

**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*<sup>1</sup>, *J.Staehelin*<sup>2</sup>, *A.S.H.Prévôt*<sup>3</sup>, *I.A.Senik*<sup>4</sup>, *M.G.Sosonkin*<sup>5</sup>, *J.Cui*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Physics of M.V.Lomonosov Moscow State University, Moscow

<sup>2</sup> Institute for Atmospheric and Climate Science, Zürich, Switzerland

<sup>3</sup> Paul Scherrer Institute, Villigen, Switzerland

<sup>4</sup> Obukhov Institute of Atmosphere Physics RAS, Moscow

<sup>5</sup> 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  $-0.65 \pm 0.09$  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 ( $\text{NO}_2$ :  $\text{NO}+\text{NO}_2$ ), 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  $\text{O}_3$ ), thereafter ozone production is first limited by the availability of the concentrations of VOCs (so called VOC limitation), subsequently  $\text{NO}_x$  concentrations decrease because of conversion to nitric acid ( $\text{HNO}_3$ ) which leads to the transition stage, in which ozone production maximizes; in the next stage  $\text{NO}_x$  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  $\text{HNO}_3$ . 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 ( $\text{NO}_x$ -limitation). Finally, if  $\text{NO}_x$  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 19<sup>th</sup> 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.Prévôt<sup>1</sup>, E.Weingartner<sup>1</sup>, S.Weimer<sup>1</sup>, J.Sandradewi<sup>1</sup>, M.R.Alfarra<sup>1</sup>,  
V.Lanz<sup>2</sup>, C.Hueglin<sup>2</sup>, S.Szida<sup>3</sup>, U.Baltensperger<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Paul Scherrer Institute, Villigen, Switzerland

<sup>2</sup> Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research, Dübendorf, Switzerland

<sup>3</sup> 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 <sup>14</sup>C 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 <sup>14</sup>C 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<sub>x</sub> 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.Сеник<sup>1</sup>, Н.Ф.Еланский<sup>1</sup>, О.А.Тарасова<sup>2</sup>, Е.Н.Кадыгров<sup>3</sup>, И.Б.Беликов<sup>1</sup>*

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

<sup>2</sup> Физический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва

<sup>3</sup> 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<sub>x</sub>, 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<sub>x</sub> — с максимумом днем, CO — с минимумом днем. Утренний максимум NO<sub>x</sub> 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  $-0.64 \pm 0.09$  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 ( $\Delta$ 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 $^{222}\text{Rn}$ 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  $^{222}\text{Rn}$  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  $^{222}\text{Rn}$  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  $^{222}\text{Rn}$  в исследованных регионах связаны с его накоплением в приземной атмосфере в периоды ночных температурных инверсий. Ночью, при наличии температурной инверсии, концентрация  $^{222}\text{Rn}$  всегда повышенная. При отсутствии температурной инверсии концентрация радона заметно меняется от места к месту. Наиболее высокие концентрации  $^{222}\text{Rn}$  (до  $40 \text{ Бк/м}^3$ ) характерны для горных регионов (Урал, Южная Сибирь), а также районов, находящихся под влиянием локальных и удаленных антропогенных источников  $^{222}\text{Rn}$  (регионы Западной Сибири и Восточной Европы).

Проведен анализ пространственного распределения парниковых газов ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ) вдоль Транссибирской железнодорожной магистрали от Москвы до Владивостока. Отмечена корреляция между изменениями концентраций  $^{222}\text{Rn}$  и парниковых газов в периоды ночных температурных инверсий.

Проведена оценка эмиссии  $^{222}\text{Rn}$  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  $^{222}\text{Rn}$  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  $^{222}\text{Rn}$  примерно одинакова. В дождливые дни она снижается вследствие увеличения влажности

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

Проведен анализ пространственного распределения эмиссий  $^{222}\text{Rn}$  на территории России от Москвы до Владивостока. Рассчитанные значения потока радона варьируют от 0.26 до 35 Бк/м<sup>2</sup>мин. Можно выделить несколько регионов с повышенными значениями потока радона: Западно-Сибирская равнина – Прибайкалье (30–35 Бк/м<sup>2</sup>мин), Забайкалье (~15 Бк/м<sup>2</sup>мин), а также регион Амуро-Зейской равнины (8–10 Бк/м<sup>2</sup>мин).

## Определение особенностей регионального переноса загрязнений из промышленных регионов в центр Сибири на основе данных наблюдений $\text{NO}_x$ 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  $\text{NO}_x$ . 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  $\text{NO}_x$ . 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  $\text{NO}_x$  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.

