

А.В. Таловская, Е.Г. Язиков, М.В. Панченко¹, В.С. Козлов¹

Мониторинг потоков аэрозольных выпадений в фоновых районах Томской области

*Томский политехнический университет
¹ Институт оптики атмосферы СО РАН, г. Томск*

Поступила в редакцию 29.01.2007 г.

Представлены результаты исследования пространственно-временной изменчивости потоков аэрозольных выпадений в холодный период года для двух фоновых наблюдательных станций ИОА СО РАН – район Академгородка и полигон «Фоновый» (п. Киреевск, в 60 км от г. Томска). При изучении минерально-вещественного и геохимического состава проб твердого осадка снега использовались методы стереоскопической бинокулярной микроскопии, рентгеноструктурного и инструментального нейтронно-активационного анализа. Параллельно с ноября 2005 г. по апрель 2006 г. на аэрозольной станции ИОА СО РАН измерялись концентрации субмикронного аэрозоля и сажи в приземном слое воздуха. Выявлены особенности различий минерально-вещественного и геохимического состава проб твердого осадка снега в двух пунктах измерений. Показано превышение величин аэрозольных потоков в Академгородке по сравнению с п. Киреевск. Для измерений в Академгородке установлена устойчивая тенденция уменьшения значений потоков аэрозольных выпадений в снег и концентраций субмикронного аэрозоля и сажи в приземном слое воздуха при переходе от зимнего к весеннему сезону.

Введение

В Томской области нефтехимическая промышленность, предприятия ядерно-топливного и топливно-энергетического цикла (ГРЭС, ТЭЦ и др.), а также десятки промышленных предприятий выбрасывают значительные массы аэрозолей в окружающую среду. Перенос воздушных масс способствует распространению аэрозольных выбросов далеко за пределы городских и промышленных зон, что может приводить к загрязнению значительных территорий и к вредным экологическим последствиям. В связи с этим для изучения влияния крупных промышленных центров на окружающую среду необходимо проведение регулярных исследований в фоновых районах.

По опыту работы в Сибирском регионе для характеристики аэрозольных загрязнений воздуха достаточно часто используются отборы проб снега [1–3]. Снеговой покров является идеальной депонирующей средой для накопления загрязнений за зимний период года и их анализа. В снеге фиксируются частицы как природного, так и техногенного происхождения, поступающие за счет выбросов промышленных предприятий и других загрязнителей.

В статье обсуждаются результаты исследования потоков аэрозольных выпадений, выполняемых с помощью геохимических методов, и пространственно-временной изменчивости распределения аэрозольных загрязнений на двух фоновых участках Томского региона.

Методика измерений и обработки данных

Отбор снега проводился на двух наблюдательных станциях ИОА СО РАН – в районе Академгородка (восточная окраина г. Томска) и полигона «Фоновый» около п. Киреевск (лесная зона в 60 км от города) на площадках размерами около 10 · 10 м². Для оценки потоков аэрозольных выпадений отбор проб снега на территории Академгородка выполнялся в январе и в апреле 2006 г., а на территории полигона в п. Киреевск только в апреле. Пробы, отобранные в январе, характеризуют суммарные уровни аэрозольных загрязнений за период времени с ноября по январь, а полученные в апреле – за полный зимний сезон.

Работы по отбору и подготовке снеговых проб выполнялись с учетом методических рекомендаций, приводимых в [4, 5] и в руководстве по контролю загрязнения атмосферы [6]. Пробы отбирались из шурфов на всю мощность снежного покрова, за исключением 5-см слоя над почвой. При отборе замерялась площадь шурфа и фиксировалось время (в сутках) от начала снеговстава. Таяние снеговых проб проводилось при комнатной температуре. В процессе фильтрации снеготалой воды получали твердый осадок, который затем просушивался, просеивался до фракции менее 1 мм и взвешивался [7].

Минерально-вещественный состав твердого осадка снега изучался с применением стереоскопического

бинокулярного микроскопа (МБС-9) и рентгеноструктурного анализа на кафедре геоэкологии и геохимии ТПУ. С помощью МБС-9 устанавливалось процентное соотношение всех природных и техногенных частиц методом сравнения [8] с эталонными кружками. Рентгеноструктурный анализ позволяет определить качественное содержание природных минералов в пробах.

