

ве программного продукта Microsoft Office Excel 2003.

Объектом исследования для апробации метода служила дважды дистиллированная вода. Основанием для выбора объекта исследования послужили работы [4, 5], в которых исследовались частицы (оптических неоднородностей) в дважды дистиллированной воде.

Было проведено 4 серии измерений прозрачности, в каждой серии регистрировались 10 значений прозрачности с интервалом в 5 с. Приведем расчет среднего значения s_0 в соответствии с (1). Используя вычисленные средние значения величин, входящих в (1), а именно $D/I_0^2 = 2,5 \cdot 10^{-6}$, $\tau = 0,9$,

$\varphi(\tau) = 0,16$, $S = 1,8 \text{ мм}^2$, получаем $s_0 = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ мм}^2$. Так как в нашем случае

$\rho \gg 1$ ($\rho = 2\pi r / \lambda$, r – радиус частиц, λ – длина волны света в воде, $\lambda = \lambda_0 / n$, λ_0 – длина волны света в вакууме, n – показатель преломления воды), можно записать

$s_0 = 2\pi r^2$, откуда $r = \sqrt{\frac{s_0}{2\pi}} = 2,0 \text{ мкм}$.

Средняя концентрация при вышеуказанных

средних значениях τ , s_0 , и $l = 30 \text{ мм}$ оказалась равной $\bar{n} = 1,2 \cdot 10^6 \text{ см}^{-3}$.

Полученный методом флюктуаций средний радиус частиц хорошо согласуется с нашими данными, определенными независимым методом малых углов рассеяния.

Используемый в экспериментах лабораторный комплекс может быть легко преобразован в портативный прибор для работы в натуральных условиях, путем использования обычного ноутбука и герметичной камеры для расположения оптической части устройства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шифрин К.С. Введение в оптику океана. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 278 с.
2. Шифрин К.С., Мороз Б.З., Сахаров А.Н. // ДАН СССР. – 1971. – Т. 199. – №3. – С. 581-598.
3. Бортников В.Ю. Программно-аппаратный комплекс и методы исследования микрофизических параметров и элементного состава городского аэрозоля (на примере г. Барнаула). Дис. к. техн. наук. – Барнаул, 2008. – 111 с.
4. Бункин Н.Ф., Лобеев А.В. // Письма в ЖЭТФ. – 1993. – Т.58. – Вып. 2. – С. 91-97.
5. Бункин Н.Ф., Суязов Н.В., Ципенюк Д.Ю. // Квантовая электроника – 2005. – Т. 35. – № 2. – С. 180-184.

МОНИТОРИНГ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА АЭРОЗОЛЬНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ СНЕГОВОГО ПОКРОВА Г. БАРНАУЛА ЗА ПЕРИОД 2002-2011 ГГ.

Т.В. Андрухова, В.И. Букатый, И.А. Суторихин

Изучена динамика загрязнения приземной атмосферы г. Барнаула за период с 2002 по 2011 гг. с использованием природных планшетов. Отбирались и анализировались образцы снега, в опорных пунктах г. Барнаула. Проводился количественный спектральный анализ твердого аэрозольного остатка, полученного путем вытаивания снеговых проб, а также измерялись следующие характеристики: рН снеговой воды, электропроводность, приток пыли. Изучена микроструктура аэрозоля и проанализирована динамика концентрации химических элементов в пробах.

Ключевые слова: приземный атмосферный аэрозоль, микрофизические характеристики, природные планшеты, снеговой покров, атомно-эмиссионный спектральный анализ, рентгенофлуоресцентный анализ.

Исследования микрофизических характеристик приземного атмосферного аэрозоля, в т.ч. его элементного состава, являются важной составляющей системы мониторинга загрязнения окружающей среды. В условиях крупных промышленных городов, к числу ко-

торых можно отнести г. Барнаул, наиболее опасными источниками загрязнения атмосферы являются выбросы промышленных предприятий, топливно-энергетических комплексов, автотранспорта, топок печного отопления (на угле) частного сектора. Подроб-

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 4-2 2011

МОНИТОРИНГ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА АЭРОЗОЛЬНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ СНЕГОВОГО ПОКРОВА Г. БАРНАУЛА ЗА ПЕРИОД 2002-2011 ГГ.

