электрического поля принадлежат интервалу (2–3); 3) в метеорологических полях значения показателей β , Rd , Cd соответствуют значениям показателей самоподобия для слабой турбулентности, причём степенной закон спада спектра распространяется на широкий диапазон частот.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 06-05-65066)

Влияние пространственно-временной динамики молниевго канала на инициацию спрайтов

С.А.Яшунин, Е.А.Мареев

Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород

Как показывают последние наблюдения, спрайты довольно часто наблюдаются в условия зимних гроз. Характерной особенностью зимних гроз является сильно анизотропное распределение электрического заряда, переносимого молниевой вспышкой, с горизонтальной протяженностью до 30 км. Для адекватного описания таких вспышек двумерные численные модели не подходят.

В данной работе представлена трёхмерная численная электродинамическая модель, позволяющая рассчитывать квазистатическое электрическое поле молниевых вспышек с учётом проводимости атмосферы. Рассматриваются молниевые вспышки различной геометрии.

Установлено, что некоторые пространственно-временные особенности спрайтов могут быть объяснены геометрией и динамикой молниевой вспышки. В частности, в условиях зимних гроз удаление спрайтов от оси канала молниевой вспышки может определяться геометрией молниевой вспышки.

**Моделирование фотохимических,
радиационных и динамических
процессов в атмосфере.**

Влияние низкоуровневых струйных течений на ближний перенос атмосферных примесей

М.А.Каллистратова, Р.Д.Кузнецов, Д.Д.Кузнецов

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

В ночное время часто наблюдается острый максимум в профиле скорости ветра в слое от 50 м до 400 м над подстилающей поверхностью. Горизонтальная протяженность таких струйных течений достигает десятков километров, а скорость ветра в максимуме может превышать скорость геострофического ветра. В нижней части низкоуровневого струйного течения (НСТ) происходит сильный сдвиг ветра, который приводит к значительной турбулизированности всего инверсионного слоя, несмотря на его устойчивую термическую стратификацию. Примечательно, что такие течения наблюдаются даже над однородной равнинной местностью, вне связи с какими-либо стоковыми или фронтальными процессами. В качестве причины образования НСТ в середине прошлого века был предложен механизм резкого уменьшения турбулентной вязкости потока при смене неустойчивой термической стратификации атмосферного пограничного слоя (АПС) на устойчивую [1].

НСТ оказывают большое влияние на тепло-массо-обмен в АПС. Высота максимума струи обычно расположена около верхней границы приземной радиационной инверсии или приподнятой инверсии, т. е. вблизи «запирающих слоев», в которых накапливаются загрязняющие примеси. Поэтому время ближнего переноса загрязнений в АПС в ночное время определяется именно скоростью струи, а не геострофическим ветром. Из-за низкого расположения и небольшой вертикальной протяженности (50–150 м) НСТ не регистрируются при стандартном аэрологическом зондировании, и для их изучения требуется проведение специальных измерений. Поэтому интенсивное изучение НСТ началось с развитием дистанционных методов измерения скорости ветра в АПС [2-5], хотя само явление наблюдалось еще Ричардсоном [6].

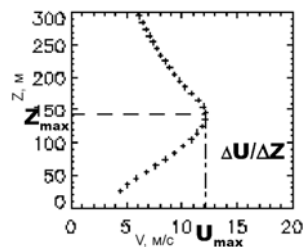
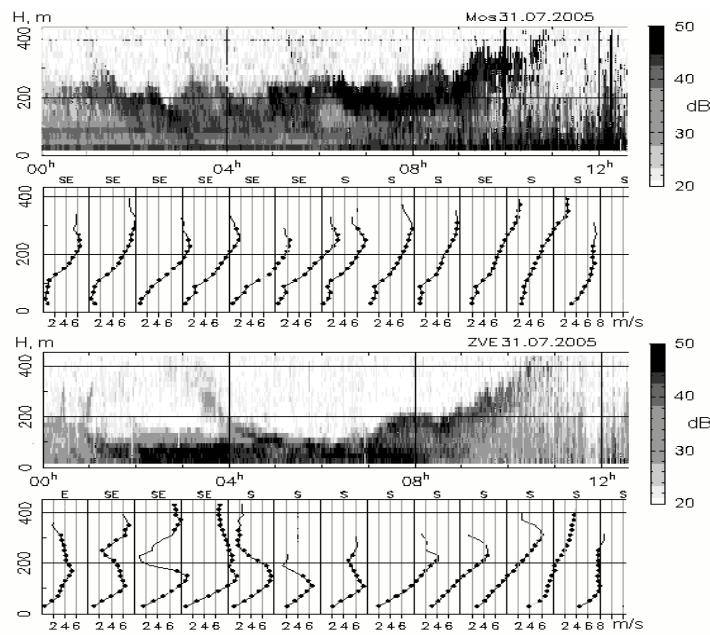


Схема НСТ и его параметры.

В докладе изложены результаты содарных исследований НСТ в Цимлянске, Москве и Московской области. Представлена статистика повторяемости НСТ, распределения высоты максимума струи и скорости ветра в максимуме. Показана связь времени возникновения струи и ее параметров с характеристиками приземного слоя атмосферы (величиной суточных изменений потока тепла, турбулентной вязкости, кинетической энергии), а также с погодными условиями (средней скоростью ветра, облачностью, амплитудой суточного хода температуры). Сделаны оценки времени ближнего переноса примесей при наличии НСТ. Особое внимание уделено различию в частоте появления и в параметрах струйных течений в Москве и в сельской местности.



Эхограммы и профили скорости ветра по синхронным содарным измерениям в центре Москвы (вверху) и в сельской местности в 50-ти км от Москвы (внизу).

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 07-05-00521.

Литература

1. Фесенков В.Г. О строении атмосферы (фотометрический анализ сумерек) // Труды Главной российской астрофизической обсерватории. 1923. **2**. С.7
2. Розенберг Г.В. Сумерки. Москва, Изд-во физ.-мат. лит-ры. 1963
1. Blackadar A.K. Boundary layer wind maxima and their significance for the growth of nocturnal inversions // Bull. Amer. Meteor. Soc. 1957. **38**. P. 283-290.
2. Каллистратова М.А., Кедров И., Петенко И.В., Тиме Н.С. Опыт измерения профилей средней скорости ветра в нижней тропосфере содарным анемометром в инверсионных и конвективных условиях // Известия АН СССР, ФАО. 1985. **21**, № 5. С. 492-497.
3. Coulter R.L., Kallistratova M.A. The role of acoustic sounding in a high-technology era. Meteorol. Atmos. Phys. 1999. **71**. P.3-13.
4. Banta R.M., Newsom R.K., Lundquist J.K., Pichugina Y.L., Coulter R.L., Mahrt L. Nocturnal low-level jet characteristics over Kansas during CASES-99 // B.- Layer Met. 2002. **105**. P.221-252.
5. Banta R.M., Mahrt L., Vickers D., Sun J., Balsley B.B., Pichugina Y.L., Williams E.J. The very stable boundary layer on nights with weak low-level jets // J.Atm.Sci. 2007. **64**. № 9. P.3068-3090.
6. Richardson L.F. Wind above the night-calm at Benson at 7 a.m. // Q.J.RMS. 1923. **49**. P.34-38.

Динамика стратифицированных воздушных потоков над горами

К.Б.Моисеенко

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

Изучение локальных явлений, возникающих при прохождении крупномасштабного потока над горами, представляет большой практический и теоретический интерес. Корректный учет особенностей мезомасштабной структуры полей метеорологических элементов в районах со сложной орографией необходим для локального прогноза полей ветра, облачности и осадков, опасных погодных явлений, а также при анализе и интерпретации различных данных наблюдений и модельных расчётов. Благодаря наличию восстанавливающей силы, взаимодействие потока с неровностями земли приводит к генерации волновых возмущений, способных распространяться на значительное расстояние от породившего их источника. Установлено, что поле орографических возмущений в свободной атмосфере в значительной мере формируется под влиянием эффектов, ведущих к перераспределению волновой энергии между слоями воздуха с различными значениями фоновой скорости и/или статической устойчивости [1,2]. Влияние особенностей формы рельефа и вертикальной неоднородности потока на процесс обтекания исследовалось в большом количестве работ, прежде всего, в рамках аналитических моделей с использованием стандартных предположений о двумерности и квазистационарности течения. Использование данных упрощений, оправданных при исследованиях явлений в свободной атмосфере, позволяет рассмотреть проблему в рамках классической задачи гидродинамики об обтекании препятствия неоднородным потоком с привлечением хорошо разработанных математических подходов к её решению. В докладе излагается история вопроса, рассмотрены примеры реальных атмосферных ситуаций с привлечением обширных данных наблюдений орографических волн над Скалистыми горами, Уралом, Крымскими горами и в других географических районах. Кратко рассмотрены математические методы, используемые при решении задачи в рамках аналитического и численного подхода, а также основные проблемы, возникающие при построении подобных моделей. Проводится аналогия между свойствами воздушных потоков в реальной атмосфере и течениями в каналах, исследовавшимися в лабораторных экспериментах Лонга [3] и Дэвиса [4].