Все пробы твердого осадка снега были подвержены инструментальному нейтронно-активационному анализу на содержание (концентрация, мг/кг) 23 химических элементов в лаборатории ядерно-геохимических методов исследования кафедры геоэкологии и геохимии ТПУ.

Данные инструментальных измерений использовались для расчета согласно [5] следующих параметров аэрозольных потоков. Измеренная масса пыли в снеговой пробе позволяет определять величину пылевой нагрузки P_n , мг/(м²·сут) или кг/(км²·сут), т.е. количества твердых выпадений за единицу времени на единицу площади. По данным снегового опробования также рассчитываются аналогичные показатели (нагрузки) загрязнения окружающей среды отдельными химическими элементами, т.е. соответствующих потоков массы конкретных загрязнителей, выпадающих на единицу площади за единицу времени. При расчетах учитываются общая масса потока загрязнителей – пылевая нагрузка P_n , кг/(км²·сут) и концентрация отдельных элементов (мг/кг) в снеговой пыли. Произведение этих параметров позволяет рассчитать общую нагрузку, создаваемую поступлением каждого из химических элементов в окружающую среду, $P_{\text{общ}}$, кг/(км²·сут) [5].

В качестве показателя уровня аномальности содержаний химических элементов используется коэффициент концентрации K_c , который рассчитывается как отношение концентрации элемента в исследуемом объекте к его среднему фоновому содержанию, характерному для исследуемого региона [5]. Величина K_c изучаемых элементов рассчитывалась относительно фоновых значений, ранее полученных для Томской области и приведенных в [2, 3].

При анализе результатов снеговых измерений нами также использовались данные о содержании аэрозоля в приземном слое атмосферы за период с ноября 2005 г. по апрель 2006 г., полученные на аэрозольной станции ИОА СО РАН. На аэрозольной станции, расположенной на окраине г. Томска (Академгородок), начиная с 1996 г. выполняются в автоматическом режиме круглосуточные ежечасные измерения коэффициента направленного аэрозольного рассеяния сухой основы субмикронных частиц на длине волны 0,52 мкм (нефелометр) и массовой концентрации сажи в воздухе (аэталометр). Текущие данные станции доступны по сети Internet (<http://aerosol1.iao.ru>) [9]. Эти измерения дают важную информацию о временной изменчивости характеристик субмикронного аэрозоля и сажи в приземном слое воздуха за отмеченный временной интервал.

По данным о коэффициенте направленного аэрозольного рассеяния оценивалась массовая концентрация субмикронного аэрозоля (с помощью однопараметрической модели атмосферных дымок [10]; для плотности вещества частиц 1,5 г/см³). Отметим, что сажа в составе атмосферного аэрозоля, особенно в зимний период года, в основном формируется при антропогенных процессах сгорания углеводородных топлив (топливно-энергетический комплекс, промышленность, транспорт и др.) и в определенной степени характеризует уровень техногенной нагрузки на окружающую среду. Исследуемый субмикронный аэрозоль обладает большим временем жизни в атмосфере (несколько недель) и соответственно переносится воздушными массами на большие расстояния (тысячи километров), участвуя в региональном масштабе в процессах осаждения на почву, водную поверхность, снежные и ледяные покровы.

Отметим, что результаты ранее выполненных нами в зимне-весенний период 2001 г. круглосуточных измерений концентраций аэрозоля и сажи на аэрозольной станции ИОА и на полигоне «Фоновый» показали: что данные для этих двух пунктов измерений были хорошо коррелированы между собой и более 70% реализаций статистически не различимы, т.е. антропогенное воздействие города при измерениях на станции проявлялось лишь для 20–30% суточных реализаций [11]. Это позволяет считать, что измерения на аэрозольной станции ИОА по уровню аэрозольных концентраций близки к фоновым и информативны, в первую очередь, относительно динамики среднерегionalного фонового состояния аэрозоля.

Результаты

Результаты расчета пылевой нагрузки показывают, что для проб Академгородка эта величина изменялась в пределах 20–40 кг/(км²·сут) в январе и 20–30 кг/(км²·сут) в апреле, тогда как в п. Киреевск – от 16 до 20 кг/(км²·сут) (апрель). Полученные значения пылевой нагрузки соответствуют сравнительно низкому уровню загрязнения [менее 250 кг/(км²·сут)], в соответствии с градацией, предложенной в работе [5]. Однако в сопоставлении с фоновой нагрузкой для Томской области 6 кг/(км²·сут) по данным [2] отмечается превышение до 4 раз для Академгородка и в 2 раза – для п. Киреевск.

