

А.С. Козлов, А.Н. Анкилов, А.М. Бакланов, Е.Д. Веселовский, А.Л. Власенко, С.И. Еременко, С.Б. Малышкин, С.Э. Пашенко, А.В. Шитов

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК АЭРОЗОЛЯ ТЕЛЕЦКОГО ОЗЕРА

Приводятся данные измерений дисперсного состава аэрозоля, содержания сульфата аммония в аэрозолях, концентрации малых газовых примесей в приземном слое атмосферы. Передвижная экологическая лаборатория располагалась на территории управления Алтайского государственного заповедника на берегу Телецкого озера (п. Артыбаш, с 23 мая по 2 июня 1997 г.). Место проведения измерений характеризуется значительным удалением от крупных источников антропогенных выбросов и автотрасс.

Атмосферные аэрозоли существенным образом влияют на радиационный баланс Земли. Основу аэрозольного эффекта составляют обратное рассеивание (отражение назад в космос) и поглощение солнечного излучения аэрозольными частицами, уменьшающее количество энергии, получаемое поверхностью [1]. Это так называемый «эффект белого дома» или прямой аэрозольный эффект, обеспечивающий охлаждение Земли. Другой механизм (косвенный аэрозольный эффект) состоит в том, что аэрозольные частицы влияют на радиационный баланс, участвуя в формировании облаков и осадков.

Горно-Алтайский регион при крайне низкой концентрации источников антропогенных выбросов является уникальным объектом для изучения естественных концентраций аэрозоля и малых газовых примесей, а также их природной взаимосвязи. В то же время атмосферный аэрозоль Горного Алтая изучен гораздо слабее, чем других регионов.

Расположение и метеоусловия

Исследования проводились на базе передвижной экологической лаборатории группы «ЭКОС» ИХКиГ СО РАН. Лаборатория позволяет вести непрерывные круглосуточные измерения ряда показателей газовых и аэрозольных примесей в атмосфере [2]. Спектр размеров аэрозолей измерялся комплексом из фотоэлектрического счетчика АЗ-6 и диффузионного спектрометра аэрозолей ДСА на базе сетчатой диффузионной батареи. На базе комплекса возможно определение следующих характеристик аэрозоля:

- счетной концентрации частиц крупнодисперсной (размером более 0,7 мкм) фракции (АЗ-6);
- общей поверхности частиц размером более 0,7 мкм;
- счетной концентрации частиц высокодисперсной фракции, от 2 до 300 нм (ДСА);

– счетной концентрации частиц в диапазоне 2–4 нм (ультрадисперсная фракция); левая граница диапазона определяется порогом конденсационного укрупнителя [2], правая – осаждением на сетках первого каскада батарей;

– массовой концентрации аэрозоля сульфата аммония (определялась при помощи термоденудерной системы [3] и флуоресцентного SO₂-анализатора; тот же анализатор использовался для определения газовой составляющей диоксида серы);

– интегрального коэффициента светорассеяния (измерялся интегрирующим нефелометром m1550B).

В задачи экспедиции входило исследование дисперсного состава аэрозоля и концентрации малых газовых примесей в приземном слое атмосферы без учета влияния источников антропогенных выбросов. Для этих целей было выбрано место в районе с. Артыбаш.

Село Артыбаш расположено в 150 км к юго-востоку от Горно-Алтайска. Передвижная экологическая лаборатория располагалась на территории управления Алтайского государственного заповедника на берегу Телецкого озера (23 мая – 2 июня 1997 г.). Место характеризуется большим расстоянием до ближайших населенных пунктов и соответственно малой плотностью источников антропогенных выбросов (рис. 1).

Во время проведения экспедиции метеоусловия (рис. 2) позволяли выделить два характерных для северо-восточной оконечности озера направления ветра – северное и юго-восточное с периодом смены порядка 8–30 ч и скоростью ветра 3–5 м/с. По температуре весь период наблюдений разделялся на две части – первая, условно-холодная (23–26.05), характеризовалась низкими ночными температурами 0–2°C и дневными порядка 20°C, в дальнейшем (27.05–2.06) ночная температура поднималась до 6–8°C и дневная – до 30°C.



