

УДК 535.536

Т.В. Андрухова, К.В. Петренко, И.П. Чефранов
**Динамика загрязнения снежного покрова
Барнаула за 2002–2006 гг.**

В настоящее время одной из самых сложных проблем экологии является ухудшение состояния воздушного бассейна городов и близлежащих населенных пунктов. Из-за выбросов промышленных предприятий и транспорта в воздухе, в снеге и почве накапливаются различные химические элементы. Так, в Барнауле, являющемся крупным промышленным центром, актуальны исследования элементного состава аэрозольных загрязнений, в основном техногенного происхождения. Эти исследования проводятся для выявления находящихся в приземном слое атмосферы химических элементов и их концентраций.

В мониторинге загрязнения окружающей среды часто используются так называемые природные планшеты, поэтому интерес представляет изучение состава снежного покрова как накопителя различных химических элементов [1; 2].

Для полной оценки степени загрязнения воздуха аэрозольными частицами, а также для комплексного изучения аэрозоля необходимо знать его микроструктуру и концентрацию содержащихся в нем химических элементов.

Целью работы является определение отдельных химических элементов в снеге Барнаула за 2002–2006 гг.

В зимний период (ноябрь–февраль) с 2002 по 2006 г. был исследован элементный состав аэрозольных загрязнений снегового покрова, взято более 250 снеговых проб для определения характерной динамики концентраций химических элементов, содержащихся в снеге. Проводился качественный и количественный атомно-эмиссионный спектральный анализ пыли [3], полученной в результате вытапливания снеговых проб. Пробы снега, отобранные до начала снеготаяния (конец марта – начало апреля каждого года) дают интегральный состав аэрозолей, а отобранные ежемесячно с ноября по март характеризуют их изменчивость в течение зимнего сезона. Отбор снега произвели в 8 точках на территории Барнаула, а также в 10 точках в экспериментальном районе. Исследование снегового покрова можно разделить на четыре основных этапа: 1) отбор снеговых проб; 2) подготовка исследуемых образцов; 3) исследование отобранных проб; 4) обработка и интерпретация результатов.

Отбор проб снега производился специальным устройством – снегозаборником – в форме трубки, сделанной из химически неактивного материала, площадью сечения $0,0095 \text{ м}^2$, для городских точек один раз за холодный период, а для экспериментального района каждый месяц на протяжении всего периода (ноябрь–февраль). Обработка проб для определения комплекса загрязняющих веществ осуществлялась путем фильтрования через бумажный фильтр типа «синяя лента». При этом выполнялись все требования, предъявляемые к этому процессу [1]. Отбор снеговых проб проводился не только в черте города, но и за его пределами – в районе оз. Красиловое (60 км от Барнаула). Измерения в районе оз. Красиловое рассматривались как фоновые. Надежность элементного анализа аэрозоля во многом зависит от пробоотбора и пробоподготовки. Собранные пробы хранились в химически неактивной таре при температуре $5\text{--}15^\circ\text{C}$ до момента исследования. Осадок, представлявший основной интерес, оседал на фильтре и высушивался в чистом изолированном сосуде при температуре $18\text{--}20^\circ\text{C}$.

При использовании бумажных фильтров в атомно-эмиссионном спектральном анализе требуется много сложных операций для удаления их органической основы и получения зольного остатка. Поэтому изготовлялась навеска, состоящая из спектрально-чистого графита и зольного остатка в объемном соотношении 1:3, что дало наилучший результат горения пробы в ИВС-28, а следовательно, повышение качества данных. Если учесть потери интересующих нас веществ на этапе озоления и разбавления графитовым порошком, то ошибка определения количества элемента составляет $\sim 15\text{--}18\%$. Для изучения состава городского аэрозоля методом эмиссионного спектрального анализа была собрана и отлажена установка, блок-схема которой представлена на рисунке 1.

Для регистрации полученного при помощи ИВС-28 спектра использовался дифракционный спектрограф ДФС-452, предназначенный для проведения спектрографических работ при исследовании спектров испускания, требующих высокой дисперсии в широком спектральном диапазоне. Спектрограф работает с генератором

