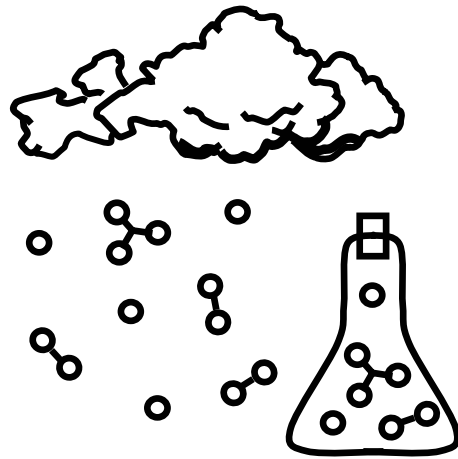


## Малые газовые примеси в атмосфере





## **Исследование мезо-масштабных вариаций нейтральных параметров в атмосферном пограничном слое**

*М.А. Каллистратова, Р.Д. Кузнецов, С.Н. Куличков, В.Г. Перепелкин,  
И.П. Чунгузов*

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

Задачей исследования является обнаружение в атмосферном пограничном слое (АПС) мезо-масштабных долгоживущих анизотропных неоднородностей скорости ветра и температуры (когерентных структур, КС) с целью последующего разграничения вариаций электрического поля, связанных с эволюцией и перемещением КС, и вариаций, вызванных другими факторами. Для этого использовалась акустическая томографическая схема, основанная на рассеянии (либо частичном отражении) низкочастотного звука (~10–60 Гц) на мезо-масштабных КС. Амплитуда рассеянного сигнала зависит от вертикальных градиентов температуры и ветра внутри КС.

Источник — мощный детонационный генератор — излучал полуторачасовые серии акустических импульсов (длительность ~20 мсек, амплитуда ~120 Па, период ~30 сек). Прием сигнала велся сетью микрофонов, расположенных на горизонтальных расстояниях до 5,5 км от источника. Одновременно независимо определялись вертикальные профили температуры и скорости ветра в АПС и проводилось аэрологическое зондирование до высоты 12 км. Методика и геометрия эксперимента позволила непосредственно исследовать КС (с вертикальными масштабами от 10 м и более и с горизонтальными масштабами от 100 м до 5 км) без привлечения гипотезы «замороженной турбулентности».

Были выявлены доминантные периоды (в диапазоне от 4-х до 20 минут) вариаций нейтральных компонент, происходящих синхронно над поверхностью с линейными размерами порядка нескольких километров. Теоретический анализ полученных данных показал, что вариации с периодами 4–8 минут вызваны захваченными гравитационными модами в нижней части устойчиво-стратифицированного АПС. Оценки характерных горизонтальных скоростей этих мод составляют 6–7 м/с, отличаясь по направлению и величине от средней скорости ветра в АПС, а горизонтальные длины этих мод составляют 3–4 км. На основе данных аэрологического зондирования сделано предположение, что вариации с периодами более 16 минут (в условиях как устойчивой, так и неустойчивой стратификации) вызваны просачиванием энергии внутренних гравитационных волн, которые распространяются в тропосферном волноводе с нижней и верхней границами, соответственно 2–3 км и 10–12 км. Вариации нейтральных компонент с вышеуказанными доминантными периодами могут вызывать соответствующие вариации электрического поля.

Работа выполнена при поддержке РФФИ-ННИО, грант № 03-05-04001.

## **Современное состояние исследований озонового слоя Земли**

*И.К. Ларин*

Институт энергетических проблем химической физики РАН, Москва

В докладе будут рассмотрены следующие вопросы:

1. История возникновения озонового слоя;
2. Каким образом атмосферный озон защищает флору и фауну Земли;
3. Механизм образования и гибели озона в атмосфере;
4. Высотное и широтное распределение озона в атмосфере;
5. Естественные причины изменчивости озона;
6. Влияние антропогенных факторов на атмосферный озон;
7. Экологические последствия истощения озонового слоя;
8. Антарктическая озоновая дыра;
9. Последние достижения в исследовании озонового слоя;
10. Применение статистических методов в изучении озонового слоя;
11. Озоновый слой в XXI веке;
12. Нерешенные проблемы озонового слоя.