Рис. 1. Расположение места проведения измерений

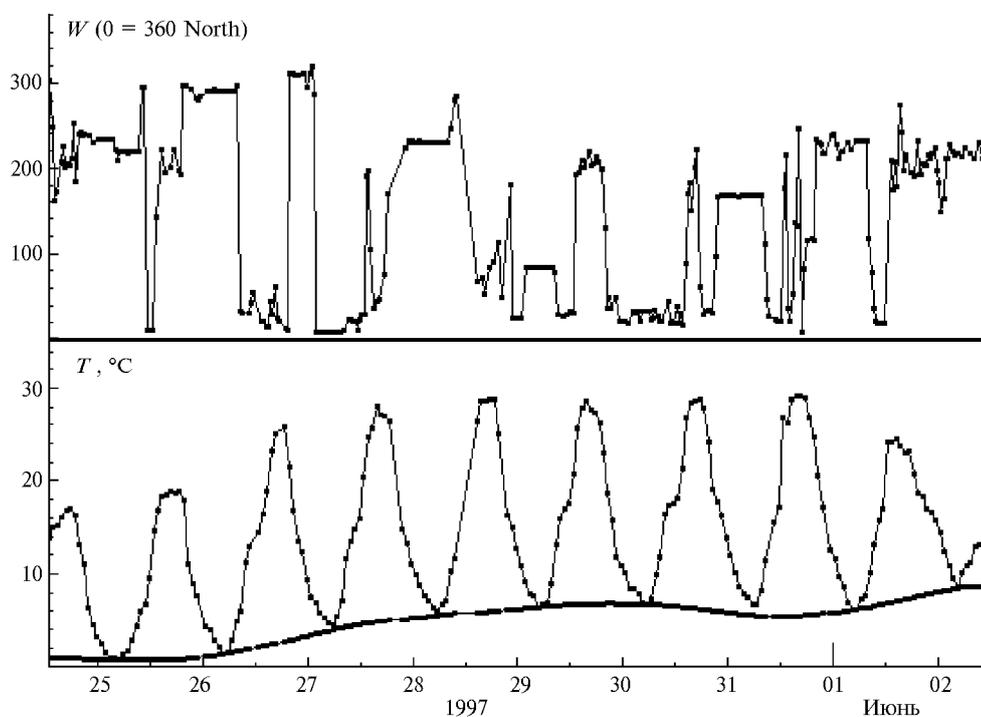


Рис. 2. Направление ветра W и температура T с фоновой составляющей

Аэрозольные измерения

В данных измерениях основное влияние на характеристики аэрозоля оказали не особенности ветров, а вышеупомянутое разделение на два периода по температуре.

Во фракции высокодисперсных частиц (рис. 3) в холодный период фоновая (минимальная) концентрация составляла 400 частиц в 1 см^3 с подъемами до 2500. В теплый период наблюдался обратный (ночной) суточный ход концентрации от 800 до $5000/\text{см}^3$. Начало повышения концентрации

приходилось примерно на 18 ч местного времени с дальнейшим ростом до 24 ч и последующим спадом к 8 ч утра. Средний диаметр частиц N составил 80 нм в первый период и 120 нм – во второй. Характерные спектры размеров приведены на рис. 4.

Фоновая величина интегрального коэффициента светорассеяния составила $0,3/10 \text{ км}$. Зафиксированы регулярные ночные увеличения до $0,6/10 \text{ км}$ (рис. 5). Стоит отметить, что минимальные значения коэффициента светорассеяния для арктической воздушной [4] массы составляли $0,8/10 \text{ км}$.