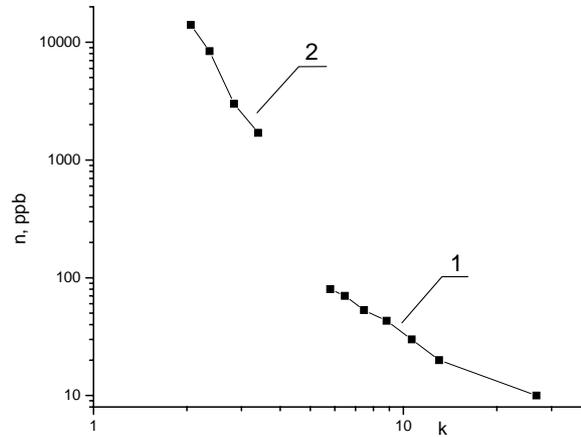


Рис. 1. Калибровочные кривые для полупроводникового NiO газового сенсора. 1. — естественные концентрации озона, 2. — высокие концентрации озона.

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. Григоршин 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.Беликов<sup>2</sup>, К.В.Жерников<sup>1</sup>, Л.А.Обвинцева<sup>1</sup>, Р.А.Шумский<sup>2</sup>*

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

<sup>2</sup> 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.

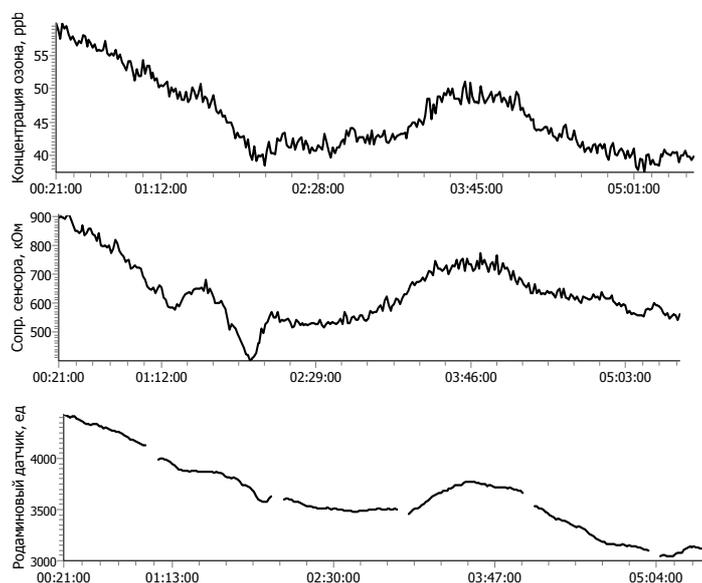


Рис. 1 Полевые измерения концентрации озона. Цимлянск 2006.

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

*Е.Д.Киреева<sup>1</sup>, О.Б.Поповичева<sup>1</sup>, Н.М.Персианцева<sup>1</sup>, Т.Д.Хохлова<sup>2</sup>,  
Н.К.Шония<sup>2</sup>, Р.DeMott<sup>3</sup>, К.Koehler<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Институт ядерной физики МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва

<sup>2</sup> Химический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва

<sup>3</sup> 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, терморжима 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.Горчаков<sup>1</sup>, Е.Г.Семутникова<sup>2</sup>, Е.А.Лезина<sup>2</sup>, А.В.Карпов<sup>1</sup>,  
А.Б.Колесникова<sup>1</sup>*

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

<sup>2</sup> 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.Кудринская<sup>1</sup>, А.П.Кривошеев<sup>2</sup>, Н.А.Петров<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> ГОУ СПО РО Донской педагогический колледж, Ростов-на-Дону

<sup>2</sup> 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.

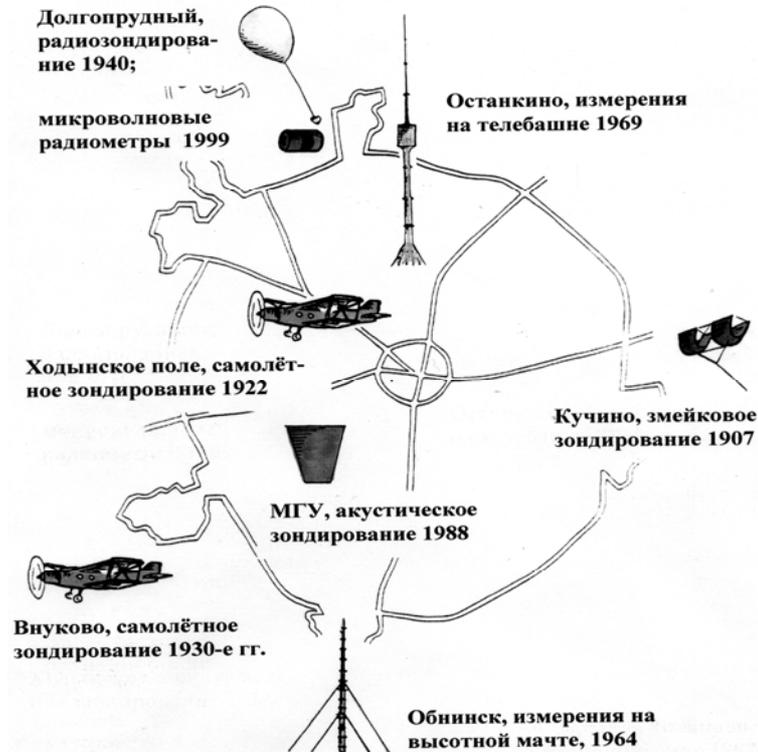


Рис. 1. Схема разных видов аэрологических измерений в районе Москвы с указанием времени начала их проведения. Показаны контуры Москвы..