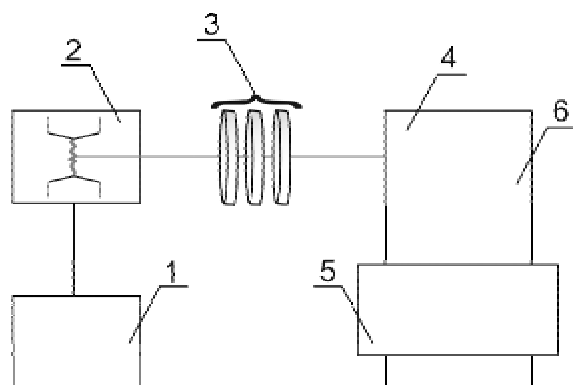


Рис. 1. Блок-схема аппаратно-программного комплекса для изучения элементного состава веществ:
1 – блок питания и управления ИВС-28;
2 – модифицированный источник возбуждения спектров ИВС-28; 3 – трехлинзовый конденсор;
4 – спектрограф ДФС-452 высокой разрешающей способности; 5 – многоэлементный фотоприемник (МЭФ); 6 – персональный компьютер (ЭВМ)

типа ИВС и рассчитан для работы в лабораторных условиях. Обратная линейная дисперсия спектрографа с решеткой 600 штрихов/мм в первом порядке составляет 1,6 нм/мм. Точность определения положения центра спектральной линии составляет 0,2 Е. Для калибровки ДФС-452 использовались эталонные образцы БР04Ц7С5 по ГОСТ 613-79. В результате каче-

ственного атомно-эмиссионного спектрального анализа обнаружены следующие элементы: Al, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, J, Mg, Mn, Mo, Nb, Ni, P, Pb, S, Si, Sn, Ti, V, W, Zn, Zr. Это говорит о том, что собранная установка позволяет различать вышеуказанные элементы. Для исследования концентраций использовалось только шесть элементов – Fe, Cu, Pb, Si, Al, Mn. Выбор этих элементов обусловлен фактом их вредного влияния на организм человека [4; 5], наличием промышленных предприятий на территории Барнаула, а также интенсивного автомобильного движения. В таблице представлены концентрации элементов, измеренные в 2002–2006 гг. Забор проб проводился 28 числа каждого месяца.

Для того чтобы проследить динамику изменения концентраций элементов за зимний период, были построены графики изменения концентрации элементов для точек, которые расположены в экспериментальном микрорайоне города. Графики показывают динамику концентрации определенных элементов в точке забора. Для примера на рисунках 2 и 3 представлены результаты динамики концентраций отдельных элементов за 2002–2006 гг.

Так, зависимости на рисунке 2 показывают, что концентрации трех элементов достигают своего максимума к середине февраля. Это связано с тем, что в феврале из-за сильного падения

Средняя концентрация элементов в пробах, собранных в опорных пунктах Барнаула за 2002–2006 гг., %

Место	Период	Fe	Cu	Pb	Si	Al	Mn
Демидовская площадь	2002–2003	2,9161	0,3101	–	7,3137	–	–
	2003–2004	1,5885	–	0,2188	–	–	–
	2004–2005	2,2124	0,7832	–	11,8711	0,1614	0,1238
	2005–2006	6,1946	0,8495	–	8,9270	0,0752	0,2442
ХБК	2002–2003	2,5454	0,2011	–	1,1194	–	–
	2003–2004	3,9465	–	–	–	–	–
	2004–2005	4,8334	0,3328	–	1,1743	0,1234	0,1563
	2005–2006	5,1466	1,1792	–	6,4333	0,0815	0,2218
Перекресток ул. Матросова и ул. Гущина	2002–2003	2,3119	0,5016	0,3343	10,0997	–	–
	2003–2004	1,6311	0,1318	–	–	–	–
	2004–2005	2,9126	0,5965	–	9,3003	0,0665	0,1310
	2005–2006	4,3632	2,3116	–	4,7440	0,0987	0,1804
Перекресток ул. Балтийская и ул. Попова	2002–2003	2,1443	0,1212	–	3,5375	–	–
	2003–2004	3,3282	–	–	–	–	–
	2004–2005	3,4345	0,8354	–	5,6425	0,0769	0,1210
	2005–2006	5,4523	0,5582	–	7,8879	0,0922	0,0839
Старый базар	2002–2003	3,1103	–	–	8,6216	–	–
	2003–2004	4,1025	–	0,2490	–	–	–
	2004–2005	6,2903	4,0821	–	19,1144	0,1961	0,3422
	2005–2006	8,8713	6,1280	–	12,5359	0,1514	0,7343
Перекресток ул. Солнечная Поляна и ул. Г. Исакова	2002–2003	0,8522	0,0203	–	8,8037	–	–
	2003–2004	0,8631	0,3192	0,2019	–	–	–
	2004–2005	1,1218	0,1179	–	4,4091	0,0649	0,0431
	2005–2006	2,2319	1,7912	–	9,1424	0,0511	0,0508
ФОН – оз. Красилово	2002–2005	0,0041	0,0033	0,0002	–	0,0110	0,0144

