

Анализ временной динамики изменения состава атмосферного аэрозоля на севере Западной Сибири

В. Ф. РАПУТА*, Б. С. СМОЛЯКОВ**, К. П. КУЦЕНОГИЙ***,
А. И. СМЕРНОВА***, Т. В. ЯРОСЛАВЦЕВА***

* *Институт вычислительной математики
и математической геофизики СО РАН
630090 Новосибирск, просп. Акад. Лаврентьева, 6*

** *Институт неорганической химии СО РАН
630090 Новосибирск, просп. Акад. Лаврентьева, 3*

*** *Институт химической кинетики и горения СО РАН
630090 Новосибирск, ул. Институтская, 3*

АННОТАЦИЯ

На данных измерений состава атмосферного аэрозоля, полученных в двух населенных пунктах на севере Тюменской области, и данных аэрологического зондирования скорости и направления ветра изучаются закономерности изменения его суточной динамики. Непрерывная посуточная длительность отбора проб составляет от двух до четырех недель и охватывает все сезоны года.

Совместный анализ измерений и аэрологического зондирования атмосферы за эти периоды позволяет сделать определенные выводы об атмосферных поступлениях веществ в пункты наблюдений. В зимнее время при ветрах юго-западного направления наблюдаются многократное увеличение концентраций различных элементов и изменение ионного состава. В случае слабых неустойчивых ветров происходит резкое падение содержания этих веществ в атмосфере. Данное обстоятельство указывает на отсутствие вблизи значительных локальных источников выбросов этих примесей.

Проведены оценки относительных суммарных поступлений веществ за различные периоды наблюдений, связанных с особенностями климата исследуемого региона.

ВВЕДЕНИЕ

Основные антропогенные источники регионального загрязнения севера Западной Сибири расположены на Кольском п-ове, Южном и Среднем Урале, на юге Западной Сибири. С востока возможно атмосферное поступление выбросов примесей от Норильского горно-металлургического комбината [1].

Равнинная территория не препятствует проникновению с севера и юга воздушных масс, поэтому в любое время года возможны резкие изменения погоды и значительные температурные колебания в течение суток. Климат данной

территории характеризуется суровой продолжительной зимой, сравнительно коротким и теплым летом, небольшими переходными периодами – весной и осенью. В теплое время года преобладают ветра северного и северо-западного направлений, а в холодное время года характерно южное и юго-западное направление ветра [2].

Начиная с 1995 г. в двух населенных пунктах, расположенных на севере Тюменской обл. (поселки Тарко-Сале и Самбург), ведутся наблюдения за составом атмосферного аэрозоля. Эти наблюдения носят достаточно систематический характер. Непрерывная длительность отбора проб составляет от двух до четырех не-

дель. В полученных пробах посуточно определяются элементный и ионный состав аэрозолей, содержание полициклических ароматических углеводородов, хлорорганических пестицидов, хлорированных бифенилов [3, 4].

В пос. Тарко-Сале находится метеорологическая станция. На ней измеряются текущие значения метеорологических характеристик в приземном слое атмосферы, проводятся ежедневные аэрологические наблюдения направления и скорости ветра до высот порядка 20 км.

Отсутствие значительных локальных источников антропогенного загрязнения атмосферного воздуха, достаточно компактное расположение крупных источников аэрозольных примесей, находящихся за пределами изучаемого региона, регулярная система наблюдений могут существенно упростить интерпретацию получаемой информации, изучить временное и пространственное распределение атмосферного стока аэрозолей, прогнозировать динамику возможного закисления исследуемой территории. Данная проблема обусловлена сочетанием следующих обстоятельств: повышением кислотности атмосферных осадений в результате техногенных выбросов оксидов серы и азота и недостаточной буферной емкости почвенных и поверхностных вод [5]. Повышение кислотности вод увеличивает миграционную способность многих элементов, в том числе и токсичных металлов, способных накапливаться в трофических цепях, что вызывает серьезные негативные последствия. Детально эта проблема рассмотрена в работе [6].