### 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.Сергеева*<sup>1</sup>, *Е.В.Фокеева*<sup>2</sup>, *В.С.Ракитин*<sup>2</sup>, *Р.Д.Кузнецов*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Российский химико-технологический университет им. Д.И.Менделеева, Москва

<sup>2</sup> 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  $4.7 \text{ мкм}$  [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  $\Delta U$ . Величина  $\Delta U$  характеризует загрязненность города окисью углерода и определяется интенсивностью выноса примеси и мощностью ее источников. Проведено сопоставление  $\Delta U$  со значениями приземных концентраций CO, определенной на пункте сети «Экомониторинга», «Балчуг» за 2005–2006 гг.

Определены частоты повторяемости различных значений  $\Delta U$  в холодный и теплый периоды года. Проведено сравнение полученного результата с результатами за 1993–2005 гг. Получено преобладание низких значений  $\Delta U$  в теплый период. Были определены коэффициенты корреляции городской части содержания  $\Delta U$  со средней скоростью ветра в слоях от 60 до 300 метров. Среднегодовые значения  $\Delta U$  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<sup>1</sup>, М.А.Локощенко<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Международный университет «Дубна», Дубна

<sup>2</sup> 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/м<sup>3</sup> 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.

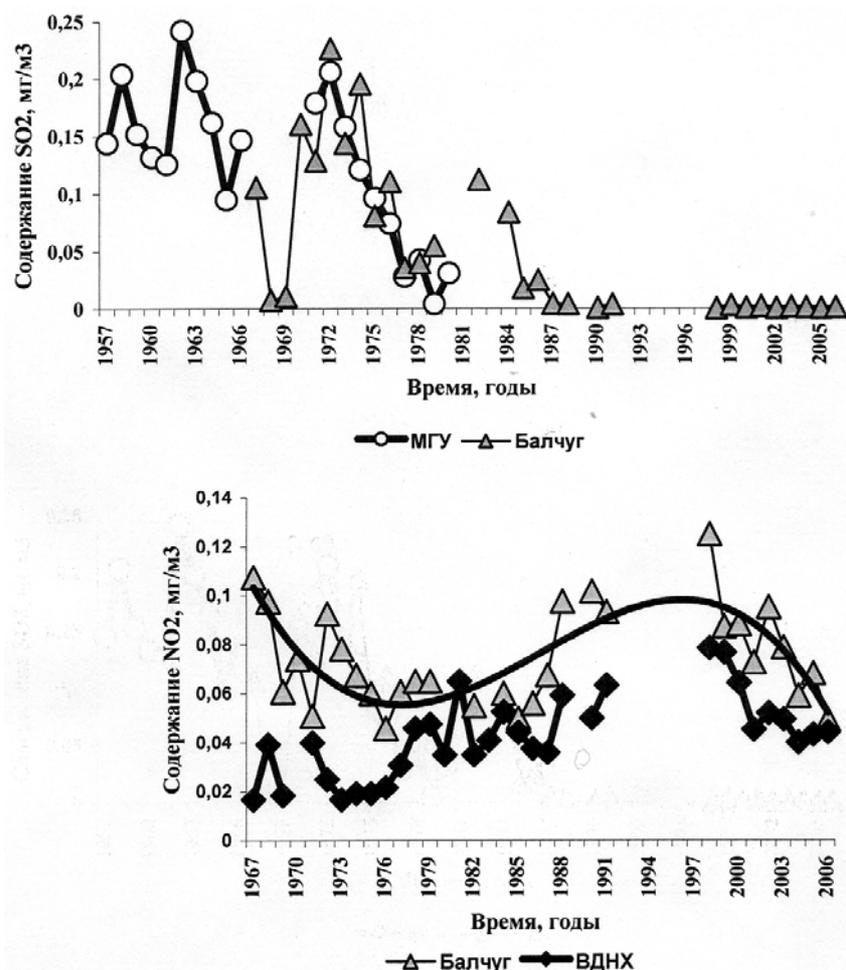


Рис. 1. Многолетняя изменчивость в Москве приземного содержания диоксида серы (верхняя часть) и диоксида азота (нижняя часть).

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 (NO<sub>2</sub>), приземного озона (O<sub>3</sub>). 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.Горчаков<sup>1</sup>, Е.Г.Семутникова<sup>2</sup>, Б.А.Аношин<sup>1</sup>, С.С.Шмыгов<sup>3</sup>*

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

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

<sup>3</sup> 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