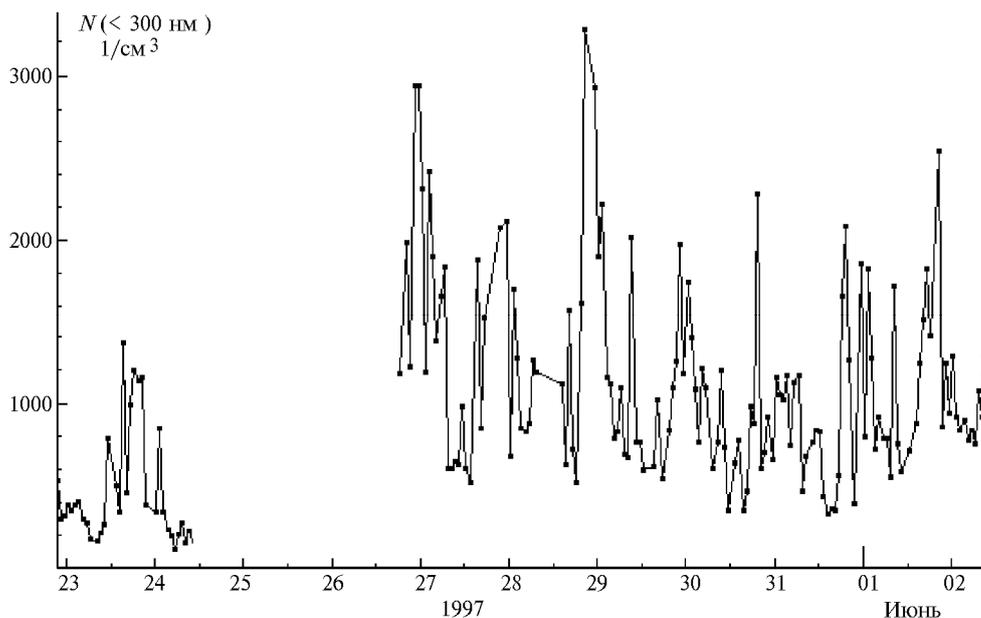


Рис. 3. Изменение концентрации высокодисперсных частиц

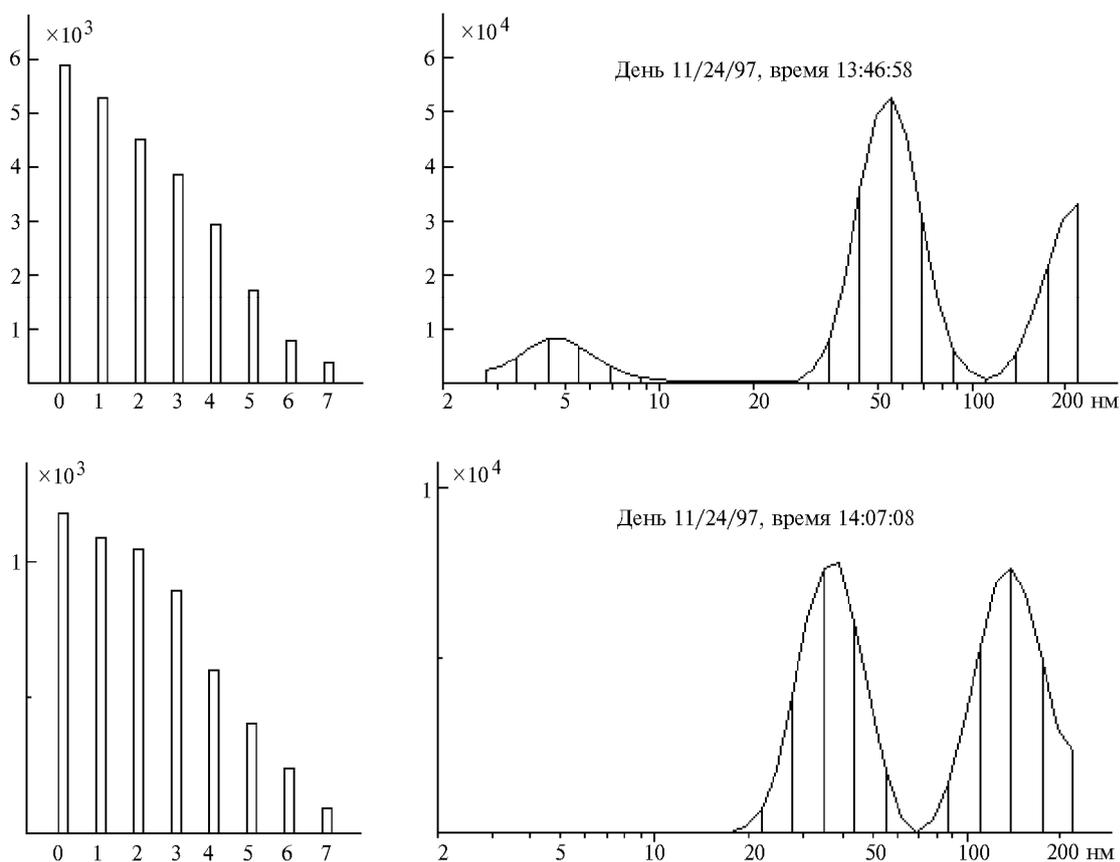


Рис. 4. Характерные спектры и распределения по размерам высокодисперсных частиц

Измерения химического состава и концентрации газовых примесей

Одновременно с параметрами аэрозольных частиц измерялась массовая концентрация сульфата аммония (рис. 6) и его основного продуцента – диоксида серы.