По результатам изучения минерально-вещественного состава проб твердого осадка снега с применением МБС-9 было обнаружено 14 типов частиц, из которых 6 типов приходится на природные образования (различные виды кварца, полевой шпат, биогенные частицы и др.), а 8 типов (сажа, шлак, металлические микросферы, муллит и др.) – на техногенные образования. Группа частиц техногенного происхождения (60–70%) доминирует над группой природных частиц (30–40%) в пробах Академгородка, отобранных в январе и апреле. При этом основная доля загрязнений приходилась на техногенные образования (сажа, шлак, муллит),

характерные для выбросов теплоэнергетического комплекса Томская ГРЭС-2. В пробах п. Киреевск группа природных частиц (70–75%) преобладает над группой частиц техногенного происхождения (25–30%). При этом наибольшая доля природных образований приходилась на частицы кварца.

По результатам рентгеноструктурного анализа в пробах твердого осадка снега территории Академгородка из природных минералов преимущественно фиксируется кварц.

В табл. 1 и 2 представлены результаты оценки распределения тяжелых металлов, редких, редкоземельных и радиоактивных элементов по данным инструментального нейтронно-активационного анализа в районах исследования. Следует отметить, что сопоставление полученных результатов для Академгородка и п. Киреевск проводилось по данным за апрель.

Тяжелые металлы (мышьяк As, хром Cr, барий Ba, стронций Sr, кобальт Co)

В пробах твердого осадка снега в пунктах исследования содержание кобальта, сурьмы Sb, бария и стронция на порядок превышает фон. В пробах твердого осадка снега на территории Академгородка наблюдается наибольшая концентрация бария, кобальта и стронция по сравнению с их концентрацией в пробах снега в п. Киреевск. Однако содер-

жание сурьмы и хрома больше в пробах снега в п. Киреевск. В пробах снега Академгородка концентрация тяжелых металлов, отобранных в январе, в 1,5–2 раза больше, чем концентрация этих металлов, собранных в апреле (табл. 1).

Общая нагрузка, создаваемая поступлением тяжелых металлов в окружающую среду, превышает фон в 2–3 раза как в Академгородке, так и в п. Киреевск. Величина общей нагрузки, создаваемая тяжелыми металлами, в пробах п. Киреевск меньше, чем в пробах, отобранных в Академгородке. Для проб Академгородка в апреле отмечается уменьшение общей нагрузки в 1,5–2 раза по сравнению с январем (табл. 1).

Редкие элементы (гафний Hf, цезий Cs, рубидий Rb, тантал Ta)

В пробах твердого осадка снега в пунктах исследования содержание редких элементов превышает фон в 1,5–2 раза. Следует отметить, что концентрации данных элементов в пробах Академгородка и п. Киреевск отличаются незначительно. В пробах Академгородка, отобранных в январе, содержание редких элементов больше в 1,5–2 раза, чем в пробах, отобранных в апреле (см. табл. 1).

Общая нагрузка, создаваемая редкими элементами в окружающую среду, имеет тот же характер, что и их содержание в пробах (см. табл. 1).

Таблица 1
Содержание тяжелых металлов и редких элементов в твердом осадке снега (мг/кг) и величина общей нагрузки