## **Акустическое зондирование и его применение в атмосферных исследованиях**

*М.А. Локощенко*

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, Москва

Акустическое (звуковое) зондирование является одним из перспективных и многообещающих дистанционных методов изучения нижней атмосферы. Первый акустический локатор (содар) был создан в США в 1946 г., первый современный содар с непрерывной регистрацией эхо-сигнала — в Австралии в 1968 г. Уже в начале 1970-х годов появились доплеровские содары. Ныне в мире работают несколько сотен содаров, в большинстве своем — приборы серийного производства, являющиеся сертифицированным средством измерений профилей ветра. В России в научных исследованиях используются четыре акустических локатора: два — на Географическом факультете МГУ в Москве и два — в Томске, в институтах СО РАН. Акустическое зондирование основано на использовании физического явления рассеяния звука на атмосферных турбулентных неоднородностях инерционного интервала. Содары служат надежным средством измерений профилей скорости и направления ветра, а также стандартного отклонения вертикальной составляющей скорости, структурной характеристики температурных пульсаций и пр. Кроме того, по виду и морфологии турбулентных структур на высотно-временной развертке эхо-сигнала (содарной записи) можно определять вид температурной стратификации атмосферного пограничного слоя и границы слоев инверсий в поле сдвига ветра. Существуют содары двух видов: обычного диапазона зондирования (в среднем — от 0,8 до 1,0 км) и малого диапазона, так называемые «мини-содары». Последние часто используются в объединенных системах дистанционного зондирования, где обеспечивают покрытие «мертвой зоны» доплеровских радиолокаторов в пределах первых нескольких сотен метров у Земли при совместных измерениях профилей ветра.

Достоинствами содарной техники служат ее относительная дешевизна (современный доплеровский содар стоит на порядок дешевле доплеровского радара), экономичность в эксплуатации, всепогодность (кроме случаев чрезвычайно сильных осадков), а также исключительно высокое временное и пространственное разрешение данных. Последнее составляет 10–20 м, а при использовании малых содаров доходит до единиц метров. Это открывает уникальные возможности изучения тонкой структуры атмосферного пограничного слоя — как термической, так и ветровой — с высокой степенью подробности. Содары являются наилучшим средством обнаружения тонких задерживающих слоев температурных инверсий, отдельных конвективных термик, волновых движений в нижней атмосфере, низкоуровне-

вых струй на профилях скорости ветра, и т.п. Содары успешно используются при исследованиях воздушных течений регионального и среднего масштаба, в том числе бризов на побережьях морей, циркуляции «городского бриза», обтекания неровностей земной поверхности и пр. Содарные данные служат также важным подспорьем в анализе динамики содержания малых газовых примесей и твердых частиц в нижней атмосфере, а также при изучении некоторых синоптических процессов и погодных явлений — прохождения фронтов, инверсий оседания, слоистых облаков и слоев тумана и др.

Практическое применение содаров многообразно. За рубежом ими оснащены многие аэропорты для оперативного отслеживания опасных для авиации сдвигов ветра в нижней атмосфере, атомные электростанции, крупные производственные объекты. Содары широко используются в системах экологического мониторинга больших городов и промышленных зон, при проведении астрофизических наблюдений, на военных полигонах при испытаниях артиллерийских орудий и звуковещательных установок, при проектировании строительства в местности с неизвестным потенциалом загрязнения и т.д.

Ограничениями в использовании содаров являются относительно небольшой диапазон измерений и шумовое загрязнение атмосферы. Последнее связано с тем, что содары работают на частотах слышимого диапазона (обычные содары — от 1 до 2 кГц, малые содары — около 4 кГц).

1. *Красненко Н.П.* Акустическое зондирование атмосферного пограничного слоя. Томск, ИОМ СО РАН. 2001. 280С.
2. *Локощенко М.А.* Применение вертикальных содаров в метеорологии (обзор) // Оптика атмосферы и океана, Томск. 1996. Т. 9. № 7. С.970–992.

## Гетерогенные химические реакции в атмосфере

*А.Н. Ермаков*

Институт энергетических проблем химической физики РАН, Москва

В докладе будут рассмотрены следующие вопросы. Закономерности протекания гетерогенных химических процессов в атмосфере: движущие факторы, обуславливающие трансформацию малых составляющих атмосферы в присутствии аэрозольных частиц, диффузионный и кинетический режимы осуществления гетерогенных химических реакций в атмосфере, динамика и механизм взаимодействия газовых частиц с жидкими и твердыми аэрозолями, коэффициенты захвата и аккомодации газовых частиц, теория и эксперимент. Сопряжение газофазных и жидкофазных химических и фотохимических реакций в атмосфере. Размерные эффекты в химических реакциях с участием атмосферных аэрозолей. Моделирование гетерогенных химических реакций в атмосфере. Модель Chemical Aqueous Phase Radical Mechanism for Tropospheric Chemistry (CAPRAM 2.3; 2.4). Гетерогенная химия трансформации оксидов серы и азота в атмосфере: цепно-каталитический механизм формирования кислотных дождей процессов в капельной влаге облаков, динамика превращения. Гетерогенные химические реакции истощения озона в нижней стратосфере в высоких и средних широтах.