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ

Отбор проб в каждом из пунктов наблюдений проводили с помощью фильтровентиляционной установки. Пробы отбирали на фильтры двух типов: АФА-ХА и стекловолокнистые GF92 непрерывно в течение суток. Объемная скорость отбора через фильтры АФА-ХА равна 8 м³/ч.

Осадок аэрозолей на фильтрах АФА-ХА использовали для определения массовой концентрации, многоэлементного и ионного состава, а также содержания ряда органических экотоксикантов (полиароматических углеводоро-

дов, полихлорированных бифенилов, хлорорганических пестицидов).

Осадок на стекловолокнистых фильтрах использовали для определения концентрации органического и неорганического углерода.

Массовую концентрацию определяли гравиметрическим способом, измеряя массу осадка на фильтре.

Далее фильтр АФА делили на части. Половина фильтра использовалась для анализа ионного состава, одну четверть фильтра использовали для определения органических экотоксикантов (ПАУ, ПХБ, ХОП), другую четверть – для измерения многоэлементного состава.

Ионный состав определяли методом ионной хроматографии и титриметрии.

Определение ПАУ, ПХБ и ХОП проводили с помощью хромато-масс-спектрометрии.

Многоэлементный состав определяли рентгенофлуоресцентным методом с использованием синхротронного излучения.

Для измерения содержания органического и неорганического углерода использовали реакцию газовую хроматографию.

АТМОСФЕРНЫЙ ПЕРЕНОС И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ АЭРОЗОЛЕЙ

Наличие длительных непрерывных по времени рядов наблюдений как за составом атмосферного аэрозоля, так и за направлением и скоростью ветра на различных высотах позволяет провести их сопоставление, выявить качественные и количественные связи с источниками выбросов.

Наибольший интерес представляют периоды наблюдений с устойчивым направлением ветра. В этом случае, учитывая расстояние между указанными выше районами крупных выбросов аэрозолей в атмосферу (Урал, Южная и Восточная Сибирь, Кольский п-ов) и пунктами наблюдений, можно оценить динамику их поступления.

Следует отметить, что при сравнительно небольших временах переноса (порядка нескольких суток) основная масса выбросов от этих источников будет находиться в пределах пограничного слоя атмосферы и относительно равномерно распределится в нем по вертикали [7]. Концентрация примеси в данном случае зави-