Показатель	As	Co	Sb	Cr	Ba	Sr	Rb	Cs	Hf	Ta
<i>Академгородок, январь, 2006 г.</i>										
Среднее	0,3	23,7	8,1	94,9	1290,0	280,0	58,0	5,0	6,2	1,2
Стандартная ошибка	0	1,5	0,3	3,3	101,2	180,0	5,7	0,6	0,3	0,1
Минимум	0,25	21,7	7,6	90,8	1110	100	50	4,2	5,8	1
Максимум	0,25	26,7	8,6	101,5	1460	640	69	6,2	6,8	1,3
Количество проб	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
$P_{\text{общ}}$, г/(км ² ·сут)	0,01	0,7	0,2	2,8	38,9	8,5	1,7	0,1	0,2	0,03
<i>Академгородок, апрель, 2006 г.</i>										
Среднее	0,3	19,3	7,7	81,5	1030,0	100,0	49,7	3,4	5,2	1,0
Стандартная ошибка	0	2,8	1,1	8,5	80,0	0	1,9	0,2	0,2	0,1
Минимум	0,25	13,9	5,7	65,6	950	100	46	3,1	4,8	0,9
Максимум	0,25	23,3	9,3	94,8	1190	100	52	3,7	5,6	1,2
Количество проб	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
$P_{\text{общ}}$, г/(км ² ·сут)	0,01	0,5	0,2	2,2	26,8	2,6	1,3	0,1	0,1	0,03
<i>п. Киреевск, апрель, 2006 г.</i>										
Среднее	0,3	13,5	8,9	102,2	716,7	100,0	49,0	3,8	4,7	0,7
Стандартная ошибка	0	0,9	1,4	17,8	54,6	0	5,7	0,6	0,5	0,1
Минимум	0,25	12,2	6,8	83,4	610	100	38,0	3,0	4,1	0,6
Максимум	0,25	15,3	12	137,8	790	100	57,0	5,0	5,7	0,8
Количество проб	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
$P_{\text{общ}}$, г/(км ² ·сут)	0,005	0,3	0,2	1,9	13,2	1,8	0,9	0,1	0,1	0,01
«Фон»*, мг/кг	0,5	10	2,3	110	100	100	55	3,5	2,2	0,1
«Фон»*, г/(км ² ·сут)	0,003	0,1	0,01	0,7	0,6	0,6	0,3	0,02	0,01	0,001

* Данные [2] с дополнениями из [3].

Редкоземельные элементы (самарий Sm, лютеций Lu, иттербий Yb, лантан La, скандий Sc, тербий Tb)

Содержание редкоземельных элементов в пробах твердого осадка снега пунктов исследования в 2–3 раза превышает фон.

Содержание редкоземельных элементов в пробах Академгородка и п. Киреевск отличается слабо. Концентрации данных элементов в пробах Академгородка, отобранных в январе и апреле, незначительно различаются (табл. 2).

Общая нагрузка, создаваемая редкоземельными элементами в окружающей среде, превышает фон в 1,5–2 раза, как в Академгородке, так и в п. Киреевск. Общая нагрузка в п. Киреевск меньше, чем в Академгородке. Следует отметить, что в пробах Академгородка, отобранных в апреле, отмечается уменьшение общей нагрузки до 2 раз по сравнению с пробами, полученными в январе (табл. 2).

По данным [2], в качестве индикаторов для выявления источников техногенного воздействия используются величины отношения между отдельными элементами и их группами. Наиболее информативными признаками являются отношения лантана к иттербию (La/Yb), тория к урану (Th/U) и суммы легких лантаноидов к тяжелым ((La + Ce)/(Yb + Lu)). Было выявлено, что значения отношения La/Yb и (La + Ce)/(Yb + Lu) в пробах пунктов исследований близки между собой (табл. 3). Следует отметить, что отношения La/Yb и (La + Ce)/(Yb + Lu) в пробах твердого осадка сне-

га районов исследования хорошо согласуются с отношениями, полученными в ранее проведенных исследованиях вблизи Томской ГРЭС-2 [3, 12] и предприятий ядерно-топливного цикла [3] (табл. 3). В результате можно предположить, что преимущественно источником поступления редкоземельных элементов является топливно-энергетический комплекс г. Томска.

Радиоактивные элементы

Во всех изученных пробах содержание урана и тория значительно превышает фон. Концентрация радиоактивных элементов в пробах Академгородка незначительно превышает их содержание в пробах п. Киреевск. Содержания данных элементов в пробах Академгородка, отобранных в январе и апреле, незначительно отличаются между собой (см. табл. 2).

Общая нагрузка, создаваемая радиоактивными элементами, значительно превышает фоновые значения во всех пробах. В пробах п. Киреевск отмечаются более низкие значения общей нагрузки, чем в пробах Академгородка (см. табл. 2). В пробах Академгородка, отобранных в январе и апреле, отмечаются незначительные различия (см. табл. 2).