## Механизм деградации малых антропогенных соединений в атмосфере

*И.И. Морозов, Е.С. Васильев*

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

Реакции фторированных соединений в атмосфере Земли широко изучаются в связи с существующей угрозой разрушения озонового слоя и увеличением парникового эффекта. Одной из особенностей данных реакций является образование пероксильных радикалов  $RO_2$ . Эти радикалы играют ключевую роль в химии верхней атмосферы. Изучению реакций этих радикалов и их формированию и посвящена данная работа. В соответствии с Монреальским протоколом проводится целенаправленная программа по уменьшению производства хлорфторуглеродов (ХФУ). Это привело к необходимости исследования поведения в атмосфере заместителей ХФУ. Большая часть ХФУ и их заместителей поглощают тепловое инфракрасное излучение и могут способствовать усилению парникового эффекта, приводя к глобальному изменению климата на Земле. Изучены в качестве заместителей ХФУ частично фторированные органические кислородсодержащие соединения (ЧФС). Молекулы ЧФС имеют С-Н связь, которая реагирует с тропосферным гидроксил-радикалом, в результате чего сокращается время жизни ЧФС в атмосфере и появляются новые продукты. Кроме того, что ЧФС должны иметь более короткое атмосферное время жизни, чем ХФУ, эти заместители не содержат атомов хлора, что создает меньший риск для озонового слоя Земли, так как продукты распада ЧФС не могут участвовать в циклах каталитического разрушения озона. Тем не менее, благодаря сильному поглощению инфракрасного излучения Земли (в областях полос поглощения, связанных с колебаниями С-Н), ЧФС могут вносить вклад в «глобальное потепление». Количественное определение роли ЧФС в качестве «парникового газа» требует, во-первых, точной информации о времени пребывания в атмосфере этих веществ, которое определяется их реакциями с радикалами  $OH$  и  $NO_3$  и атомом  $Cl$ . Кроме того, в настоящее время отсутствуют надежные данные по сечениям поглощения инфракрасного излучения в области «атмосферного окна» (в диапазоне 8–12 мкм). Применены современные физические методы: масс-спектрометрия с молекулярно-пучковым напуском активных частиц, включая свободные радикалы; многофотонная лазерная ионизация свободных радикалов; вакуумная УФ и ИК спектроскопия. для лабораторного моделирования атмосферных процессов. Приводятся схемы атмосферной деградации ЧФС.



## **Механизмы изменчивости концентрации приземного озона**

*О.А. Тарасова*

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, Москва

Приземный озон занимает особое место в ряду малых газовых составляющих атмосферы. Его особое расположение на границе раздела двух сред (земля – атмосфера) и высокая химическая активность определяют сложность и многообразие процессов, управляющих изменчивостью концентрации. Источниками озона в приземном слое служат приток из свободной тропосферы и фотохимическое образование из предшественников, главным образом углеводородов, с участием окислов азота в качестве катализаторов. Стоком является химическое разрушение в воздухе и на поверхностях. Пространственные градиенты в распределении источников предшественников приземного озона, а также широкий спектр времени жизни этого соединения в различных условиях (от минуты до 10 суток) определяют и разнообразие атмосферных процессов, формирующих наблюдаемую изменчивость приземного озона.

Механизмы изменчивости концентрации приземного озона можно условно разделить на две большие группы. Во-первых, локальные факторы, определяемые такими условиями как роза ветров (или локальный перенос), локальными метеорологическими условиями (например, локальные циркуляции или температурные инверсионные условия), свойствами подстилающей поверхности (стоковые эффекты), распределением источников эмиссий, локальными особенностями фотохимической генерации. Во-вторых, региональные факторы, такие как сезонность радиационных характеристик, особенности крупномасштабных динамических процессов в выбранном регионе (определяющие особенности дальнего переноса), изменения вертикальной стратификации атмосферы (определяющие вертикальный перенос озона), долговременные изменения высоты и положения тропопаузы и др. Особое место в этом ряду занимают процессы синоптического масштаба, находящиеся между описанными выше группами.

Влияние различных механизмов на изменения приземного озона представлены на примерах Европейских и Российских озонметрических станций, экспедиционных измерениях и с использованием транспортно-фотохимической модели.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 03-05-64712.

## Влияние метеорологических условий на приземную концентрацию парниковых газов в Москве

*Р.А. Шумский<sup>1</sup>, М.А. Локощенко<sup>2</sup>*

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

<sup>2</sup> Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, Москва

С 1 февраля 2002 г. ИФА им. А.М. Обухова РАН и географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова совместно проводят на территории Метеорологической обсерватории МГУ непрерывные измерения содержания малых газовых примесей в приземном слое атмосферы. Измерения проводятся с помощью автоматизированного газоаналитического комплекса ИФА РАН, который включает анализаторы O<sub>3</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> и др.