Анализ данных показывает, что для всего периода измерений можно выделить суточный ход массовой концентрации сульфата аммония. Длительность дневного пика концентрации сульфата аммония составила $10 \pm 20\%$ ч. Начало нарастания сульфатов сдвинуто на 4–5 ч относительно освеще-

шенности. Максимум дневной концентрации приходится на начало понижения освещенности (19 ч местного времени) и совпадает с максимумом температуры. Также следует отметить наличие периодически наблюдаемых ночных подъемов концентрации сульфата, по мощности вполне сравнимых с дневными. Аналогичным образом можно охарактеризовать и поведение концентрации диоксида серы.

В процессе обработки результатов выявлена корреляция концентрации сульфата аммония с двуокисью серы с коэффициентом 0,85. Отметим, что для арктической воздушной массы была рассчитана довольно

схожая величина – 0,89 [4]. Длительность и положение дневного максимума концентрации сульфата также схожи с арктической воздушной массой.

При повышении ночной температуры на 6 и дневной на 10 °С фоновая (ночная) концентрация сульфата выросла в 5 раз, а средняя высота дневного максимума – в 2 раза.

Концентрация озона описывается четко выраженным суточным ходом от 7 ppb ночью (минимум – 5 утра) до 20 ppb днем (максимум – 17 ч). Отмечено небольшое повышение фонового содержания порядка 2 ppb, одновременное с повышением температуры.