Кроме того, было выявлено, что содержание урана и тория, а также Th/U в пробах пунктов исследования хорошо согласуется с содержанием этих элементов вблизи Томской ГРЭС-2 (см. табл. 2) [3, 12]. Следует отметить, что аэрозоли изучаемых районов имеют выраженную урановую специализацию (Th/U < 3).

Таблица 2

Содержание редкоземельных и радиоактивных элементов в твердом осадке снега (мг/кг) и величина общей нагрузки на снеговой покров

Показатель	Lu	La	Ce	Sm	Eu	Tb	Sc	Yb	U	Th
<i>Академгородок, январь, 2006 г.</i>										
Среднее	0,4	38,9	75,5	5,8	1,7	1,0	12,3	3,2	4,6	11,4
Стандартная ошибка	0,03	1,0	5,1	0,3	0,1	0,1	0,3	0,2	0,9	1,9
Минимум	0,39	37,1	68	5,3	1,6	0,8	11,8	2,9	3,6	9,1
Максимум	0,48	40,7	85	6,1	1,8	1,2	12,7	3,6	6,4	15,1
Количество проб	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
$P_{общ}$, г/(км ² ·сут)	0,01	1,2	2,2	0,2	0,1	0,03	0,4	0,1	0,1	0,3
<i>Академгородок, апрель, 2006 г.</i>										
Среднее	0,4	35,1	64,2	6,0	1,2	0,8	10,2	2,9	4,5	8,5
Стандартная ошибка	0,02	3,2	4,9	0,7	0,1	0,1	1,0	0,3	0,4	0,4
Минимум	0,37	29,4	55	4,8	1,1	0,66	8,2	2,6	3,8	7,8
Максимум	0,44	40,6	70	7,3	1,3	0,99	11,2	3,5	5,2	9,3
Количество проб	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
$P_{общ}$, г/(км ² ·сут)	0,01	0,9	1,7	0,2	0,03	0,02	0,3	0,08	0,1	0,2
<i>п. Киреевск, апрель, 2006 г.</i>										
Среднее	0,4	30,6	52,1	5,1	1,0	0,7	9,0	2,4	3,1	6,8
Стандартная ошибка	0,01	1,7	1,2	0,6	0,1	0,1	0,4	0,1	0,4	0,2
Минимум	0,4	27,3	50,5	4,3	0,9	0,7	8,5	2,2	2,4	6,4
Максимум	0,4	32,3	54,4	6,2	1,1	0,8	9,8	2,7	3,5	7,2
Количество проб	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
$P_{общ}$, г/(км ² ·сут)	0,01	0,6	1,0	0,1	0,02	0,01	0,2	0,04	0,1	0,1
ТЭК*, мг/кг	0,2	23,7	57,2	4,8	1,3	0,67	10,2	1,96	3,5	7,8
РЯТЦ**, мг/кг	3,7	25,6	78,2	6,3	2,5	1,12	16,7	2,3	3,2	11,4
«Фон»***, мг/кг	0,1	2,8	10	0,6	1,1	0,06	7,1	0,2	0,2	2,9
«Фон»***, г/(км ² ·сут)	0,0005	0,02	0,1	0,03	0,007	0,0004	0,04	0,001	0,001	0,02

* Топливо-энергетический комплекс по данным [3, 12].

** Район с предприятиями ядерно-топливного цикла по данным [3].

*** По данным [2] с дополнениями из [3].

Таблица 3

Пункт исследования	Th/U	La/Yb	(La+Ce)/(Yb+Lu)
Академгородок, январь	2,5	12	31,2
Академгородок, апрель	1,9	12	29,7
п. Киреевск, апрель	2,1	12,6	29,2
ТЭК*	2,2	12,1	37,5
РЯТЦ**	3,6	11,1	17,3

См. прим. к табл. 2.

Для изучаемых районов по результатам, представленным в табл. 1 и 2, построен геохимический ассоциативный ряд по убыванию коэффициента концентрации относительно фона [2, 3]: Академгородок — $U_{22}-Yb_{14}-Tb_{13}-La_{12}-Sm_{11}-Ba_{10,3}-Ta_{10,2}-Ce_6-Lu_{5,4}-Na_{5,2}-Ag_4-Sb_{3,3}-Th_3-Hf_{2,4}-Br_{2,3}-Co_{1,9}-Fe_{1,8}$; п. Киреевск — $U_{16}-Yb_{12}-Tb_{11,8}-La_{11}-Sm_9-Ta_{7,2}-Ba_{7,2}-Na_{5,4}-Lu_{5,4}-Ce_5-Ag_4-Sb_{3,9}-Au_{3,3}-Br_3-Th_{2,3}-Hf_2-Co_{1,3}$.