По результатам наблюдений исследована динамика суточного и годового хода приземного содержания малых газовых примесей в Москве, а также их связи с метеорологическими величинами и температурной стратификацией нижней атмосферы по данным акустического зондирования. Выявлено, например, что суточный ход приземного озона в Москве в теплое время года и в переходные месяцы (апрель, октябрь) характеризуется основным дневным и дополнительным ночным максимумами. В утренние и вечерние часы содержание озона обычно наименьшее. Зимой суточный ход более сглаженный. Суточный ход содержания NO, NO<sub>2</sub> и CO качественно сходный для всех трех веществ и демонстрирует в теплом сезоне года противоположные по сравнению с суточным ходом озона закономерности: максимумы в утренние и вечерние часы и минимумы ночью и днем.

Отдельно проанализированы случаи экстремально высоких значений приземного содержания NO, NO<sub>2</sub> и CO. Район наблюдений в юго-западной части Москвы является относительно чистым, удаленным от крупных локальных источников загрязнения воздуха. Это позволяет считать, что результаты измерений в МГУ отражают фоновые условия внутри большого города, то есть совокупное влияние всех городских источников выбросов. Наибольшее в среднем за 10 минут содержание окиси азота достигает здесь более 400 ppb, двуокиси азота — около 100 ppb, угарного газа — порядка 10 ppm. Обычно рекордно высокие уровни загрязнения отмечаются в холодное время года в условиях, близких к штилевым с высоким фоном давления — в области центров антициклонов или на осях атмосферных гребней, при господстве арктической воздушной массы с очень низкой температурой воздуха у Земли (–15 °C и менее). Вероятной причиной высоких уровней загрязнения в такие дни служит усиление отопления города, связанное с более интенсивным расходом топлива на ТЭЦ и накоплением выбросов продуктов сгорания в приземном слое воздуха вследствие штиле-

вых условий и наличия низкоуровневых инверсий. По данным непрерывного акустического зондирования в Метеорологической обсерватории МГУ температурная стратификация в такие дни, как правило, отмечена длительным существованием инверсионных слоев в нижней атмосфере, ограничивающих высоту слоя перемешивания крайне низкими значениями.

## Полупроводниковые сенсоры и озонометр на их основе

*И.А. Бубнова<sup>1</sup>, К.В. Жерников<sup>2</sup>, Р.А. Шумский<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Научно-исследовательский физико-химический институт им. Л.Я.Карпова, Москва

<sup>2</sup> Саратовский Государственный Университет им. Н.Г.Чернышевского, Саратов

<sup>3</sup> Институт физики атмосферы им. А.М.Обухова РАН, Москва

Химические сенсоры все шире используются в газоизмерительных приборах [1]. Важное место среди них занимают полупроводниковые сенсоры (ППС), обладающие высокой чувствительностью, быстродействием, миниатюрностью [1, 2]. В НИФХИ им. Л.Я. Карпова разрабатываются ППС на озон и другие газовые примеси. **Полупроводниковый сенсор** представляет собой изолирующую подложку (поликор) размером 3×3 или 1,5×1,5 мм<sup>2</sup>, на обеих сторонах которой по технологии микроэлектроники нанесены нагреватель, измерительные электроды, чувствительный слой, термистор. Физической характеристикой сенсора, зависящей от концентрации озона, является электропроводность чувствительного слоя. В качестве чувствительных слоев сенсоров использованы оксиды цинка и индия. Сенсор находится во фторопластовом колпачке, через который продувается анализируемый воздух. **Характеристики сенсора** изучены на лабораторном газодинамическом стенде, в состав которого входит генератор озона I разряда ГС-024-1 фирмы «ОПТЕК». Установлена зависимость величины сигнала сенсора (изменение электропроводности) от температуры чувствительного слоя и от концентрации озона. Экстраполяция градуировочных зависимостей сенсоров в область низких концентраций озона дает отношение сигнал/шум равное 1 для стационарного уровня сигнала порядка 25–40 ppt. На базе полупроводниковых сенсоров сотрудниками ИФА им. А.М. Обухова совместно с НИФХИ им. Л.Я. Карпова разработан новый прибор для измерения озона — **полупроводниковый озонометр**. Прибор полностью автоматизирован. Все параметры сенсора: сопротивления чувствительного слоя, нагревателя, термометра, значения тока и напряжения на элементах сенсора выведены на монитор. Это дает возможность контролировать и корректировать правильность работы элементов сенсора в ходе эксперимента и повышает надежность интерпретации сигнала сенсора. Данные записываются в файл с частотой 6,25–0,016 Гц.