Литература

1. *Кибель И.А.* Введение в гидродинамические методы краткосрочного прогноза погоды. Гостехтеоретиздат, М., 1957
2. *Eliassen A., Palm E.* On the transfer of energy in stationary mountain waves. *Geophys. Pub.* v.22, No. 3, pp. 1-23, 1961
3. *Long, R.R.* Some aspects of the flow of stratified fluids. III. Continuous density gradients, *Tellus*, v. 7, pp. 341-357, 1955
4. *Davis R.E.* The two-dimensional flow of a stratified fluid over an obstacle. *J. Fluid. Mech.*, V.30, part 1, pp. 127-143, 1969

От турбулентных вихрей до циклонов: гидродинамическая неустойчивость в атмосфере

Н.П.Шакина

Гидрометеорологический научно-исследовательский центр России, Москва

Дается обзор проявлений гидродинамической неустойчивости в атмосфере как основного механизма волно- и вихреобразования в широком диапазоне масштабов. В результате гидродинамической неустойчивости в атмосфере развиваются такие явления, как турбулентность, внутренние гравитационные волны, волны Кельвина-Гельмгольца, конвективные облака и «облачные улицы» на разных высотах в тропосфере, тропические циклоны, а также циклоны и антициклоны умеренных широт и планетарные волны. Закономерности возникновения вихревых и волновых движений в результате гидродинамической неустойчивости определяются соотношением сил инерции и плавучести, силы Кориолиса и горизонтальной неоднородности температуры и ветра в атмосфере.

Аридный аэрозоль

Г.И.Горчаков

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

Минеральный аэрозоль заметно влияет на радиационный режим атмосферы и климат. Значительная часть минерального аэрозоля поступает в атмосферу с опустыненных территорий. Согласно современным представлениям на опустыненных территориях аэрозоль генерируется на подстилающей поверхности под воздействием ветропесчаного потока. Процессы, происходящие в ветропесчаном потоке, до сих пор недостаточно изучены. Важную роль в генерации аэрозоля может играть аномально высокая электризация ветропесчаного потока или слоя сальтации.

Современные глобальные модели дают возможность предсказать распределение минерального аэрозоля в земной атмосфере, если известны закономерности генерации аэрозоля на подстилающей поверхности. Для того чтобы оценить скорость выноса аэрозоля с подстилающей поверхности необходимо изучать не только микроструктуру аридного аэрозоля, но и флуктуации микроструктуры аэрозоля [1]. Скорость выноса аэрозоля можно определить, измеряя вертикальные турбулентные потоки для различных фракций аэрозоля [2].

Вертикальный поток аэрозоля в настоящее время принято оценивать по величине потока сальтации. Однако о вариациях параметров сальтации до сих пор известно очень мало. Сейчас появились приборы, с помощью которых можно найти распределение сальтирующих песчинок по размерам и высоте.

Параметры сальтации в первую очередь определяются скоростью ветра и режимом турбулентности. Особый интерес представляет исследование влияния вихрей и когерентных вихревых структур на процесс сальтации [3].

В ветропесчаном потоке зарегистрированы аномально большие значения напряженности электрического поля и электрических зарядов песчинок [4]. Электрические токи сальтации на несколько порядков превышают электрический ток «хорошей погоды» [5]. Показано, что в ветропесчаном потоке формируется стохастический двойной электрический слой.

Слой сальтации меняет характер взаимодействия атмосферы с подстилающей поверхностью на опустыненных территориях. Он трансформирует потоки тепла, количества движения и турбулентной кинетической энергии.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 07-05-01080а) и Программы ОНЗ РАН «Геофизика межгеосферных взаимодействий».

Литература

1. *Горчаков Г.И., Шукуров К.А.* Флуктуации концентрации субмикронного аэро-

- золя в конвективных условиях. // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2003. Т.39, №1, С.85-97.
2. *Gorchakov G. I., Koprov B. M., Shurikov K.A.* Vertical Turbulent Aerosol Fluxes over Desertized Areas. // *Izvestia, Atmospheric and Oceanic Physics*. 2002 V.38. Suppl.1. P.S138-S147.
 3. *Горчаков Г.И., Копров Б. М., Шукуров К.А.* Вихревой вынос аридного субмикронного аэрозоля. // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2003. Т. 39, №5. С. 596-608
 4. *Schmidt D.S., Schmidt R.A., Dent J.D.* Electrostatic force on saltating sand. // *J. Geophys. Res.* 1998. V. 103, №D8. P. 8997-9001.
 5. *Горчаков Г.И., Ермаков В.И., Копейкин В.М., Исаков А.А., Карпов А.В., Ульяновко А.В.* Электрические токи сальтации в ветропесчаном потоке // Доклады АН. 2006. Т. 410. № 2. С.259-262.

Термодинамика атмосферного аэрозоля

А.Н.Ермаков

Институт энергетических проблем химической физики РАН, Москва

Одна из ключевых задач мониторинга атмосферы связана с регистрацией в воздухе аэрозолей. При этом нередки случаи, когда их ионный состав включает $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}/\text{H}_2\text{O}$. Предшественниками таких аэрозолей служат эмитируемые в атмосферу газообразные SO_2 и NO_x естественного и антропогенного происхождения. Их фотохимическое окисление в атмосферном воздухе ведет к появлению паров серной и азотной кислот H_2SO_4 , HNO_3 . В присутствии газообразного аммиака (почвенная эмиссия, антропогенные источники) термодинамически благоприятным оказывается спонтанный переход этих газообразных веществ в конденсированное состояние. При этом в зависимости от температуры и относительной влажности возможно существование аэрозоля как в форме кристаллических частиц, так и в форме жидких капель. Детально условия возникновения аэрозольных частиц в атмосфере ($\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}/\text{H}_2\text{O}$) и влияние температуры и относительной влажности можно анализировать, используя методы химической термодинамики. Подробному изложению этого подхода и его использованию в анализе данных натуральных экспериментов посвящена настоящая работа.

Байесова стратегия оценки точности характеристик, извлекаемых из экспериментальных данных с помощью базовых динамических моделей

М.Ю.Куликов, Д.Н.Мухин, А.М.Фейгин

Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород

Одной из характерных особенностей современных исследований различных процессов является многократный (и все более ускоряющийся) рост объема накапливаемой информации в условиях весьма ограниченного числа регистрируемых характеристик. Такая ситуация типична, например, при исследовании атмосферных процессов, когда сколько-нибудь исчерпывающие исследования являются целью специальных (чаще всего краткосрочных) кампаний и экспедиций; именно результаты, полученные в ходе таких кампаний, позволяют выявить причины явления и прогнозировать его будущую эволюцию. Объектом же регулярных измерений (как наземных, так и спутниковых) являются, в силу многих причин, лишь небольшое число характеристик изучаемой системы. Как правило, получаемая в результате информация недостаточна для выяснения механизмов, ответственных за эволюцию системы и, тем самым, может приводить к ошибочным выводам в отношении будущего поведения системы.

Хорошо известный способ увеличить информативность экспериментальных данных — использование моделей «из первых принципов» (например, систем дифференциальных уравнений), адекватно описывающих, по мнению исследователя, изучаемую систему. Во многих случаях, однако, такие «адекватные» модели чрезвычайно сложны (имеют высокий порядок по времени и включают пространственно-распределенные процессы), так что объем данных (начальных и граничных условий), необходимых для отыскания (с помощью моделей) не измеряемых непосредственно переменных и параметров, существенно превышает возможности современного эксперимента.

Естественный выход из данной ситуации — упрощение слишком сложных, в указанном смысле, моделей. Метод корректного (без «потери адекватности») упрощения широкого класса моделей (на примере «полных» моделей атмосферных фотохимических систем) был предложен около десяти лет назад [1,2]. Недавно стало ясно [3], что «врожденные» особенности БДМ (минимально необходимый для описания изучаемого явления порядок по времени, наиболее простой (при этом адекватный) учет пространственно-нелокальных связей и, наконец, выделение в явном виде максимально возможного числа локальных во времени и пространстве соотношений между независимыми переменными полной модели), делают БДМ эффективным инструментом для извлечения дополнительной информации из экспериментальных данных.