Для сопоставления результатов исследований нами применялся кластерный анализ. Задача данного анализа сводится к разбиению множества химических элементов на группы, в которые объединяются элементы с наивысшими мерами сходства парных коэффициентов корреляции Пирсона r [13].

Как следует из рис. 1, геохимические спектры элементов в твердом осадке снега пунктов исследования различаются между собой.

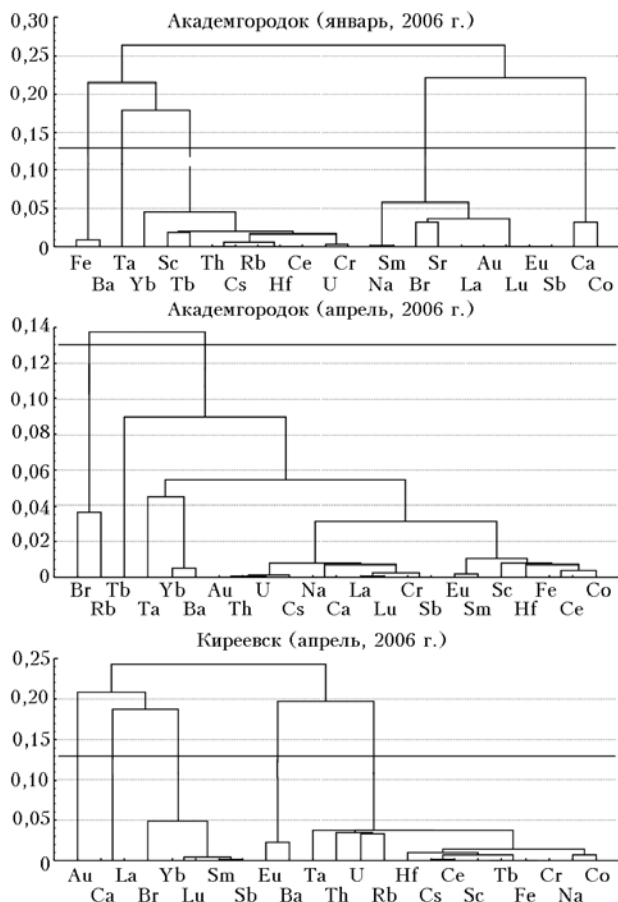


Рис. 1. Дендрограммы корреляционной матрицы геохимического спектра твердого осадка снега. По оси Y отложена величина $r = 0,13$

В пробах Академгородка (январь) выделяются следующие тесные ассоциативные связи: железо–барий, самарий–натрий, бром–стронций, кальций–кобальт и уран–хром. В пробах Академгородка (апрель) – ассоциации редкоземельных элементов (лантан–лютеций, европий–самарий), бром–рубий, иттербий–барий и благородные металлы с радиоактивными элементами. В свою очередь, в пробах п. Киреевск – самарий–сурьма, европий–барий, натрий–кобальт (рис. 1).

Временная изменчивость концентраций субмикронного аэрозоля и сажи

Рис. 2 иллюстрирует по данным измерений на аэрозольной станции ИОА временной ход среднесуточных концентраций сухой основы субмикронного аэрозоля и сажи в приземном слое за период, соответствующий времени накопления загрязнений в анализируемых снеговых пробах, т.е. с ноября 2005 г. по апрель 2006 г.

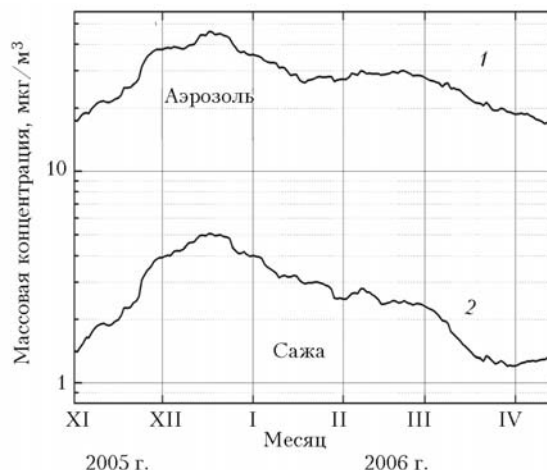


Рис. 2. Временной ход среднесуточных значений концентраций субмикронного аэрозоля (1) и сажи (2)