Работа поддержана РФФИ — проект 05-05-64895-а

1. Каттрал Р.В. Химические сенсоры. М.: Научный мир. 2000. 143С.
2. Мясников И.А., Сухарев В.Я., Куприянов Л.Ю., Завьялов С.А. Полупроводниковые сенсоры в физико-химических исследованиях. М.: Наука. 1991. 327С.

## Изучение характеристик полупроводникового озонметра при работе в полевых условиях

*К.В. Жерников<sup>1</sup>, Р.А. Шумский<sup>2</sup>, И.А. Бубнова<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Саратовский Государственный Университет им. Н.Г.Чернышевского, Саратов

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

<sup>3</sup> Научно-исследовательский физико-химический институт им.Л.Я.Карпова, Москва

Полупроводниковый озонметр, разработанный совместно сотрудниками ИФА им. А.М. Обухова и НИФХИ им. Л.Я. Карпова, проходил натурные испытания на метеообсерватории МГУ и в Геофизической обсерватории «Борок» в мае – июне 2004 г. Измерения озона тестируемым прибором проводили одновременно со спектрофотометром DASIBI 1008. Показано, что озонметр отслеживает суточную изменчивость концентрации озона синхронно с DASIBI 1008 АН, и обладает при этом более высокой чувствительностью и быстродействием. Новый прибор предназначен для мониторинговых измерений озона и измерения мелкомасштабных вариаций концентрации озона в атмосфере. Для оценки быстродействия сенсора на качественном уровне, в таблице сопоставлены отклонения сигнала сенсора от среднего значения сопротивления, измеренного в течение 5 сек. при частоте опроса 6 Гц, в различных условиях, отличающихся постоянной или переменной концентрацией озона.

Условия эксперимента	Среднее значение R, КΩ	Отклонение, %
R стандартное	30,3	0,165
Сенсор в воздухе с 15 ppb озона от генератора	31,87	0,22
Сенсор в комнате с открытым окном	12,8	4,7
Сенсор в атмосфере на мачте в Борке	22,0	9,09

Из сопоставления данных таблицы следует, что в отсутствие озона или при его стабильной концентрации отклонение сигнала сенсора от среднего значения составляет доли процента, в то время как при измерениях в открытой атмосфере в условиях переменной концентрации озона указанное отклонение возрастает до 9 процентов. Полученный результат позволяет предполагать, что сенсор способен регистрировать пульсирующую составляющую концентрации озона в атмосфере.

Работа поддержана РФФИ — проект 05-05-64895-а.

## Влияние температурной стратификации на вертикальные профили озона в нижней атмосфере

*М.А. Локощенко<sup>1</sup>, В.А. Хапаев<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, Москва

<sup>2</sup> Международный университет природы, общества и человека «Дубна», Дубна

В мае – июне 2002 года в г. Великие Луки (Псковская область) был проведен совместный научный эксперимент МГУ и ЦАО, заключавшийся в синхронном зондировании нижней атмосферы с помощью акустического локатора (содара) «ЭХО-1», привязного аэростата, шаров-пилотов и радиозондов. Результатом работы явились уникальные профили температуры воздуха и озона, полученные с высоким вертикальным разрешением (10 м) по данным 15 подъемов привязного аэростата в слое до 500 м в разное время суток. Содарные данные о термической структуре нижнего 800-метрового слоя воздуха служили важным дополнением контактных измерений, поскольку позволяли проследить ее динамику в промежутках между подъемами аэростата.

Анализ результатов показал высокую надежность содарных данных о типе температурной стратификации и о высотах границ инверсионных слоев. Во всех случаях подъемов привязного аэростата полученные профили температуры воздуха подтвердили содарные оценки знака вертикального градиента температуры воздуха. Так, в левой части рис.1 аэростатные данные демонстрируют близкую к безразличной стратификацию температуры при почти полном отсутствии эхо-сигнала. После 22 ч на профиле температуры видна приземная инверсия в нижнем 100-метровом слое воздуха, точно соответствующая области турбулентной структуры этой инверсии на высотно-временной развертке эхо-сигнала (содарной записи) в виде слоя черного цвета.

Вертикальные профили парциального давления озона при конвективной стратификации демонстрируют почти постоянные его значения во всем диапазоне зондирования вследствие интенсивного вертикального перемешивания. В условиях приземной инверсии содержание озона обычно быстро растет с высотой вплоть до ее вершины (рис.1) вследствие осаждения озона на подстилающей поверхности и действия инверсии в качестве запирающего слоя, затрудняющего вертикальное перемешивание с вышележащей атмосферой, богатой озоном. Подробно обсуждаются методические основы усреднения данных профильных измерений.