Еще одна проблема, возникающая при обработке экспериментальных данных (в том числе — с помощью теоретических моделей) — оценка точности восстанов-

ливаемых характеристик. Нелинейность и нелокальность изучаемых систем и процедур восстановления означают возможность сильного отклика системы на малые изменения начальных условий и параметров, что делает прямой пересчет известной ошибки измерений в погрешности восстанавливаемых характеристик бессмысленным. Известный способ преодолеть данную проблему — построение статистического ансамбля параметров используемой модели; характеристики этого ансамбля должны соответствовать характеристикам погрешностей используемых данных. Один из наиболее последовательных подходов к построению такого ансамбля основан на теоремах Байеса [4] и включает отыскание многомерной функции распределения переменных и параметров модели [5,6]. К сожалению, численное построение такой функции и ее использование даже для сравнительно простых систем оказывается весьма ресурсоемким. В случае же использования полных моделей более сложных (например, большинства атмосферных) систем реализация байесова подхода для оценки точности получаемой информации становится практически невозможной. Таким образом, применение для обработки экспериментальных данных гораздо более простых базовых динамических моделей позволяет рассчитывать не только на получение максимально возможной дополнительной информации, но и на корректную оценку точности получаемых данных.

В лекции обсуждается байесова оценка точности характеристик, извлекаемых из экспериментальных данных с помощью базовых динамических моделей. Кратко излагаются необходимые сведения о методе построения базовых динамических моделей атмосферных фотохимических систем и принципах байесовой стратегии оценки статистических гипотез. Подробно рассматривается пример восстановления вертикального распределения концентрации водяного пара в мезосфере по измерениям профилей озона и гидроксила и отыскания доверительных интервалов, характеризующих точность восстановления на различных высотах.

Литература

1. *Feigin A.M., Kononov I.B., Molkov Y.I.* Toward an understanding of the nonlinear nature of atmospheric photochemistry: Essential dynamic model of the mesospheric photochemical system. *J. Geophys. Res.* 103. 25447–25460. 1998
2. *Фейгин А.М.* Нелинейно-динамические модели атмосферных фотохимических систем: методы построения и анализа. *Изв. РАН: Физика атмосферы и океана.* 38. 581–628. 2002
3. *Куликов М.Ю., Фейгин А.М., Зоннеманн Г.Р.* Восстановление вертикальных распределений концентраций химических компонент мезосферы по результатам одновременных измерений распределений озона и гидроксила // *Известия ВУЗов: Радиофизика.* 49. № 9. 760–769. 2006
4. *Корн Г., Корн Т.* Справочник по математике. М.: Наука. С.484. 1970
5. *Козлов В.П., Турчин В.Ф., Малкевич М.С.* Использование методов математической статистики для решения некорректных задач. *УФН.* Т.102. 345-386. 1970
6. *Tarantola A.* Inverse problem theory: methods for data fitting and model parameter estimation. Elsevier, Amsterdam, 1987

Гетерогенные процессы радикалов в верхней тропосфере и нижней стратосфере

И.И.Морозов, Е.С.Васильев

Институт химической физики им. Н.Н.Семенова РАН, Москва

Математические модели изменения климата Земли включают в себя блок химии, состоящий из нескольких тысяч гомогенных и гетерогенных реакций. Среди этих процессов только несколько сот являются ключевыми и определяют состав атмосферы. К таким процессам относятся гетерогенные реакции оксидов галогенов на поверхностях морских аэрозолей присутствующих в значительных концентрациях в верхней тропосфере и нижней стратосфере. Было обнаружено явление потери озона в верхней тропосфере в весенний период над Арктической областью. Изменение общего содержания озона было не столь значительно, как в Антарктике, и составляет около 20%, но при этом наблюдалась чрезвычайно динамичное падение концентрации в течение нескольких дней или даже нескольких часов. При наблюдениях со спутников была зарегистрирована высокая концентрация радикала ClO в этой области. Спектроскопия поглощения показала возрастание концентрации монооксидов хлора и брома BrO для областей воздушных масс, в которых наблюдается дефицит озона. Чрезвычайно высокую скорость разрушения озона объясняют гипотезой автокаталитического восстановления молекулярного брома и хлора из соединений типа HOCl и NOBr на поверхностях тропосферных аэрозолей, в состав которых входят компоненты воды, морской соли и кислот. При этом остается открытым вопрос: откуда первоначально поступает фотохимически активный бром. Наряду с антропогенными источниками брома имеются и природные источники. Поэтому исследования взаимодействия радикалов BrO и ClO с поверхностью конденсированной фазы, в состав которой входят компоненты морской соли, важны. До сих пор в расчетах химического блока атмосферы коэффициенты захвата радикалов поверхностью аэрозолей считались не зависящими от концентрации озона. Применяя современные методики и моделируя условия верхней тропосферы, было впервые установлено, что эти коэффициенты существенно зависят от концентрации озона и, следовательно, изменяются с высотой над уровнем моря и практически не зависят от температуры.

Поддержано грантами: (РФФИ: 06-05-64646-а, 06-03-32836-а) и (NATO ESP.EAP.CLG 983035).

Химия нижней атмосферы

И.К.Ларин

Институт энергетических проблем химической физики РАН, Москва

Основные химических и фотохимические процессы в газовой и конденсированной средах (твердые и жидкие аэрозольные частицы, облачные капли), определяющие химический состав воздуха в нижней атмосфере в урбанизированной и фоновых районах при различных метеорологических условиях (температура, относительная влажность, освещённость). Механизм цепного окисления CH_4 и CO как основной источник озона в нижней атмосфере (длина цепи, её высотный профиль, роль NO). Кинетика изменения малых составляющих воздуха в ночных условиях и при различных уровнях освещённости днём. Влияние температуры на концентрацию окислов азота, озона, формальдегида и некоторых других малых компонент. Влияние газофазных двуокиси серы и аммиака на течение жидкофазных процессов с участием аэрозолей и облачных капель, приводящее к изменению состава малых компонент в воздухе (механизм самоочищения щелочных и кислотных компонент). Механизм влияния фонового ионизирующего излучения на состав нейтральных химически активных компонент воздуха. Некоторые рекомендации по поводу мониторинга состава воздуха в урбанизированных и фоновых районах.

Теплообмен на антарктических станциях Беллинсгаузен и Новолазаревская в летний сезон

А.Ю.Артамонов

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

Проведен сравнительный анализ потоков тепла и импульса полученных по натурным данным с использованием акустического термоанемометра методом турбулентных пульсаций в сезон 2006–2007 гг. на антарктических полярных станциях Беллинсгаузен и Новолазаревская.

Полученные результаты показывают, что на ст. Беллинсгаузен потоки тепла в летний период обычно в 2 раза больше чем на ст. Новолазаревская. Это связано, прежде всего, с региональными и климатическими особенностями этих регионов.

В работе показана необходимость усовершенствования существующих параметризаций теплообмена в полярных областях, т.к. потоки, получаемые с помощью классических методов, занижают реальные значения в несколько раз.

Экспериментальное исследование сальтации на опустыненной территории

Г.И.Горчаков¹, А.А.Титов², Д.В.Бунтов²

¹ Институт физики атмосферы им. А.М.Обухова РАН, Москва

² Московский государственный университет
приборостроения и информатизации, Москва

При воздействии ветра на подстилающую поверхность на опустыненных территориях в приповерхностном слое атмосферы развивается процесс сальтации [1]. Для построения моделей сальтации и генерации аэрозоля на подстилающей поверхности необходимо знать распределение сальтирующих песчинок по размерам.

Измерения функции распределения сальтирующих песчинок было выполнено в августе 2007 г. в Астраханской обл. (заказник «Пески Берли») в нижнем или основном слое сальтации [1] на высоте 6 см над уровнем подстилающей поверхности с помощью специально разработанного фотоэлектрического счетчика сальтирующих песчинок.

Проанализированы вариации функции распределения, которые сопоставлены с вариациями скорости ветра на высоте 2 м.

Выполнены измерения дифференциального «твердого расхода» [1] сальтирующих песчинок в диапазоне высотой от 3 до 30 см. Преложена аппроксимация вертикального профиля дифференциального твердого расхода.

Микроскопический анализ проб сальтирующих песчинок позволил выявить характер зависимости функции распределения сальтирующих песчинок от высоты.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты 07-05-01080а и 07-05-10080к) и Программы отделения наук о Земле РАН «Геофизика межгеосферных взаимодействий».

Литература

1. Бютнер Э.К. Динамика приповерхностного слоя воздуха. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 158с.

Анализ достоверности легендарных отклонений в годовом ходе метеорологических величин

Е.Л.Василенко, М.А.Локощенко

Географический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва

Задачей нашего исследования явилась проверка статистической достоверности на примере Москвы широко известных в обиходе «легендарных» особенностей годового хода метеорологических величин, связанных с календарными датами. К их числу мы отнесли так называемые «рождественские», «крещенские» и «афанасьевские» морозы, возвраты холодов в мае и «бабье лето» в начале осени. Основой работы послужила электронная база данных измерений в Метеорологической обсерватории МГУ за период 1966–2005 гг. Для проверки достоверности этих явлений были рассчитаны ряды средних за 40 лет значений основных метеорологических величин в МГУ, а также их стандартных отклонений и доверительной вероятности 0,95 за каждый отдельный день календарного года.