Приведенная временная развертка концентраций соответствует ранее установленной нами по результатам многолетних измерений типичной форме годового хода концентраций аэрозоля и сажи в приземном слое [14]. Так, годовые ходы этих аэрозольных характеристик характеризуются хорошо выраженными зимним максимумом и летним минимумом. Отмеченная форма годовых ходов концентраций аэрозоля и сажи является закономерностью и обладает межгодовой устойчивостью. Как видно из рис. 2, на котором данные приведены с 30-суточным скользящим усреднением, в период снегонакопления наблюдается максимум средних значений концентраций аэрозоля и сажи в январе (около 33,6 и 3,64 $мг/м^3$ соответственно). При переходе к апрелю происходит постепенное снижение концентраций до соответствующих значений около 18,3 и 1,26 $мг/м^3$.

Таким образом, при переходе от зимнего сезона к весеннему наблюдается постепенное уменьшение

концентрации субмикронного аэрозоля примерно в 1,8 раза и более значительное (в 2,9 раза) снижение концентрации сажи. Подобная тенденция временной изменчивости содержания аэрозоля и сажи в приземном слое воздуха качественно согласуется с отмеченными выше особенностями уменьшения величин потоков аэрозольных выпадений в снегу при переходе от зимнего к весеннему сезону.

Согласованную динамику аэрозольных выпадений в снежный покров и концентрации аэрозольных характеристик в приземном слое в целом следует объяснять сезонной изменчивостью факторов, определяющих генерацию и распределение аэрозольной компоненты в пограничном слое атмосферы. Повышенный уровень аэрозоля и сажи в приземном слое в холодный период года обусловлен резкой интенсификацией антропогенных источников аэрозоля (отопительный сезон) и воздействием характерных для этого периода приземных температурных инверсий, препятствующих эмиссии аэрозоля в вышележащие слои атмосферы. При приближении к весеннему периоду действие указанных факторов ослабляется. Кроме того, сезонное изменение температурного режима пограничного слоя атмосферы приводит к росту высоты слоя перемешивания и уменьшению содержания аэрозоля в приземном слое, следовательно, к уменьшению поступления аэрозольных загрязнений в снеговой покров.

Заключение

По результатам геохимического анализа выявлено, что в пробах твердого осадка снега Академгородка отмечаются более высокие по сравнению с пробами снега в п. Киреевск значения концентраций тяжелых металлов (As, Ba, Sr, Co) и радиоактивных элементов (U, Th). В свою очередь, для п. Киреевск характерны более высокие уровни содержания хрома и сурьмы. Концентрации редкоземельных (Sm, Lu, Yb, La, Sc, Tb) и редких (Hf, Cs, Rb, Ta) элементов для двух пунктов измерений отличаются незначительно. Величина общей нагрузки всех рассматриваемых элементов в 1,5–2 раза выше в Академгородке чем в п. Киреевск.

Следует отметить, что по индикаторным отношениям элементов La/Yb, Th/U и (La+Ce)/(Yb+Lu) пробы, отобранные в п. Киреевске и Академгородке, близки между собой и согласуются с соответствующими значениями для урбанизированных территорий (с наличием тепловых угольных электростанций).

При анализе временной изменчивости аэрозольных потоков в районе Академгородка выявлена устойчивая особенность уменьшения величины пылевой нагрузки и общей нагрузки каждого из отдельных химических элементов при переходе от января к апрелю. Концентрация тяжелых металлов и редких элементов также уменьшается от января к апрелю. Однако при этом концентрации радиоактивных и редкоземельных элементов не испытывают существенных изменений.

Согласованные тенденции постепенного уменьшения величин потоков аэрозольных выпадений в снег и концентраций субмикронного аэрозоля и сажи в приземном слое воздуха при переходе к весеннему сезону обусловлены уменьшением интенсивности поступления загрязняющих компонентов по мере завершения отопительного периода (теплоэнергетический комплекс), а также сезонной изменчивостью температурного режима пограничного слоя атмосферы.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (грант № 06-05-64393).