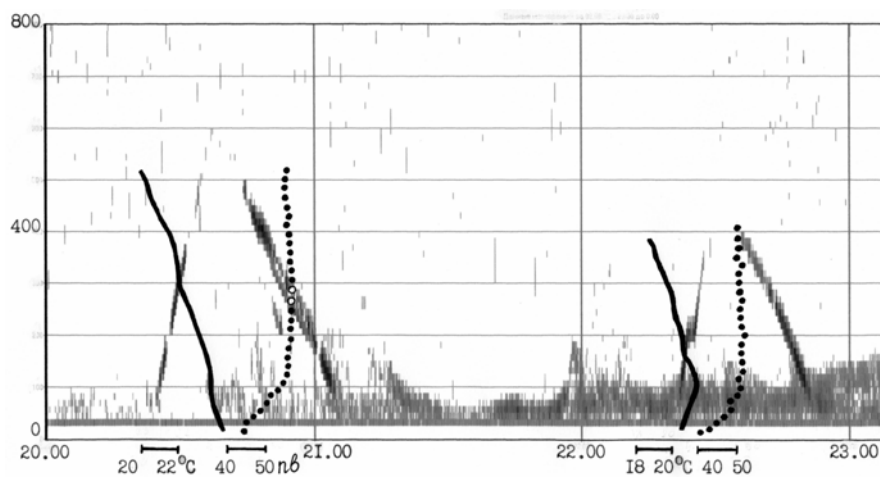


Рис.1. Осредненные по данным подъема и спуска аэростата профили температуры воздуха (прямые линии), профили озона (точки) и содарная запись вечером 2 июня 2002 года. По горизонтали — время, часы; по вертикали — высота, метры. Наклонные темные полосы связаны с переотражением звуковых волн от оболочки аэростата при его подъеме и спуске.

## **Окислы углерода и метан над территорией континентальной России по наблюдениям в экспериментах TROICA**

*А.А. Ралько*

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

По данным измерений концентраций углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ), метана ( $\text{CH}_4$ ) и окиси углерода ( $\text{CO}$ ) в приземном слое атмосферы, проведенных на железнодорожном вагоне-лаборатории по трассе Транссибирской железнодорожной магистрали от Москвы до Хабаровска в 1997–2004 гг. определены основные статистические закономерности поведения концентраций этих газовых примесей над всей территорией России.

Определены характерные средние значения и среднеквадратичные отклонения концентраций указанных газовых примесей над континентом, отдельно в зимний и летний периоды, для условий отсутствия непосредственного влияния антропогенного загрязнения атмосферы.

Проанализирован характер крупномасштабного пространственного распределения  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$  над континентом. Выявлен характерный длительный градиент концентрации  $\text{CO}$  вдоль континента. Выявлены неоднородности распределения  $\text{CO}_2$ , обусловленные различным характером ландшафтных условий и растительного покрова, а также различной степенью антропогенных эмиссий. В регионе Западной Сибири наблюдается область высоких концентраций  $\text{CH}_4$ , порождаемая эмиссией из увлажненных почв.

Выявлены особенности суточных вариаций концентраций примесей. Мощные приземные инверсии вызывают продолжительное накопление  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$  под инверсионным слоем и рост их концентраций летом в ночное время.

Проанализирован также режим поведения концентраций  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$  в городах.



## **Влияние инверсии температуры на уровень загрязнения воздуха**

*М.И. Нахаев<sup>1</sup>, И.Н. Кузнецова<sup>1</sup>, Е.А. Лезина<sup>2</sup>, Е.Г. Семутникова<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Гидрометеорологический научно-исследовательский центр России, Москва

<sup>2</sup> Государственное природоохранное учреждение «Мосэкомониторинг», Москва

В работе были использованы данные микроволновых измерений приборами МТП-5, установленными в центре города и в окрестностях (Долгопрудный, Звенигород). Измерения профилей температуры производились в непрерывном режиме с дискретностью по времени 5–10 минут и разрешением по высоте 50 метров. Данные о загрязнении приземного слоя городского воздуха получены с автоматических станций контроля загрязнения воздуха (АСКЗА) муниципальной сети ГПУ «Мосэкомониторинг»: концентрации оксида углерода, диоксида и оксида азота, суммарных углеводородов, озона.

Установлено, что максимальный отклик уровня загрязнения воздуха наблюдается при наличии приземной инверсии температуры в сочетании со слабым ветром в пограничном слое атмосферы. В устойчивой атмосфере формируется максимум загрязнения с утренним и вечерним пиками. Причем утренний пик превышает вечерний, поскольку «стартует» с более высокого фона обусловленного накоплением примесей и слабым рассеиванием в условиях ночной инверсии. Предполагается существование двух типов городской циркуляции, влияющей на перенос загрязняющих веществ в мегаполисе. При первом типе загрязнение с окраин переносится к центру города, при втором типе (из-за подавляющего влияния мощной инверсии) загрязнение остается вблизи источников и приземный воздух в центре города оказывается чище, чем на окраинах.