Как известно, во второй половине сентября и в начале октября в средних широтах возможно установление устойчивой антициклональной погоды — так называемого «бабьего лета». Однако степень регулярности этого явления зачастую преувеличивается в массовом сознании, и «бабье лето» считается чуть ли не обязательным элементом погодных условий в годовом ходе, приуроченным к конкретным датам. Наиболее ярко антициклональные условия должны проявляться в ходе атмосферного давления P , в количестве осадков R и в суточной амплитуде температуры воздуха A . Как видно из рис. 1, значения A с начала второго полугодия и до середины ноября монотонно уменьшаются. Приведённый степенной тренд 6-й степени (жирная линия) способен отразить пять изменений в знаке текущей тенденции. Тем не менее, в августе, сентябре и октябре он демонстрирует почти линейный участок плавного уменьшения этого показателя. Аналогичный тренд атмосферного давления отражает устойчивое монотонное повышение P в течение этих месяцев. Локальных максимумов, которые могли бы свидетельствовать о регулярности «бабьего лета», не наблюдается ни на одном из двух трендов, так же как нет и локального минимума в тренде значений R (здесь не приведён). С другой стороны, построенные за каждый день доверительные интервалы с уровнем значимости 5 %, ни разу за эти три месяца не вышли за пределы обоих трендов на рис. 1. Иначе говоря, среднее значение как A , так и P ни в один из календарных дней не показывает статистически значимого отклонения от общей тенденции в сторону больших значений. Таким образом, так наз. «бабье лето» в Москве не является регулярным погодным явлением и не локализовано в годовом ходе.

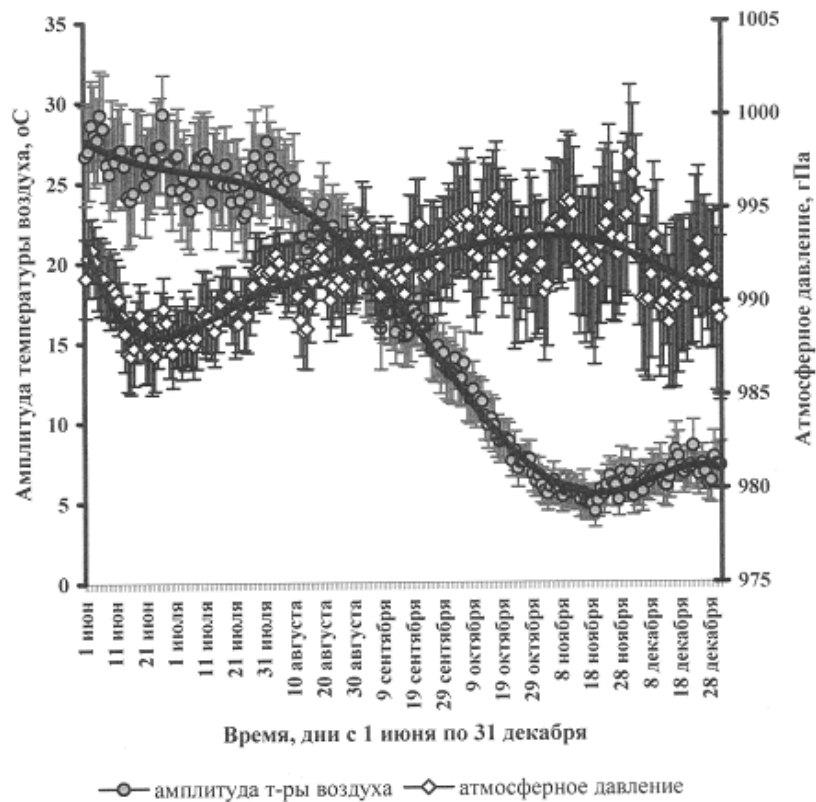


Рис.1. Полугодовой ход суточной амплитуды температуры воздуха (серые кружки) и атмосферного давления (белые ромбы) за каждый отдельный день в Москве (МГУ), 1966–2005 гг.

Аналогично при рассмотрении средней за 40 лет температуры воздуха T ото дня ко дню в конце мая не выявлено достоверного локального минимума, связанного с пресловутыми «черёмуховыми» холодами. Что касается «рождественских», «крещенских» и «афанасьевских» морозов в январе — начале февраля, то данные дни, действительно, соответствуют локальным минимумам в ходе T , однако, статистически не значимым с учётом доверительной вероятности 0,95.

Помимо этого, показана несостоятельность так называемых календарных примет погоды (прогнозов на сезон по условиям отдельного дня), не имеющих научной основы. Рассмотрено 15 подобных «примет», и их оправдываемость в среднем за 40 лет в Москве составила около 50% или даже менее.

**Исследование переноса воздушных масс
и анализ пыльных бурь в условиях
резко-континентального климата Монголии**

А.Л.Дементьева, Г.С.Жамсуева, А.С.Заяханов, В.В.Цыдыпов
Бурятский научный центр СО РАН, Улан-Удэ

В работе анализируются ежедневные фондовые данные погодных явлений за 5 лет (2003–2007 гг.) аридной территории ст. Сайншанд для анализа условий пыльных бурь. Получено годовое изменение количества пыльных дней за 2003–2007 гг. Установлено, что количество и продолжительность пыльных дней увеличивается с каждым годом. Отмечено, что наибольшая повторяемость пыльных бурь наблюдается в дневные и вечерние часы.

Также представлены результаты получасовых записей средних скоростей ветра, температуры, влажности воздуха во время пыльных бурь, полученные в ходе комплексной научной экспедиции в Баруун-Урт (полуаридная территория) в июле 2006 г. Приведены результаты расчета прямых и обратных траекторий движения воздушных масс в пограничном слое с помощью траекторной модели реанализа NCEP/NCAR HYSPLIT (<http://www.arl.noaa.gov/ready/hysplit4.html>).

Установлено, что в данном районе преобладает северо-восточный, восточный и юго-восточный вынос воздушных масс и северо-западный, западный, юго-западный и южный занос воздушных масс. В целом ветровой режим в пустыне Гоби повторяет направление общего переноса, характерное для свободной атмосферы, но следует отметить, что в летний период, наблюдается местная циркуляция.

Представлены высотные профили скорости ветра, которые характеризуют струйные течения над ст. Сайншанд.

Работа выполнена при поддержке комплексных интеграционных проектов СО РАН № 3.14, 3.23 и № 11.2.

Дистанционная акустическая диагностика температурных пульсаций атмосферы

А.П.Камардин

Институт оптики атмосферы СО РАН, Томск

Известно, что формирование аэроэлектрических полей в пограничном слое атмосферы связано, в том числе, с интенсивностью турбулентных пульсаций температуры. Такие пульсации достаточно быстро и надежно регистрируются с помощью акустических метеорологических локаторов — содаров.

В докладе представлены результаты оценок структурной постоянной температуры C_T^2 (связанной с дисперсией температуры) на основе дистанционного акустического зондирования пограничного слоя атмосферы. Прослежен высотно-временной ход C_T^2 при различных типах стратификации нижнего слоя атмосферы. Рассмотрены условия, необходимые для корректного восстановления профилей C_T^2 . Обсуждается возможность применения в содаре калибрующих устройств, обеспечивающих непрерывный контроль амплитуды давления в звуковой волне, излучаемой антеннами содара.

Наземное микроволновое зондирование высотного профиля температуры стратосферы

*Д.А.Караштин, Д.Н.Мухин, Н.К.Скалыга, Л.И.Федосеев, А.М.Фейгин,
А.А.Швецов*

Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород

Доказана возможность восстановления высотного профиля температуры атмосферы в стратосфере и нижней мезосфере по спектру яркостной температуры атмосферы в пределах миллиметровых линий поглощения молекулярного кислорода и показано, что восстановление его в тропосфере и верхней мезосфере принципиально невозможно. Сформулированы требования к характеристикам прибора для измерения яркостной температуры атмосферы. Приведены результаты тестирования байесового подхода к решению некорректной обратной задачи восстановления высотного профиля температуры на модельном примере, оценены его погрешности.

Исследованы технические характеристики двух супергетеродинных радиометров для измерения яркостной температуры атмосферы в миллиметровом диапазоне длин волн. Измерены их шумовые температуры и чувствительности, а также чувствительность и шумовая температура спектрорадиометров для всех частотных каналов. Показано, что данные чувствительности обеспечивают необходимую погрешность измерений.

Рассмотрен способ калибровки прибора с применением модулятора-калибратора, поставленного на вход радиометра, потери и эффективная шумовая температура которого зависят от тока смещения, подаваемого на него, что позволяет проводить калибровку без вращения части антенной системы, необходимого для калибровки по “внешним” черным телам, имеющим заданную температуру.

Обсуждаются экспериментальные результаты пробного эксперимента по регистрации исследуемой теллурической линии, демонстрирующие работу спектрорадиометра в реальных условиях. Проведено сравнение результата с теоретическими расчетами спектра яркостной температуры и показано соответствие рассчитанных данных экспериментальным с точностью ошибок измерения.