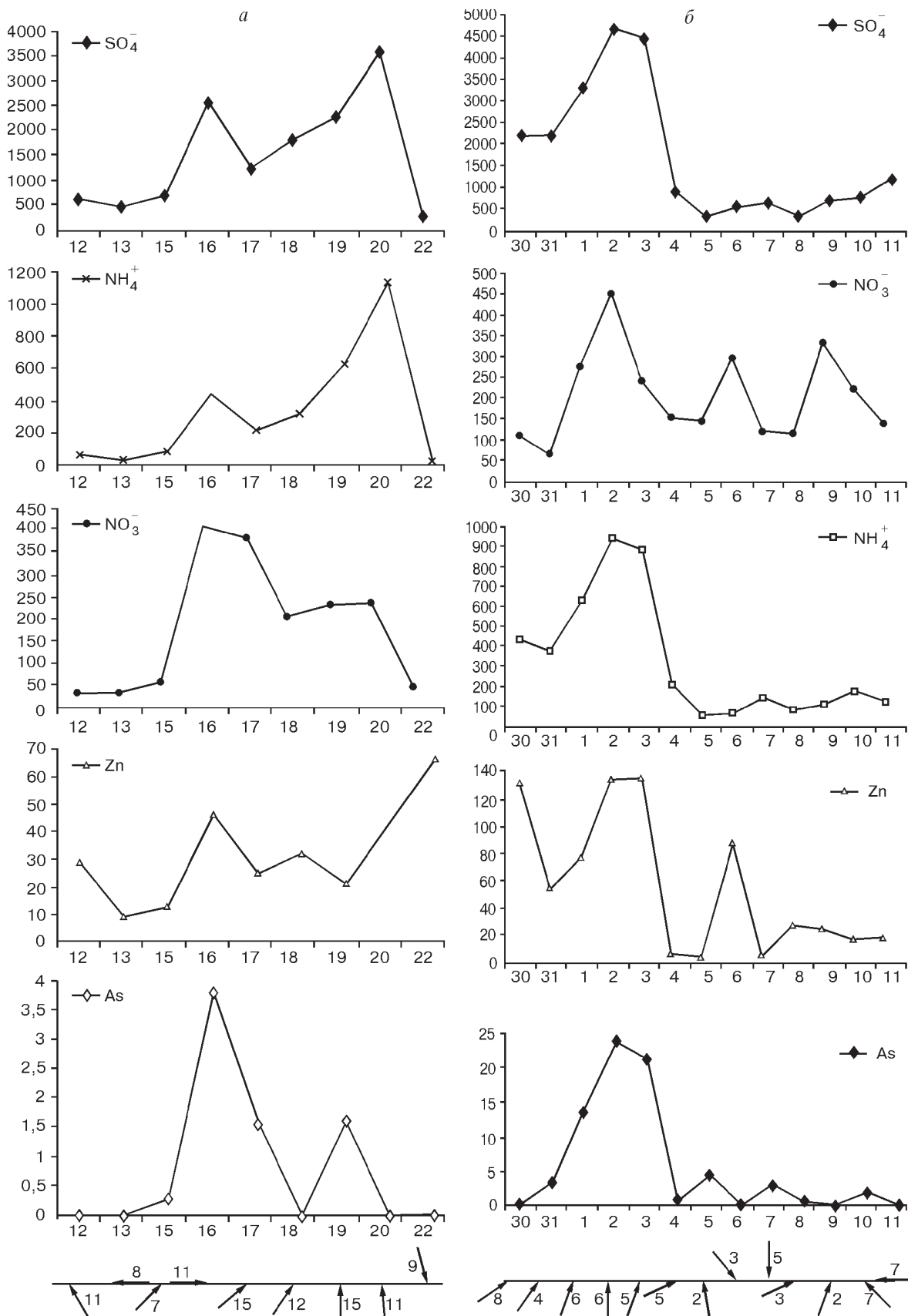
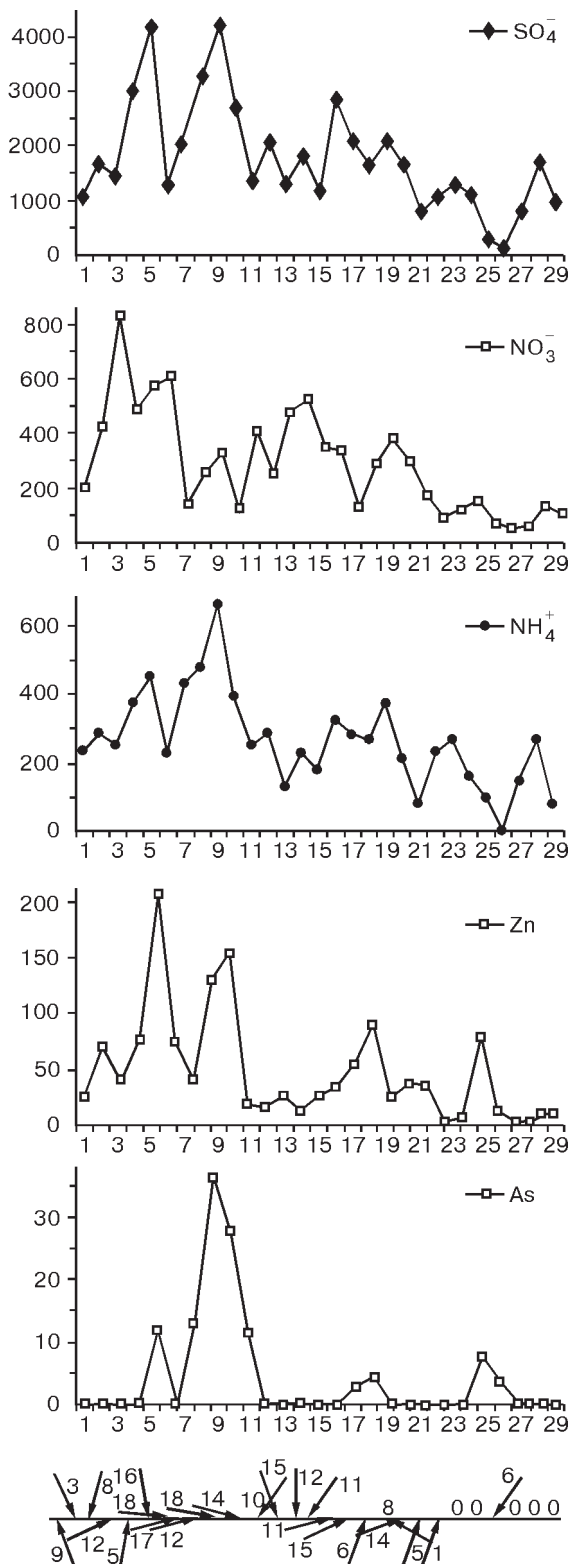