## **О пространственном распределении газовых компонент загрязнения городской атмосферы**

*Г.И. Горчаков<sup>1</sup>, Е.Г. Семутникова<sup>2</sup>, К.А. Шукуров<sup>1</sup>, Е.В. Зоткин<sup>1</sup>,  
А.В. Карпов<sup>1</sup>, Е.А. Лезина<sup>2</sup>*

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

<sup>2</sup> Государственное природоохранное учреждение «Мосэкомониторинг», Москва

Рассчитаны статистические характеристики вариаций концентрации газовых компонент загрязнения в воздушном бассейне г. Москвы по данным измерений на сети постов Мосэкомониторинга. Проанализированы особенности сезонной и синоптической изменчивости пространственного распространения газовых компонент загрязнения на территории города. Изучены корреляционные связи между вариациями концентраций малых газовых примесей в различных районах города. Рассчитаны вероятности превышения предельно допустимых концентраций и международных критериев.

## Исследование активности планетарных волн в зимне-весенний сезон 2002 г. в Южном полушарии

*П.Н. Варгин<sup>1</sup>, Д. Петерс<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Центральная Аэрологическая Обсерватория, Долгопрудный

<sup>2</sup> Институт атмосферной физики, Университет г. Росток, Кюхлунгсборн, Германия

В последние, более чем 20 лет в зимне-весенний сезон в Антарктике наблюдалось постоянное (за исключением 1988 г.) увеличение озонной аномалии. В этой связи, особенный интерес представляет исследование причин рекордно малой озонной дыры 2002 г. Сильная возмущенность стратосферы, ослабленная зональная циркуляция, высокая интенсивность планетарных волн и, впервые зарегистрированное в Южном полушарии, сильное стратосферное потепление, привели к разделению на две части полярного вихря [2–3]. Высокая интенсивность планетарных волн привела к интенсивному переносу озона из средних в полярные широты и значительному сокращению озонной аномалии [1].

Недавно было показано, что наблюдавшийся в Южной Атлантике антициклон, усиление которого наблюдалось в период сильного стратосферного потепления, связан с планетарной волной, возникшей в регионе сильной конвекции (характеризуемой сильной отрицательной аномалией уходящей длинноволновой радиации), расположенном вблизи Индонезии [4].

В настоящей работе проводится анализ пространственной структуры и временной изменчивости планетарных волн в зимне-весенний сезон 2002 г. в Южном полушарии и исследуется дополнительный (к описанному в [4]) источник волновой активности, усиление которого также оказало влияние на разделение полярного вихря в сентябре 2002 г.

1. *Варгин П.Н., Жадин Е.А.* Влияние сильного стратосферного потепления на Антарктическую озонную дыру в 2002 г. // *Метеорология и Гидрология*. 2004. Т. 8, С.36–45.
2. *Baldwin M., Hirooka T., O'Neil A., Yoden S.* Major Stratospheric Warming in the SH in 2002: Dynamical Aspects of the Ozone Hole Split // *SPARC Newsletter*. 2003. V. 20, P.24–26.
3. *Manney G., Sabutis J., Allen D., Lahoz W., Scaife A., Randall C., Pawson S., Swinbank R., Naujokat B.* Simulation of Dynamics and transport During the September 2002 Antarctic Major Warming // *Atmospheric Science*, 2005.
4. *Nishii K., H. Nakamura,* Tropospheric Influence on the Diminished Antarctic Ozone Hole in September 2002 // *Geophys. Res. Lett.*, 2004, V. 31, 2004GLO19532.

## **Некоторые особенности распределения водяного пара в зимней арктической стратосфере**

*С.М. Хайкин*

Центральная аэрологическая обсерватория, Долгопрудный

В докладе представлены результаты баллонных измерений вертикальных профилей водяного пара в верхней тропосфере и стратосфере, полученные при помощи оптического гигрометра FLASH-B, разработанного в ЦАО.

Приводятся результаты измерений водяного пара гигрометром FLASH-B, полученные в ходе полевой кампании, посвященной сравнению баллонных гигрометров на арктической станции в Соданкуле, Финляндия (67,40 с.ш. 26,70 в.д.), а также результаты баллонного зондирования на станции в Нью-Алесунде (78,90 с.ш., 11,90 в.д.), о. Западный Шпицберген, Норвегия.