По результатам пробной регистрации спектра яркостной температуры атмосферы проведено восстановление высотного профиля температуры стратосферы согласно байесову подходу к решению некорректной обратной задачи восстановления, оценены погрешности.

Анализ данных синхронных измерений турбулентных пульсаций скорости ветра и флуктуаций концентраций субмикронного и грубодисперсного аэрозоля на опустыненной территории

А.В.Карпов

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

В августе 2007 г. в Харабалинском районе Астраханской обл. (государственный заказник «Пески Берли») были выполнены синхронные измерения турбулентных пульсаций компонент скорости ветра с помощью акустических метеостанций Метео-2М и Metek и флуктуаций счетных концентраций аэрозоля в диапазоне размеров от 0.15 до 5 мкм с помощью лазерного спектрометра ЛАС-П и оптико-электронного счетчика частиц ОЭАС-05.

Проанализированы флуктуации дифференциальных счетных концентраций частиц аэрозоля. Выделены две компоненты приземного аэрозоля [1]: фоновая и поступающая в атмосферу с подстилающей поверхности при воздействии ветропесчаного потока. Предложена аппроксимация микроструктуры фонового и генерируемого на подстилающей поверхности аэрозоля.

Проанализированы также турбулентные пульсации модуля горизонтальной составляющей скорости ветра.

Выполнено сопоставление вариаций скорости ветра с флуктуациями счетных концентраций аэрозоля. Оценена пороговая скорость генерации аэрозоля на подстилающей поверхности.

По данным измерений турбулентных пульсаций компонент скорости ветра и температуры воздуха рассчитаны основные параметры турбулентности.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты 07-05-01080а и 07-05-10080к) и Программы ОНЗ РАН «Геофизика межгеосферных взаимодействий».

Литература

1. *Gorchakov G.I., Koprov B.M., Shukurov K.A.* Vertical Turbulent Aerosol Fluxes over Desertized Areas // *Izvestia, Atmospheric and Oceanic Physics*. 2002. V.38. Suppl.1. P.S138-S147.
2. *Розенберг Г.В.* Сумерки. Москва, Изд-во физ.-мат. лит-ры. 1963

Структура и динамика распределений температуры воздуха в Москве

Д.В.Кирип, М.А.Локощепко

Географический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва

Исследованы закономерности статистических распределений ежечасных значений температуры воздуха T для условий Москвы по данным записей термографа в Метеорологической обсерватории МГУ с 1954 года по настоящее время. Показано, что в подавляющем большинстве случаев распределение T в целом за год является бимодальным, что отражает устойчивый характер термических условий зимой и летом. Чаще всего температура воздуха отмечается в интервалах от -5 до $+5$ °С в холодное время года и от $+10$ до $+20$ °С — преимущественно летом. В переходные сезоны, напротив, изменение температуры происходит сравнительно быстро, что выражается в локальном минимуме значений от $+5$ до $+10$ °С в интервале между обеими модами. Примечательно, что среднегодовое значение температуры воздуха в Москве, как правило, соответствует именно этому межмодальному интервалу.

Обычно «зимняя» мода, связанная с меньшими значениями, является основной и локализованной в более узком интервале; вторая же «летняя» мода характеризует, как правило, дополнительный максимум на гистограмме. Однако в отдельные годы соотношение значений бывает и обратным (пример — на рис.1). Основным отличием распределений T на заре существования Метеорологической обсерватории МГУ в 1950-х гг. от современного их вида являлось наличие протяжённого «левого» крыла в распределении, связанного с очень низкими значениями T зимой: в интервалах от -25 °С и менее. В последние годы эти интервалы практически не представлены реальными значениями; исключение составил 2006 год с необычно холодной зимой (рис.1). В этот год, как и полвека назад, общий вид гистограммы показывает чётко выраженную отрицательную асимметрию распределения. Именно за счёт времени с сильными морозами распределение T зимой оказалось в 2006 году расширенным в сторону очень низких значений, и величина «зимней» моды — меньше «летней».

В отдельные годы общий вид распределения оказывается более сглаженным и характеризуется наличием лишь одной протяжённой моды в широком диапазоне значений. Это связано с особенностями погодных условий в переходные сезоны года, приводящими к раннему наступлению и затяжному характеру весны или осени. Как следствие, период с промежуточными значениями T от $+5$ до $+10$ °С оказывается в годовом ходе необычно долгим, и межмодальный минимум в этих случаях сходит на нет.

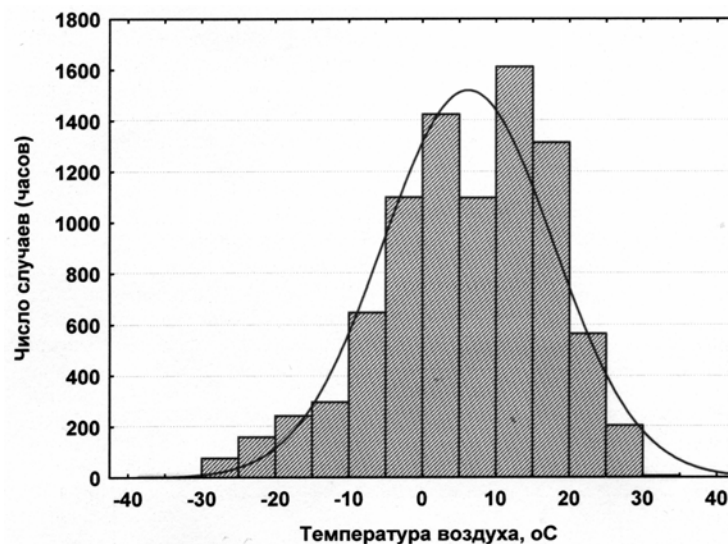


Рис.1 Гистограмма распределения температуры воздуха в МГУ за 2006 год; размер выборки — 8760 часовых значений. Для сравнения приведена кривая, соответствующая нормальному закону распределения.

Неустойчивость Кельвина-Гельмгольца верхней границы атмосферного слоя, подогреваемого снизу

А.В.Козин, Д.Ф.Белоножко

Ярославский государственный университет им. П.Г.Демидова, Ярославль

Исследованы закономерности реализации неустойчивости верхней границы атмосферного слоя, являющейся комбинацией двух классических неустойчивостей: неустойчивости Рэля-Бенара (неустойчивость слоя сплошной среды по отношению к наличию вертикального градиента температуры) и неустойчивости Кельвина-Гельмгольца (неустойчивость границы раздела двух сплошных сред по отношению к наличию тангенциального к этой поверхности скачка поля скоростей). Принималось, что в декартовой прямоугольной системе координат с осью Oz направленной вверх над подогреваемым снизу атмосферным слоем толщины h , имеется гидродинамический горизонтальный поток, занимающий все верхнее полупространство над исходным слоем. В безразмерных переменных, в которых толщина нижнего слоя, его плотность и температуропроводность принимались за единицу, рассматривалась задача расчета величин: полей скоростей \mathbf{V} , \mathbf{U} в слое и в потоке над ним, поля температур T и отклонения границы раздела потоков ζ от горизонтального состояния.

$$\begin{aligned} z \geq \zeta: & \quad \Delta\varphi = 0; \quad \mathbf{V} = \nabla\varphi; \\ 0 \leq z \leq \zeta: & \quad \partial_t \mathbf{U} = -\nabla p + \text{Pr} \Delta \mathbf{U} + \text{Pr} \cdot \text{Ra} \cdot T \mathbf{e}_z; \quad \partial_t T - (\mathbf{U} \cdot \mathbf{e}_z) = \Delta T; \quad (\nabla \cdot \mathbf{U}) = 0; \\ z = \zeta: & \quad \partial_t \zeta = U_z; \quad -g(1-\rho) \zeta + p - 2\partial_z U_z + \rho \partial_t \varphi = 0; \\ & \quad \partial_z U_x + \partial_x U_z = 0; \quad U_z = V_z; \quad T - \zeta = 0; \\ z = 0: & \quad U_z = 0; \quad \partial_z U_z = 0; \quad T = 0; \\ & \quad \text{Ra} = g \beta A h^4 / (\kappa \chi) \text{ — число Рэля; } \text{Pr} = \nu / \chi \text{ — число Прандтля.} \end{aligned}$$

Здесь ρ — плотность потока; ν , β , χ — кинематическая вязкость, коэффициент кубического расширения и температуропроводность нижнего слоя; g — ускорения свободного падения; U_x , U_z — горизонтальная и вертикальная компоненты скорости нижнего слоя; V_z — вертикальная компонента скорости в верхнем потоке.

Задача решена в первом приближении по амплитуде отклонения неизвестных величин от равновесного состояния. Исследовано дисперсионное уравнение задачи. Его анализ показал, что оба типа неустойчивости, учтенные при построении модели, существенно влияют друг на друга, взаимно снижая критические условия реализации неустойчивостей по отношению к условиям, известным из классических построений.