1. Язиков Е.Г., Рихванов Л.П. Содержание радиоактивных и редкоземельных элементов в аэрозольных выпадениях снегового покрова различных территорий Западной Сибири // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: Матер. Междунар. конф. Томск, май, 1996. Томск: Изд-во ТПУ, 1996. С. 312–316.
2. Шатилов А.Ю. Вещественный состав и геохимическая характеристика атмосферных выпадений на территории Обского бассейна: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Томск, 2001. 22 с.
3. Язиков Е.Г. Экогеохимия урбанизированных территорий юга западной Сибири: Дис. ... докт. геол.-мин. наук. Томск, 2006. 420 с.
4. Василенко В.Н. Мониторинг загрязнения снежного покрова / В.Н. Василенко, И.М. Назаров, Ш.Ф. Фрирман. Л.: Гидрометеоздат, 1985. 185 с.
5. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территорий городов химическими элементами. М.: ИМГРЭ, 1982. 111 с.
6. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186 № 2932-83. М.: Госкомгидромет, 1991. 693 с.
7. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Сагет, Б.А. Ревич, Е.П. Янин и др. М.: Недра, 1990. 335 с.
8. Вахромеев С.А. Руководство по минералогии. М.: Гос. изд-во геол. лит-ры, 1950. С. 178–181.
9. Kozlov V.S., Panchenko M.V., Tumakov A.G., Shmaruginov V.P., Yaushcheva E.P. Some peculiarities of the mutual variability of the content of soot and submicron aerosol in the near-ground air layer // J. Aerosol Sci. 1997. V. 28. Suppl. 1. P. 231–232.
10. Горчаков Г.И., Емиленко А.С., Свириденков М.А. Однопараметрическая модель приземного аэрозоля // Изв. АН СССР. Физ. атмосф. и океана. 1981. Т. 17. № 1. С. 39–49.
11. Козлов В.С., Панченко М.В., Яушева Е.П. Относительное содержание сажи в субмикронном аэрозоле как индикатор влияния дымов удаленных лесных пожаров // Оптика атмосф. и океана. 2006. Т. 19. № 6. С. 484–491.
12. Таловская А.В. Мониторинг пылеаэрозолей на территории Томск – Северская промышленная агломерация методом f -радиографии: Материалы конф. // X Междунар. экологическая студенческая конф. «Экология России и сопредельных территорий. Экологический каталог». Новосибирск, октябрь, 2005. Новосибирск: НГУ, 2005. С. 49–50.
13. Статистический анализ эколого-геохимической информации: Уч. пособие / А.А. Михальчук, Е.Г. Язиков, В.В. Ершов. Томск: Изд-во ТПУ, 2006. 235 с.
14. Панченко М.В., Козлов В.С., Терпугова С.А., Полькин В.В., Яушева Е.П. Об изменчивости содержания аэрозоля, сажи и параметра конденсационной актив-

ности частиц в городских и фоновых условиях в весенний период года // VIII Рабочая группа «Аэрозо-

ли Сибири». 2001. Томск: Изд-е ИОА СО РАН, 2001. С. 18–19.

A.V. Talovskaya, E.G. Yazikov, M.V. Panchenko, V.S. Kozlov. **Monitoring of aerosol deposition flows in reference areas of the Tomsk region.**

Spatiotemporal variability of aerosol deposition flows was studied in the cold season for two reference observation stations of IAO SB RAS, i.e. around Akademgorodok and testing area «Fonovyj» (the Kireevsk village, 60 km from Tomsk). Methods of stereoscopic binocular microscopy, X-ray structure, and instrumental neutron-activation analysis were used when studying mineral-matter and geochemical compositions of samples of solid snow precipitations. At the same time, the concentrations of submicron aerosol and soot in the surface air have been measured at the aerosol station of IAO SB RAS from the November, 2005 till April, 2006.

Differences in mineral-matter and geochemical compositions of samples of solid snow precipitations in the two measurement sites are revealed. An excess of aerosol flow values in Akademgorodok over those in the Kireevsk village is shown. The steady trend toward the decrease of the values of aerosol deposition flows and concentrations of submicron aerosol and soot in surface air is ascertained in Akademgorodok measurements when changing from winter to spring seasons.