Представлены результаты численных сравнений данных измерений водяного пара оптическим гигрометром FLASH-B и гигрометром точки инея NOAA-CMDL. Показано, что относительное расхождение между приборами в диапазоне высот 12–26 км не превышает 10 %, т. е. лежит в пределах погрешности измерений обоих приборов.

Отмечено, что вертикальный градиент водяного пара внутри полярного циклона выше, чем вне циклона, что объясняется нисходящим движением воздушных масс в циклоне. По проведенным оценкам, оседание воздушных масс в циклоне зимой 2004/05 года составило 6–7 км. Также отмечено, что профили водяного пара, полученные на границе или близко к границе полярного циклона, имеют, как правило, слоистую структуру, свидетельствующую об адвективном перемешивании воздушных масс различного происхождения.

Результаты баллонных измерений водяного пара со станции в Нью-Алесунде в январе 2005 года представляют собой особый интерес, поскольку получены в условиях аномально низких для арктической стратосферы температур. Приведен пример дегидратации воздушной массы за счет оседания ледяных частиц в полярном стратосферном облаке II типа. Делается вывод о том, что «изрезанность» профиля водяного пара в области экстремально низких температур в стратосфере обусловлена процессами конденсации водяного пара.

## **О спектральной корреляции концентраций газовых компонент загрязнения и метеопараметров**

*Г.И. Горчаков<sup>1</sup>, Е.Г. Семутникова<sup>2</sup>, Р.С. Озерцкий<sup>1</sup>*

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

<sup>2</sup> Государственное природоохранное учреждение «Мосэкомониторинг», Москва

Рассчитаны спектры плотности мощности и ко-спектры вариаций концентраций газовых компонент загрязнения и метеопараметров по данным измерений в 2004 г. на сети автоматических постов контроля качества атмосферного воздуха в г. Москве. Получены спектральные коэффициенты корреляции между вариациями некоторых компонент загрязнения городской атмосферы на разных постах и между вариациями различных газовых примесей по данным измерений на одном и том же посту.

Проанализированы статистические связи между вариациями метеопараметров в диапазоне временных масштабов от 1 часа до 1 месяца.

## **Анализ временной изменчивости концентраций малых газовых примесей в воздушном бассейне г. Москвы**

*Г.И. Горчаков<sup>1</sup>, Е.Г. Семутникова<sup>2</sup>, К.А. Шукуров<sup>1</sup>, Е.В. Зоткин<sup>1</sup>,  
А.В. Карпов<sup>1</sup>, Е.А. Лезина<sup>3</sup>, А.В. Ульяненко<sup>1</sup>*

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

<sup>2</sup> Государственное природоохранное учреждение «Мосэкомониторинг», Москва

<sup>3</sup> Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, Москва

Проанализированы результаты измерений в 2002–2004 гг. концентраций угарного и сернистого газа, оксида и диоксида азота, формальдегида и ароматических соединений на сети постов автоматического контроля качества атмосферного воздуха в г. Москве. Выявлены основные особенности сезонных, синоптических и внутрисуточных вариаций малых газовых примесей. Получены оценки вкладов внутрисуточных, синоптических и долгопериодных синоптических вариаций концентраций газовых компонент загрязнения в суммарную дисперсию. Рассчитаны спектры плотности мощности вариаций концентраций указанных компонент загрязнения приземного воздуха.

## **Дистанционное зондирование атмосферы на основе фотометрии лунных затмений**

*О.С. Угольников, И.А. Маслов*

Институт космических исследований РАН, Москва

Во время полных теневого лунного затмения представляется необычная возможность провести дистанционные оптические исследования состояния земной атмосферы над большой территорией вдоль лимба Земли, видимого с Луны. Длина этой территории сравнима с радиусом Земли.

В течение полной фазы затмения прямые солнечные лучи не достигают поверхности Луны, однако она освещается излучением, преломленным и рассеянным в атмосфере Земли. Угол преломления существенно зависит от высоты луча над земной поверхностью. Вследствие большой длины пути касательного луча в атмосфере небольшие неоднородности коэффициента поглощения могут приводить к значительным вариациям оптической плотности тени Земли.

Благодаря большим угловым размерам Луны и ее движению сквозь земную тень во время затмения оптическая плотность может быть измерена на значительной площади тени, что позволит построить радиальную зависимость плотности и исследовать ее азимутальные неоднородности.

Работа основана на фотометрических наблюдениях полных лунных затмений 4 мая и 28 октября 2004 года, выполненных на Южной Станции ГАИШ МГУ (п. Научный, Крым). Полученные распределения оптической плотности внутри земной тени сопоставлялись с данными о состоянии атмосферы в соответствующих районах вблизи лимба Земли.