Структура атмосферного пограничного слоя над антарктическим оазисом в летний период

Р.Д.Кузнецов

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

Распространение примесей в атмосферном пограничном слое определяется структурой полей ветра, температуры и турбулентности. Структура этих полей в удаленных районах, в том числе в Антарктике, мало изучена. В докладе представлены результаты содарных исследований АПС над антарктическим оазисом.

Оазис Ширмахера расположен на земле королевы Мод в 80 километрах от антарктического побережья. Он представляет собой узкое обнажение скальных пород размерами примерно 2×20 километров между континентальным и шельфовым ледниками. Содарные измерения проводились на оазисе в летний сезон 2006–2007 годов.

Основной целью исследований была оценка возможностей акустической локации в условиях оазиса, а также изучение вертикальной структуры АПС над ним. Для измерений использовался однокомпонентный вариант малогабаритного акустического локатора ЛАТАН-3, разработанного в ИФА РАН.

В ходе измерений получены данные о структуре АПС при различных характерных для этой местности метеоусловиях. Определены параметры вертикального распределения скорости кatabатических ветров, формирующихся в ночное время над склоном континентального ледника. Также получены характерные параметры волн, формирующихся в пограничном слое при ветрах, набегающих на оазис с севера.

Лабораторное исследование фотохимических процессов, протекающих с участием частиц полярных мезосферных облаков

М.Ю. Куликов

Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород

Известно, что вода является одним из ключевых химических соединений мезосферы. Во-первых, процесс фотодиссоциации молекул H_2O , находящихся в газовой фазе (пар), является основным источником для семейства нечетного водорода ($\text{HO}_x = \text{H} + \text{OH} + \text{HO}_2$). В свою очередь, газофазные реакции с участием этих компонент обеспечивают основной сток для компонент семейства нечетного кислорода ($\text{O}_x = \text{O}({}^1\text{D}) + \text{O}_3 + \text{O}$). Поэтому, чем выше концентрация H_2O , тем ниже оказывается дневная концентрация O_x , и наоборот. Во-вторых, при низких температурах (примерно 130–150 К) на высотах мезопаузы (80–90 км) происходит формирование самых высотных облаков на Земле — так называемых полярных мезосферных облаков (ПМО), чьи частицы состоят преимущественно из льда и образуются путем конденсации водяного пара. Еще недавно было принято считать, что молекулы H_2O , покидающие газовую фазу, «выключаются» из процессов фотолиза, так что после формирования облаков концентрация HO_x заметно уменьшается, а концентрация O_x соответственно возрастает. Однако, ракетные измерения концентрации O , проведенные в рамках нескольких международных кампаний по изучению ПМО, выявили *истощение* концентрации O в присутствии облаков. Для объяснения данного эффекта в работе [1] было предположено, что причиной уменьшения концентрации O могут быть не учитываемые ранее процессы фотолиза молекул H_2O , содержащихся в твердой фазе. Однако, для своих модельных оценок Murray и Plane использовали заведомо огрубленную параметризацию фотохимии с участием ПСО, в соответствии с которой каждый квант света, попадающий в частицу облаков, приводит к появлению пары атомов H и OH , которые практически мгновенно выходят в газовую фазу. Поэтому авторы данной работы указали на необходимость проведения лабораторного моделирования указанных процессов, отвечающего реальным условиям верхней мезосферы.

Данная работа является первой попыткой проведения такого моделирования. В докладе обсуждаются основные физико-химические процессы, запускаемые солнечной радиацией внутри льда, а так же проводится описание лабораторного комплекса и выполняемых экспериментов.

Литература

1. Murray B.J., Plane J.M.C. Atomic oxygen depletion in the vicinity of noctilucent clouds, *Adv. Space Res.*, 31(9), pp. 2075-2084, 2003.

Исследование турбулентных пульсаций компонент скорости ветра на опустыненной территории в эксперименте «Харабали 2007»

Г.И.Горчаков¹, А.В.Карпов¹, Г.А.Курбатов², В.П.Юшков²

¹ Институт физики атмосферы им. А.М.Обухова РАН, Москва

² Физический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва

В связи с исследованием процесса выноса аэрозоля с подстилающей поверхности на опустыненных территориях в августе 2007 г. на территории заказника «Пески Берли» (Астраханская обл.) были выполнены измерения турбулентных пульсаций трех компонент скорости ветра и температуры воздуха. Измерения проводились на высоте 2 м с помощью акустических метеостанций «Метео-2м» (Институт оптики атмосферы СО РАН) и Metek.

Проанализированы вариации модуля горизонтальной компоненты скорости ветра. Построены эмпирические функции распределения скорости ветра. Изучена структура порывов ветра.

Для разных периодов суток рассчитаны основные параметры турбулентности [1]: динамическая скорость, турбулентный поток тепла и масштаб Монина-Обухова.

Выполнен спектральный анализ пульсаций компонент скорости ветра и температуры воздуха.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты 07-05-01080а, 07-05-10080к и 07-05-13610-офи_ц).

Литература

1. *Обухов А.М.* Турбулентность и динамика атмосферы. Л.: Гидрометеоздат, 1988. 413с.

**Построение параметризованных моделей
стохастических систем по временным рядам
и прогноз их качественного поведения**

Е.М.Лоскутов, Я.И.Мольков, Д.Н.Мухин, А.М.Фейгин
Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород

В данной работе формулируется и реализуется, с помощью искусственных нейронных сетей, последовательный Байесов подход к моделированию стохастических (случайных) динамических систем по временным рядам. На модельных примерах демонстрируется возможности такого подхода как для создания моделей, адекватно воспроизводящих наблюдаемую стационарную эволюцию системы, так и для построения прогноза изменения качественного поведения слабонеавтономной стохастической системы. Показывается, что некоторые принципиальные ограничения, возникающие в случае детерминированных систем, могут быть существенно ослаблены в стохастическом случае. В частности, демонстрируется успешный прогноз усложнения поведения системы по сравнению с наблюдаемым, принципиально невозможный для детерминированных динамических систем.

Дистанционная акустическая диагностика турбулентных характеристик пограничного слоя атмосферы

А.Э.Макиенко

Институт оптики атмосферы СО РАН, Томск

Турбулентное перемешивание в пограничном слое атмосферы (ПСА) влияет на различные процессы, в том числе и на состояние аэроэлектрического поля. Данные о скорости и направлении ветра, а также некоторые параметры турбулентности в ПСА могут быть получены с помощью доплеровского содара. В частности, имеется возможность оперативно оценивать на разных высотах средние значения скорости и направления ветра, среднеквадратические отклонения компонентов скорости ветра, их корреляционные и структурные функции, а также другие величины, помогающие в той или иной мере описать текущее состояние ПСА. При этом следует учитывать, что в оценку включаются только те движения, характерные времена изменений которых «медленнее» 1–2 мин. Это связано со «сглаживающими» свойствами содара как по времени (период получения одного высотного профиля — порядка 15 с), так и по пространству («верность» направлений зондирования разными антеннами содара и конечность импульсных рассеивающих объемов). В приземном слое измерение большей части параметров, обуславливающих турбулентное перемешивание, возможно с помощью ультразвуковой метеостанции. При этом временное разрешение ультразвуковой метеостанции существенно выше по сравнению с содаром.

В докладе рассматривается опыт использования доплеровского содара «Волна-4» и ультразвуковой метеостанции «Метео-2» для получения некоторых из перечисленных выше параметров поля скорости ветра и температуры как в приземном, так и в пограничном слое атмосферы. Приводятся результаты обработки нескольких эпизодов с разными метеорологическими условиями в местах измерений и с различной аэрографией.

Условия формирования экстремальных значений городского острова тепла в московском мегаполисе

М.И.Нахаев, И.Н.Кузнецова

Гидрометеорологический научно-исследовательский центр России, Москва

Для анализа использованы данные сети наземных метеорологических станций, расположенных на территории Москвы в 2002–2006 гг., а также данные о скорости переноса в пограничном слое и индексы синоптической ситуации. Рассматривались случаи с разностью температуры на станциях $>5^{\circ}\text{C}$. Выявлено 263 случая ярко выраженного городского острова тепла (ГОТ).

Рассчитана повторяемость ГОТ ($>5^{\circ}$) в отдельные годы. Установлено, что максимальное развитие ГОТ ($>8^{\circ}$) получает примерно в 10% случаев, половина случаев пришлась на интенсивность ГОТ = 5°C . Значительное влияние на формирование городского острова тепла оказывает скорость ветра, так наибольшее число случаев формирования ГОТ происходит при скоростях переноса на уровне 925 гПа менее 5 м/с. При этом именно при таких скоростях наблюдаются максимальные (более 9°) разности температур. В теплый период года интенсивность ГОТ редко (около 0,4%) превышает 7°C , в холодный сезон повторяемость ГОТ более 7° около 45% от общего числа случаев. Наиболее часто интенсивность ГОТ превышает 5° на окраине антициклона и в условиях малоградиентного барического поля (суммарная доля таких случаев превышает 50%). В докладе представлены типы синоптических ситуаций и метеорологических условий, при которых ГОТ получает максимальное развитие.