ный обзор состояния загрязнений снегового покрова Сибири дан в работе [1]. В мониторинге загрязнения окружающей среды часто используются природные планшеты, одним из видов которых являются снеговые покровы [2]. Параметры приземного аэрозоля в городах и за пределами их значительно различаются между собой, поэтому в подобных исследованиях измерения проводятся в так называемых фоновых районах. В нашем случае в качестве опорного пункта для фоновых измерений служил район с. Озеро Красилово, удаленный на 60 км от г. Барнаула. Необходимо отметить, что систематические исследования элементного состава загрязнений снегового покрова г. Барнаула проводятся нами с 2002 г. в рамках совместных работ Института водных и экологических проблем СО РАН и Алтайского государственного университета [3-5]. Также следует отметить работы [6-7] по изучению элементного состава аэрозолей, накапливаемых в снеговом покрове Алтайского края.

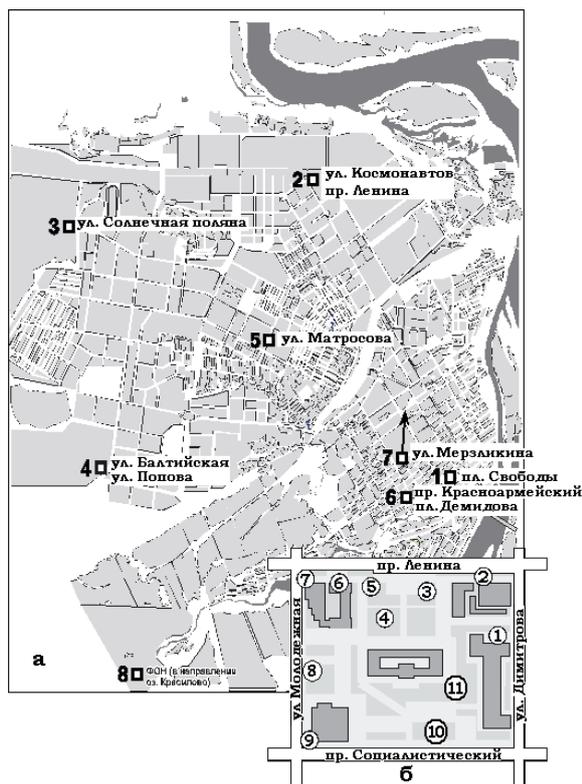


Рисунок 1. Опорные пункты (а) и точки забора проб на территории г. Барнаула в опорном пункте 7 (б).

Отбирались и анализировались образцы снега в семи опорных пунктах г. Барнаула (рисунок 1).

Проводился количественный (атомно-эмиссионный, рентгенофлуоресцентный) спектральный анализ твердого аэрозольного

нерастворимого остатка, полученного путем вытаивания снеговых проб при комнатной температуре, а также измерялись следующие характеристики: рН, электропроводность, приток пыли. Под пылью понимается нерастворимый осадок снеговой воды на фильтре [1].

Пробы снега, отобранные до начала снеготаяния (конец марта – начало апреля каждого года), дают интегральный состав аэрозолей осевших на снег, а помесячные (с ноября по март) характеризуют их изменчивость в течение зимнего периода. Исследование снегового покрова можно разделить на четыре основных этапа: отбор проб; подготовка исследуемых образцов; спектральный анализ отобранных проб; обработка и интерпретация результатов. Отбор проб снега производился снегозаборником, выполненным в форме трубы, из химически неактивного материала, диаметром 11 см. Забор проб выполнялся для городских опорных пунктов один раз в конце зимнего периода, а в опорном пункте 7 (административный центр г. Барнаула) – каждый месяц на протяжении всего периода (ноябрь-февраль). Обработка проб для определения комплекса загрязняющих веществ осуществлялась путем фильтрации через бумажный фильтр типа «синяя лента». Собранные пробы хранились в химически неактивной таре при температуре $-5-15^{\circ}\text{C}$ до момента исследования. Осадок, представляющий основной интерес для спектрального анализа, оседал на фильтре, высушивался в чистом изолированном стеклянном сосуде при температуре $18-20^{\circ}\text{C}$.

Изучение кислотных свойств снега дало следующие результаты. В различных опорных пунктах рН колеблется в пределах 4,5-7,9, таким образом, отмечается как повышенная кислотность, так и слабо щелочная реакция снеговой воды.

Электропроводность снеговой воды зависит в основном от степени минерализации (концентрации растворенных минеральных солей) и температуры. В результате этого по величине электропроводности воды можно судить о её минерализации. В опорных пунктах забора проб электропроводность колеблется в пределах 312-434 мкСм/см, когда удельная электропроводность воды в реке Обь (в районе г. Барнаула) составляет ~ 160 мкСм/см.

Приток пыли, определяемый путем взвешивания сухого остатка, удаленного после просушивания фильтра, колеблется для различных опорных пунктов в пределах $0,240-0,080$ (г/дм²)/год. В фоновом районе этот показатель был равен $0,040$ (г/дм²)/год.