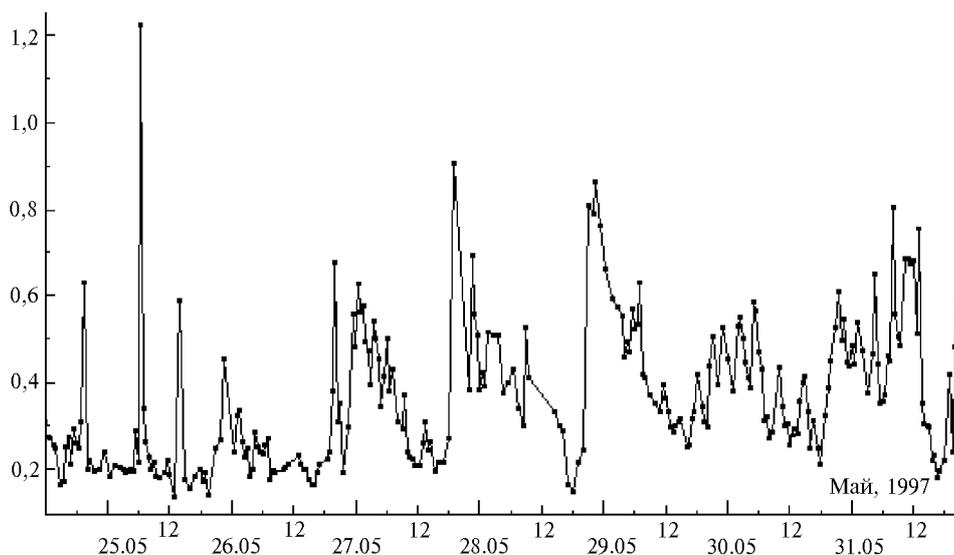


Рис. 5. Интегральный коэффициент обратного светорассеяния

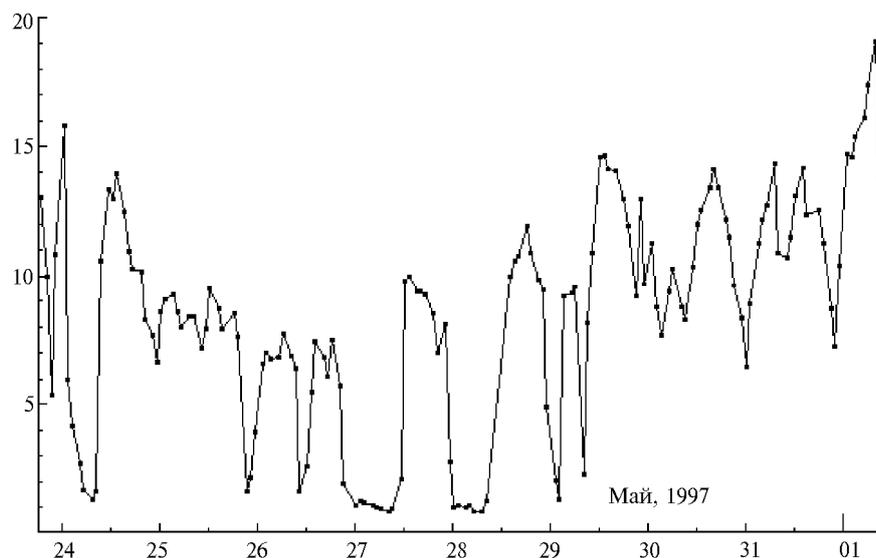


Рис. 6. Массовая концентрация сульфата аммония в аэрозолях

Заключение

Весь период экспедиционных измерений по температуре был поделен на две части: условно-теплую и

холодную. Установлено, что при повышении ночной температуры на 6°С и дневной на 10°С фоновая (ночная) концентрация сульфата выросла в 5 раз, а средняя высота дневного максимума в 2 раза. При анализе ре-

зультатов выявлена корреляция концентрации сульфата аммония с двуокисью серы с коэффициентом 0,85. Отметим, что для арктической [4] воздушной массы была рассчитана довольно схожая величина – 0,89.

Длительность и положение дневного максимума концентрации сульфата также схожи с арктической воздушной массой. Отмечены рост средней концентрации высокодисперсных частиц в 2 раза и увеличение среднего размера на 40 нм при повышении температуры на величину около 8°C.

Обнаружен обратный (ночной) суточный ход концентрации высокодисперсных частиц и нормальный (дневной) суточный ход содержания сульфата аммония в аэрозолях. Фоновая величина интегрального коэффициента светорассеяния составила

0,3/10 км, что в 2,5 раза меньше значения, полученного для арктической воздушной массы [4].

1. Charlson R.J. et al. Perturbation of the northern hemisphere radiative balance by sulfate aerosols // *Tellus*. 1992. 43AB. P. 152–163.
2. Wyers P., Ten Brink E., Brandsma M., Khlistov A., Ankilov A.N., Bazhin N.M., Baklanov A.M., Eremenko S.I. Automated aerosol-denuder system for continuous measurements size distribution of aerosol and determination (NH₄)₂SO₄, H₂SO₄, NH₄NO₃, HNO₃ and NO, NO₂, O₃, SO₂ in atmosphere and aerosols // *J. Aerosol Sci.* 1995. V. 26. Suppl. 1. P. S379.
3. Slanina J., Schoonebeek C.A.M., Klockow D., Niessner R. // *Anal. Chem.* 1985. V. 57. N 9. P. 1955.
4. Козлов А.С., Пащенко С.Э., Еременко С.И., Бакланов А.М., Малышкин С.Б., Олехнович Э.С., Иващенко С.А. Исследование дисперсного состава аэрозоля и концентрации малых газовых примесей в умеренной и арктической воздушных массах // *Оптика атмосферы и океана*. 1997. Т. 10. N 6. С. 673–680.

Институт химической кинетики и горения СО РАН, г. Новосибирск
Алтайский государственный заповедник, с. Артыбаш;
Алтайский государственный университет, г. Барнаул

Поступила в редакцию
4 февраля 1998 г.

A.S. Kozlov, A.N. Ankilov, A.M. Baklanov, E.D. Veselovskii, A.L. Vlasenko, S.I. Eremenko, S.B. Malyshev, S.E. Pashchenko, A.V. Shitov. Teletskoe Lake Aerosol Investigation.

Aerosol characteristics and trace gases concentration data in boundary layer were measured remotely from anthropogenic pollution sources at Altay mountains near Teletskoe lake. Interrelation of aerosol characteristics, trace gases and meteorological parameters are discussed.