Исследование антипарникового эффекта методом молекулярно-динамического моделирования атмосферных кластеров

О.Р.Рахманова, А.Е.Галашев

Институт промышленной экологии Уральского отделения РАН, Екатеринбург

Водяной пар является главным парниковым газом атмосферы Земли. В традиционном понимании антипарниковый эффект образуется за счет обильного поступления в атмосферу сажевых аэрозольных частиц в результате наземных ядерных испытаний, вулканической деятельности, транспортных выбросов и космической пыли, образующейся вследствие воздействия астероидов и прочих малых космических тел на атмосферу Земли. Однако не берется во внимание процесс саморегуляции состава атмосферы за счет образования кластеров воды и последующего захвата ими молекул парниковых газов.

В настоящей работе методом молекулярной динамики изучено поглощение водными кластерами молекул парниковых газов, таких как CO_2 , N_2O , и углеводородов CH_4 , C_2H_2 , C_2H_6 , также оказывающих влияние на парниковый эффект. Рассчитаны спектры поглощения и отражения системами кластеров поступающего ИК излучения, а также спектры мощности рассеяния запасенной энергии. Поглощение дисперсной водной системой ИК-излучения незначительно усиливается в результате адсорбции молекул N_2O и ослабляется после адсорбции молекул CO_2 . Легко поляризуемые молекулы ацетилен и этана, находясь в кластерах воды, слабо усиливают поглощение ИК-излучения, а молекулы метана существенно ослабляют его. В случае поглощения молекул метана наблюдается окно прозрачности для ИК-излучения. Как правило, поглощение парниковых газов вызывает увеличение коэффициента отражения R монохроматического инфракрасного излучения. Наиболее медленно диссипируется энергия кластерами «чистой» воды. Мощность излучения энергии увеличивается после присоединения к водным агрегатам молекул N_2O , и ослабевает в случае адсорбции молекул CO_2 . Добавление к кластерам воды молекул CH_4 усиливает скорость рассеяния запасенной энергии. В случае присоединения молекул C_2H_2 она резко возрастает и существенно снижается после адсорбции молекул C_2H_6 .

Процесс кластеризации сопровождается резким уменьшением числа рассеивающих центров. Усиление интегрального поглощения для дисперсных водных систем, содержащих N_2O , C_2H_2 , C_2H_6 , не может компенсировать эти потери. В целом адсорбция дисперсной водной системой парниковых газов вызывает антипарниковый эффект.

Результаты сравнения потоков УФР, измеренных спектрометром УФОС и рассчитанных с помощью численной модели «libRadTran»

А.А.Соломатникова¹, В.А.Зубов², А.М.Шаламянский¹

¹ Научный исследовательский центр дистанционного зондирования атмосферы ГГО, Воейково

² Главная геофизическая обсерватория им. А.И.Воейкова, Санкт-Петербург

С 2003 года в филиале ГГО НИЦ ДЗА проходят тестирование и рабочую проверку экспериментальные образцы ультрафиолетового озонового спектрометра (УФОС) в зенитной и обсерваторской модификациях. Прибор предназначен для комплексных измерений спектрального состава ультрафиолетовой радиации (УФР) и общего содержания озона.

В 2007 году на одном из компьютеров НИЦ ДЗА ГГО была установлена современная численная модель переноса излучения в атмосфере Земли «libRadTran» (Library for Radiative Transfer). Модель позволяет рассчитывать спектральные и угловые характеристики солнечной радиации с учетом основных оптических свойств атмосферы и подстилающей поверхности. Код «libRadTran» находится в свободном доступе и рекомендован Всемирной метеорологической организацией для поддержки работы наземных сетей мониторинга УФР.

Спектральные потоки УФ радиации, измеренные с помощью УФОС при различных зенитных углах Солнца, сравнивались с соответствующими потоками, рассчитанными по модели «libRadTran».

Приведены предварительные результаты сравнения для измерений, выполненных на станциях в г. Мурманске, г. Цимлянске, п. Воейково и на высокогорной станции «Шаджатмаз» (ИФА РАН).

**Использование фотохимической модели RACM
для оценки концентрации озона в атмосфере
и сравнения с экспериментальными значениями**

И.И.Тимковский, О.В.Лаврова, Н.Ф.Еланский
Институт физики атмосферы им. Обухова РАН, Москва

В настоящее время проблемы загрязнения окружающей среды и, в частности, атмосферы все больше выходят на первый план. Контроль состояния атмосферы в приповерхностном слое над Россией необходим по многочисленным причинам. Целью данной работы является оценка во времени концентрации летучих органических соединений и озона в атмосфере по данным международного эксперимента TROICA. Были проведены расчеты с использованием фотохимической модели (RACM), позволяющей по начальным значениям концентраций компонентов атмосферы определять их значения по прошествии заданного промежутка времени.

Использование данных мезомасштабных моделей в прогнозе метеорологических условий загрязнения воздуха

И.Ю.Шалыгина¹, Е.А.Лезина²

¹ Гидрометеорологический научно-исследовательский центр России, Москва

² ГПУ «Мосэкомониторинг», Москва

Своевременное предсказание наиболее опасных экологических ситуаций в мегаполисе, связанных с высоким уровнем загрязняющих примесей и обусловленных комплексом неблагоприятных метеорологических условий, является одной из актуальных задач мониторинга качества воздуха.

Данные непрерывных измерений загрязнения и данные мезомасштабных моделей с высоким временным и пространственным разрешением полей метеорологических элементов позволяют детально изучать сезонную и внутрисуточную динамику уровня загрязнения и его взаимосвязь с атмосферными процессами разного временного масштаба.

Нами на основе данных автоматизированной сети контроля загрязнения (АСКЗА) «Мосэкомониторинг» в г. Москве и данных мезомасштабной модели WRF показаны взаимосвязи уровня концентраций CO, NO, NO₂, O₃ с уже известными метеорологическими характеристиками, такими как скорость ветра в пограничном слое, температурный градиент, и с новыми, не использовавшимися ранее, характеристиками – вертикальная скорость и турбулентная кинетическая энергия на разных высотах и др.. На основе данных модели был установлен комплекс метеорологических параметров, обуславливающих условия ослабленного рассеивания загрязнения и благоприятных для формирования высокого уровня концентраций загрязняющих примесей в г. Москве.

Разрабатываемый подход дает возможность оценивать условия рассеивания – накопления загрязнения на более длительный срок и возможность корректировать прогноз при неблагоприятных метеорологических условиях в оперативном режиме.

Использование данных регионального реанализа для трекинга циклонов

С.В.Шувалов, О.Г.Золина

Институт океанологии РАН им. П.П.Ширшова, Москва

В последние десятилетия наблюдается значительное увеличение количества и интенсивности экстремально сильных осадков на Европейском континенте. В течение последних 100 лет практически на всей территории Европы, в том числе и на европейской территории России, наблюдается мощный положительный тренд значений экстремальных осадков, составляющий 3–5% в десятилетие.

Увеличение интенсивности осадков имеет серьёзные социальные последствия. Зимой экстремально сильные осадки могут приводить как к наводнениям (разлив рек в Центральной части России в декабре 2006 года), так и к снегопадам, вызывающим большие проблемы с электроснабжением, с движением на дорогах и пр. Резко повышается потребление энергии. Прогноз осадков приобретает приоритетное значение.

В работе устанавливаются связи аномалий осадков с характеристиками циклонической активности и параметрами крупномасштабной циркуляции, а также путями перемещения циклонов. Использована новейшая методика автоматической обработки путей перемещения циклонов (трекинг).

Данные трекинга циклонов, произведённого по барическим полям нового регионального Североамериканского реанализа NARR, хорошо отражают интенсивный вихревой перенос воздушных масс с Северной Атлантики в Европу и выделяют основные закономерности в путях их перемещения и в их трансформации. Проявляется влияние подстилающей поверхности и рельефа на траектории циклонов и регенерацию.

Региональный реанализ позволяет более точно выявлять недолгоживущие, а также небольшие в диаметре циклоны, т.к. располагает полями давления с большей дискретностью по времени (3 часа) и по пространству (32 км) (сравнительно с результатами трекинга по данным глобального реанализа NCEP/NCAR). Выявляется активная генерация глубоких циклонов с давлением в центре менее 980 гПа в холодный период в зоне Исландского и Алеутского минимумов, а также большое количество неглубоких ($P > 1000$ гПа в центре) циклонов — в большинстве случаев термические депрессии.

Таким образом, увеличение дискретности временного и пространственного шага, а также шага по высоте повышает точность выявления путей перемещения циклонов, что способствует успешному решению задачи установления связи аномалий осадков с путями перемещения циклонов и другими параметрами циклонической активности.