Для проведения атомно-эмиссионного спектрального анализа проб, взятых в период 2002–2010 гг., использовался разработанный аппаратный комплекс, состоящий из модификации источника возбуждения спектров ИВС-28, спектрографа ДФС-452 высокой разрешающей способности, многоэлементного фотоприемника и ЭВМ со специально разработанным в среде LabView 7.0 программным обеспечением. Для максимально точного определения элемента методом качественного атомно-эмиссионного анализа была создана база спектральных линий, содержащая более 7500 значений. Начиная с 2010-2011 гг. для анализа проб рентгенофлуоресцентным методом был использован портативный рентгенофлуоресцентный спектрометр ALPHA SERIES™ Альфа-2000. Сбор, анализ и хранение данных, а также управление режимами работы анализатора осуществляются с помощью съемного портативного компьютера под управлением ОС Windows. Специальное программное обеспечение позволяет вести параллельный анализ до 25 химических элементов. Все данные выводятся на сенсорный экран КПК и автоматически сохраняются в памяти.

Анализатор определяет концентрации химических элементов в диапазоне от $Z=15$ (фосфор) до $Z=92$ (уран). Одновременно определяются двадцать пять элементов (Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Hf, Ta, W, Re, Pt, Au, Pb, Bi, Zr, Nb, Mo, Pd, Ag, Cd, Sn, Sb).

В результате атомно-эмиссионного спектрального анализа проб, взятых в период 2002–2010 гг., проведен количественный спектральный анализ для элементов Fe, Pb, Cu, Mn, Co, Ni, Al, Ca и изучена их годовая динамика. Рентгенофлуоресцентный анализ (количественный спектральный) проб, взятых в период 2010–2011 гг., проведен для элементов Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Ta, Pb, Bi, Zr, Mo и изучена их годовая динамика. Наибольшая концентрация выявлена для Fe, Cu, Mn и др., а также обнаружено наличие Bi, Ta в некоторых точках забора опорного пункта 7, чего раньше атомно-эмиссионным методом не фиксировалось.

При определении концентрации веществ в собранном аэрозоле атомно-эмиссионным спектральным методом анализа погрешность составляет 15 %, а рентгенофлуоресцентного метода – 0,01 %.

Проведенный анализ зависимостей концентраций исследуемых химических элементов от метеорологических параметров окружающей среды подтверждает теорию о зависимостях между концентрацией химических

элементов в снеговом покрове и состоянием атмосферы (влажностью, давлением и т.д.). Установлено, что в течение зимнего периода концентрации элементов понижаются в начале января, но уже к февралю выходят на уровень ноября и даже превосходят его, что в январе можно объяснить выдуванием снега из-за сильных ветров. При постоянном выбросе от предприятий, ТЭЦ, топков печного отопления и автотранспорта основными метеорологическими факторами, влияющими на концентрацию элементов в снеговом покрове, являются ветер, влажность, осадки и давление. Наблюдается увеличение содержания железа за период 2002–2011 гг., что можно объяснить увеличением парка автотранспорта и повышением расхода автомобильного топлива в холодный период года и соответствующим увеличением антропогенных выбросов.

В результате исследований выяснено, что объемная концентрация (количество вещества в единице объема талой воды) железа в снеговом покрове составляет в среднем 0,82 мг/л, меди – 0,38, алюминия – 0,29 мг/л.

В качестве примера на рисунках 2–3 приведена динамика концентраций некоторых элементов в разные годы (в процентах от массы нерастворимого твердого аэрозольного остатка) в опорном пункте 7 г. Барнаула.

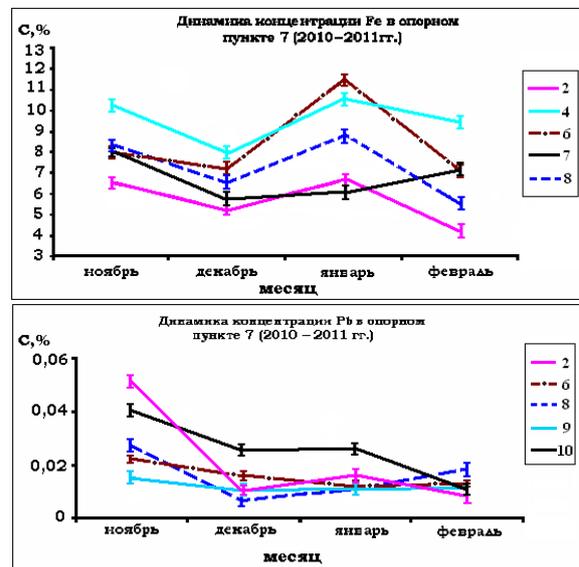


Рисунок 2. Динамика концентрации железа, свинца в 2010–2011 гг. (рентгенофлуоресцентный метод).