Рис. 1. Суточная динамика изменения концентраций ионов и элементов и направления и скорости ветра на высоте 1000 м за период наблюдений с 12 по 22 декабря 1996 г. (а) и с 30 октября по 11 ноября 1997 г. (б).



сит от небольшого числа параметров и в стационарных условиях может быть рассчитана с помощью следующего соотношения [7–9]:

$$q(x,y) = \frac{Q}{\sqrt{2\pi} \cdot u \cdot H \cdot \sigma_y(x)} e^{-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}}, \quad (1)$$

где $q(x,y)$ – концентрация примеси в слое перемешивания, Q – мощность источника, u – средняя скорость ветра, направленная вдоль оси x , H – высота слоя перемешивания, $\sigma_y(x)$ – функция, описывающая поперечную диффузию примеси.

Для севера Западной Сибири высота слоя перемешивания меняется от нескольких сот метров до одного километра. С учетом этих особенностей переноса примеси требования к метеорологической информации можно существенно снизить. На рис. 1 и 2 приведены данные измерений концентраций сульфатов, нитратов, аммония, цинка и мышьяка для трех рядов наблюдений, относящихся к первой половине зимних периодов 1996 и 1997 гг. Совместный анализ данных измерений скорости ветра и концентраций аэрозолей в атмосферном воздухе позволяет установить определенные закономерности. При ветрах юго-западного направления происходит многократное увеличение концентраций этих веществ. Причем максимальные значения, как правило, достигаются со сдвигом в одни или двое суток.

Оценки показывают, что этого времени достаточно для прохождения воздушной массы от районов Южного и Среднего Урала до пунктов наблюдения. Обращает на себя внимание повторяемость близких значений максимумов концентраций для каждого из веществ в рассматриваемых временных промежутках. На наш взгляд, это соответствие объясняется сходством климатических характеристик рассеяния примесей и режимом поступления антропогенных выбросов в атмосферу.

Данные, приведенные на рис. 2, показывают заметное снижение концентраций в двадцатых числах декабря 1997 г. при слабых неустой-

Рис. 2. Суточная динамика изменения концентраций ионов и элементов и направления и скорости ветра на высоте 1000 м за период наблюдений с 1 по 30 декабря 1997 г. в пос. Тарко-Сале.

Соотношения суммарных концентраций различных компонентов атмосферного аэрозоля

| Место, период наблюдения | Отношение $[\text{SO}_4^{2-}]/[x_i]$ | | | |
|--------------------------------|--------------------------------------|-----------------|------|------|
| | $[x_i]$ | | | |
| | NO_3^- | NH_4^+ | Zn | As |
| Самбург 12.12–22.12.1996 г. | 8,4 | 4,6 | 47,9 | 1884 |
| Самбург 30.10–11.11.1997 г. | 8,3 | 5,2 | 30,7 | 306 |
| Тарко-Сале 01.12–31.12.1997 г. | 6,9 | 6,7 | 38,9 | 439 |

чивых ветрах, что указывает на отсутствие значительных локальных источников выбросов этих примесей вблизи пунктов отбора проб.