Высота обращения ветра в Москве и её динамика по данным акустического зондирования

Е.А.Являева, М.А.Локощенко

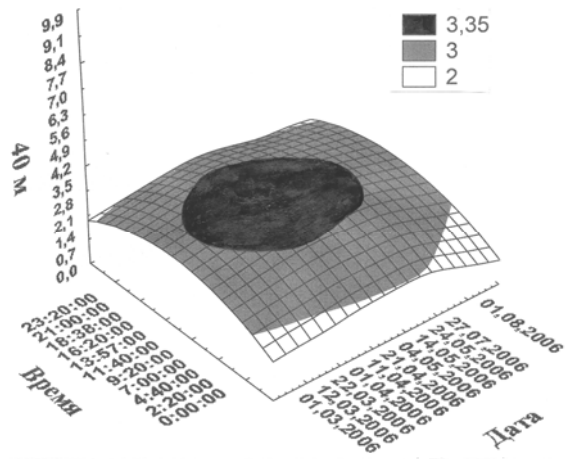
Географический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва

В Метеорологической обсерватории МГУ с 2004 года в постоянном режиме осуществляется акустическое зондирование атмосферы с помощью доплеровского акустического локатора (содара) марки «MODOS» фирмы МЕТЕК (Германия). Это — пока единственный в России серийный и сертифицированный содар. Рабочая частота — 2000 Гц, диапазон зондирования составляет от 40 до 500 м, вертикальное разрешение данных — 20 м, профили ветра измеряются в среднем за каждые 10 минут.

Как известно, скорость ветра V вблизи земной поверхности в дневные часы выше, чем ночью. Начиная же с некоторой высоты — так называемой «высоты обращения» — значения V днём в вышележащем слое, наоборот, оказываются ниже, чем ночью. Данная высота служит важным показателем структуры атмосферного пограничного слоя, поскольку на этом уровне суточный ход скорости ветра в среднем отсутствует. Содарные данные благодаря их исключительно высокому разрешению впервые позволили количественно оценить высоту обращения ветра для условий Москвы. Для её наглядного выявления были построены трёхмерные поверхности сводных значений V для разных высотных уровней (рис. 1), на каждом из которых по горизонтали отложены дата (месяцы года) и время (часы суток), а по вертикали — скорость ветра (м/с). В качестве примера здесь рассмотрены данные за период с марта по август 2006 г. На фрагменте (а) отчётливо видно, что поверхность на самом нижнем уровне 40 м имеет вид купола: дневные значения V существенно выше, чем ночные. Видно также, что в середине тёплого сезона скорость ветра здесь в среднем больше, чем в начале весны и в конце лета (наибольшие значения $V > 3,4$ м/с образуют замкнутую область, а наименьшие значения $V < 2$ м/с выклиниваются). На следующих двух уровнях 60 и 80 м (здесь не показаны) поверхности значений V в этих координатах не изогнуты и представляют собой ровные плоскости. Это означает, что V здесь одинакова в любое время суток, так что промежуток от 60 до 80 м характеризует весной и летом в Москве среднюю высоту обращения ветра. На более высоких уровнях, начиная со 100 м и выше, скорость ветра, напротив, становится днём меньше, чем ночью: поверхность значений V на уровне 120 м на фрагменте (б) направлена уже выпуклостью вниз. По мере дальнейшего увеличения высоты амплитуда суточного хода V последовательно растёт в пределах диапазона зондирования.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 07-05-00874.

а) Уровень 40 м.



б) Уровень 120 м.

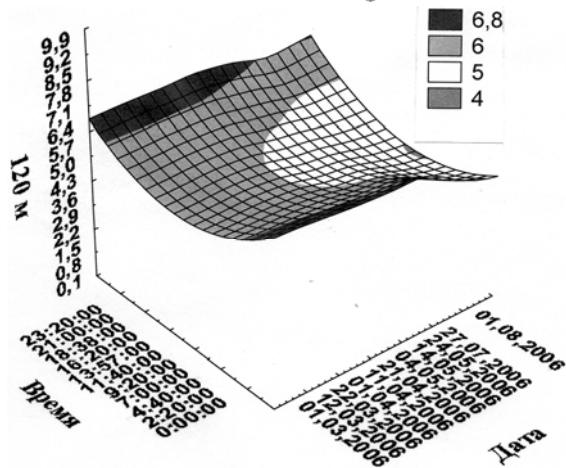


Рис. 1. Суточный ход скорости ветра в разные месяцы года в Москве (МГУ) по содарным данным на разных высотах. Цветами в чёрно-белой палитре показаны диапазоны средних значений скорости ветра в м/с (шкалы — вверх справа).

Авторы

Аврамова О.А.	68	Каллистратова М.А.	72
Акперов М.Г.	17	Камардин А.П.	88
Ананьев Л.Б.	18	Караштин Д.А.	89
Анисимов С.В.	63, 64, 69	Кароль И.Л.	15
Аношин Б.А.	36, 57	Карпов А.В.	46, 90, 96
Артамонов А.Ю.	83	Киреева Е.Д.	44
Афиногенов К.В.	64	Киринов Д.В.	91
Ахметов О.И.	65	Киселев А.А.	15
Беликов И.Б.	33, 43, 58	Коваленко А.А.	45
Белоглазов М.И.	65	Козин А.В.	93
Белоножко Д.Ф.	93	Козленко С.С.	20
Березина Е.В.	37	Колесникова А.Б.	46
Билалова В.Ф.	45	Кострыкин С.В.	21
Бунтов Д.В.	84	Крамарова Н.А.	22
Василенко Е.Л.	85	Кривошеев А.П.	47
Васильев А.Н.	65	Кудринская Т.В.	47
Васильев Е.С.	81	Кузнецов Г.И.	22
Вивчар А.В.	39	Кузнецов Д.Д.	72
Володин Е.М.	16	Кузнецов Р.Д.	53, 72, 94
Галашев А.Е.	100	Кузнецова И.Н.	18, 99
Глядко П.С.	40	Куликов М.Ю.	79, 95
Годунова В.Г.	32	Курбатов Г.А.	96
Гонак Л.В.	68	Лаврова О.В.	102
Горчаков Г.И.	46, 57, 76, 84, 96	Ларин И.К.	82
Давыденко С.С.	62	Лезина Е.А.	46, 103
Дементьева А.Л.	87	Локощенко М.А.	48, 54, 85, 105
Демин В.С.	41	Лоскутов Е.М.	97
Денисов С.Н.	19	Лукьянова Н.Ф.	50
Дмитриева Л.Р.	22	Макиенко А.Э.	98
Евтушенко А.А.	66	Мальшкин А.В.	23
Еланский Н.Ф.	33, 37, 102	Мареев Е.А.	60, 66, 70
Елисеев А.В.	24	Моисеенко К.Б.	39, 74
Ермаков А.Н.	78	Мольков Я.И.	97
Жамсуева Г.С.	56, 87	Морозов И.И.	81
Жерников К.В.	43	Мохов И.И.	14, 19, 20, 23, 24, 25
Заяханов А.С.	56, 87	Мурышев К.Е.	24
Золина О.Г.	104	Мухин Д.Н.	79, 89, 97
Зубов В.А.	101	Нахаев М.И.	99
Кадыгров Е.Н.	33	Обвинцева Л.А.	43

Партола В.С.	52	Чечин Д.Г.	26
Персианцева Н.М.	44	Чубарова Н.Е.	52
Петров Н.А.	47	Чукин В.В.	68
Попов И.Б.	67	Шакина Н.П.	75
Поповичева О.Б.	44	Шаламянский А.М.	101
Ракитин В.С.	53	Шалыгина И.Ю.	103
Рахманова О.Р.	100	Швецов А.А.	89
Репина И.А.	26	Шихова Н.М.	63, 69
Романюк Я.О.	32	Школьник И.М.	19, 25
Семутникова Е.Г.	46, 57	Шмыгов С.С.	57
Сеник И.А.	28, 33	Шония Н.К.	44
Сергеев А.С.	62	Шувалов С.В.	104
Сергеева О.А.	53	Шумский Р.А.	39, 43, 58
Скалыга Н.К.	89	Юшков В.П.	96
Смирнов Д.А.	20	Являева Е.А.	105
Соломатникова А.А.	101	Яшунин С.А.	70
Сосонкин М.Г.	28, 32	Alfarra M.R.	31
Тарасова О.А.	28, 33	Baltensperger U.	31
Тимковский И.И.	102	Cui J.	28
Титов А.А.	84	DeMott P.	44
Трифанова А.В.	54	Hueglin C.	31
Угольников О.С.	35	Koehler K.	44
Федосеев Л.И.	89	Lanz V.	31
Фейгин А.М.	79, 89, 97	Prévôt A.S.H.	28, 31
Фокеева Е.В.	53	Sandradewi J.	31
Фролькис В.А.	15	Stachelin J.	28, 29, 30
Хохлова Т.Д.	44	Szidat S.	31
Цыдыпов В.В.	56, 87	Weimer S.	31
Чернокульский А.В.	25	Weingartner E.	31