МОНИТОРИНГ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА АЭРОЗОЛЬНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ СНЕГОВОГО ПОКРОВА Г. БАРНАУЛА ЗА ПЕРИОД 2002-2011 ГГ.

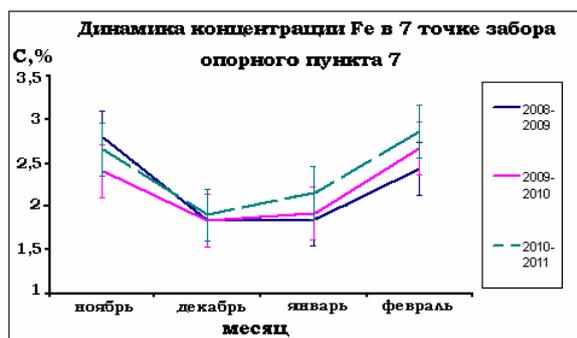


Рисунок 3. Динамика концентрации железа на перекрестке пр. Ленина и ул. Молодежная (атомно-эмиссионный спектральный анализ).

Авторы выражают благодарность профессору Алтайского государственного университета А.А. Тишкину и Н.С. Малыгиной за содействие в проведении исследований рентгенофлуоресцентным методом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кондратьев К.Я., Ивлев Л.С. // Природные и техногенные аэрозоли. – 2008. – Т. 1. – 555 с.
2. Бояркина А.П., Байковский В.В., Васильев Н.В. и др. Аэрозоли в природных планшетах Сибири. – Томск, Изд-во ТГУ, 1993. – 157 с.
3. Андрухова Т.В., Букатый В.И., Чефранов И.П. // Известия АлтГУ. – 2006. – №1. – С. 59–62.
4. Андрухова Т.В., Букатый В.И., Суторихин И.А., Чефранов И.П. // Тезисы международной конференции «Взаимодействие общества и окружающей среды в условиях глобальных и региональных изменений». – Барнаул, 2003. – С. 46–47.
5. Бортников В.Ю., Букатый В.И. // Сборник трудов пятой международной конференции «Естественные и антропогенные аэрозоли», НИИФ им. В. А. Фока – СпбГУ, 2006. – С. 18.
6. Зинченко Г.С., Павлов В.Е., Суторихин И.А., Хвостов И.В. // Оптика атмосферы и океана. – 2006. – Т. 19. – №6. – С. 513–517.
7. Зинченко Г.С., Павлов В.Е., Суторихин И.А., Хвостов И.В. // Оптика атмосферы и океана. – 2009. – Т. 22. – №1. – С. 96–100.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РЕГИОНАЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СНЕГОВОГО ПОКРОВА ГОРОДАМИ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

В.В. Коковкин, В.Ф. Рапута, А.Н. Романов, С.В. Морозов

Представлены результаты полевых исследований, химического анализа и численного моделирования регионального загрязнения снежного покрова атмосферными выбросами источников, находящихся на территориях городов Новосибирска, Томска, Кемерово и Барнаула. В пробах снега определено содержание тяжелых металлов, макрокомпонентов, полиароматических углеводородов. Проведено сопоставление полученных экспериментальных данных с результатами численного моделирования переноса примеси от территорий рассматриваемых городов. Показана возможность создания экономичной системы регионального мониторинга загрязнения на основе выявленных закономерностей.

Ключевые слова: площадные источники, аэрозоль, снеговой покров, химический анализ, загрязнение, примесь, мониторинг, математическое моделирование.

ВВЕДЕНИЕ

Организация инструментальных наблюдений аэрозольного загрязнения на большой площади и в течение длительного времени представляет значительные трудности. В связи с этим в мониторинге окружающей среды широко используются природные планшеты – накопители аэрозолей. В этом плане снеговой покров является одним из наиболее надёжных индикаторов атмосферного загрязнения территории города и его окрестностей [1–3]. В составе выпадений обнаруживают

пыль, тяжелые металлы, макрокомпоненты, полициклические ароматические углеводороды (ПАУ).

Проблема численного моделирования распространения примесей в атмосфере от площадных источников относится к числу наиболее сложных. Распространение загрязняющих веществ тесно связано с текущим динамическим, термическим и влажностным режимом атмосферы, характером подстилающей поверхности. Особо следует отметить трудности описания пространственного распределения и временной динамики вы-