В таблице представлены относительные суммарные поступления сульфатов к нитратам, аммонии, цинку и мышьяку для трех зимних периодов наблюдений 1996 и 1997 гг. Несмотря на значительные межсуточные изменения концентраций рассматриваемых веществ, данные таблицы указывают на существование устойчивых относительных распределений, что, по-видимому, связано с особенностями климатического загрязнения исследуемой местности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Совместный анализ временной динамики изменения состава атмосферных аэрозолей, направления и скорости ветра позволил выявить ряд закономерностей, связанных с региональными антропогенными источниками аэрозольного загрязнения севера Западной Сибири.

В зимнее время наибольший вынос сульфатов, нитратов и других веществ наблюдается при устойчивом юго-западном направлении ветра, что позволяет связать их поступление с районами Южного и Среднего Урала. Для длительных временных периодов слабых, неустойчивых ветров характерен низкий уровень содержания аэрозолей в атмосферном воздухе.

В летнее время изменение концентраций веществ в воздухе определяется существенно большим числом факторов и требует для проведения анализа более детальной информации о поле ветра в слое перемешивания и возможных источниках поступления аэрозолей.

Дальнейшее развитие исследований в этом направлении требует использования более полной метеорологической информации по достаточно обширным территориям, учета временной структуры и состава аэрозольных выбросов от региональных и глобальных источников.

ЛИТЕРАТУРА

1. Э. Ю. Безуглая, Г. П. Расторгуева, И. В. Смирнова, Чем дышит промышленный город, Л., Гидрометеоздат, 1991.
2. Н. В. Кобышева, С. И. Костин, Э. А. Струнников, Климатология, Л., Гидрометеоздат, 1980.
3. К. П. Куценогий, Г. А. Ковальская и др., *Оптика атмосферы и океана*, 1998, **11**: 6, 625–631.
4. Б. С. Смоляков, Л. А. Павлюк и др., *Химия в интересах устойчивого развития*, 1997, 5, 193–199.
5. Ю. А. Израэль, И. М. Назаров и др., Кислотные дожди, Л., Гидрометеоздат, 1989.
6. Б. С. Смоляков, *Сиб. экол. журн.*, этот выпуск.
7. Н. Л. Бызова, Е. К. Гаргер, В. Н. Иванов, Экспериментальные исследования атмосферной диффузии и расчеты рассеяния примеси, Л., Гидрометеоздат, 1991.
8. В. Ф. Рапута, Т. В. Ходжер и др., *Оптика атмосферы и океана*, 1998, **11**: 6, 650–653.
9. Атмосферная турбулентность и моделирование распространения примесей. Под ред. Ф. Т. М. Ньюистадта и Х. ван Допа, Л., Гидрометеоздат, 1985.

Analysis of the Time Course of Change of the Atmospheric Aerosol Composition in the North of West Siberia

V. F. RAPUTA, B. S. SMOLYAKOV, K. P. KUTSENOGIL,
A. I. SMIRNOVA, T. V. YAROSLAVTSEVA

On the data measurements of the atmospheric aerosol composition obtained in two settlements in the north of the Tyumen oblast and on the data of aerologic probing of wind velocity and direction, patterns of changes of its time course are studied. Continuous daily sampling duration is 2 to 4 weeks and includes all seasons.

A combined analysis of measurements and aerologic probing of the atmosphere for these periods permits making certain conclusions about the atmospheric supply of compounds to the observation points. In winter, with winds of south-western direction, a multiplex increase of concentration of various elements and a change of ionic composition is observed. During weak unstable winds, a brusque decrease of the amount of these substances in the atmosphere takes place. This circumstance witnesses to absence of any considerable local sources of emission of these contaminations in the neighborhood.

Estimations of relative total supply of substances for various observation periods connected with the peculiarities of the research location have been carried out.