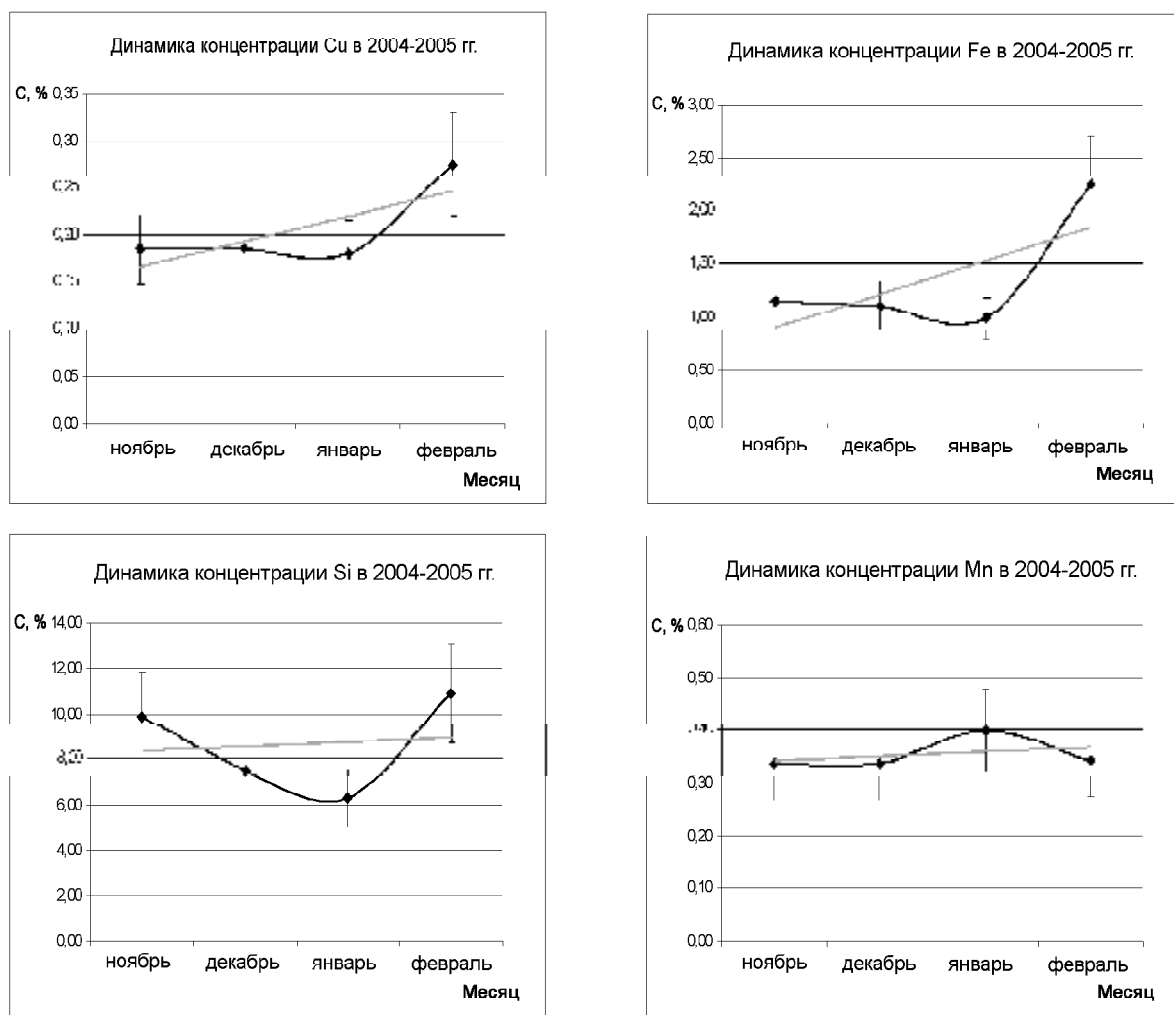


Рис. 2. Динамика концентраций Cu, Fe, Si, Mn в пробе №1 за 2004–2005 гг. в экспериментальном районе

температуры (от -18 до -34 °C) используется больше автомобильного топлива с присадками различных металлов, включая Cd, Fe и Cu. Низкая скорость ветра в это время года не может в полной мере обеспечить перенос накопившегося в воздухе аэрозоля за пределы города.

На графике (рис. 3) наблюдается существенное увеличение концентрации выброса железа за период 2002–2006 гг., что можно объяснить увеличением парка автотранспорта и повышением расхода автомобильного топлива в холодный период года и соответствующим увеличением выбросов.

Для анализа зависимости между концентрацией элементов и метеоусловиями были построены графики для каждого периода исследований. На рисунке 4 представлен график за ноябрь–декабрь 2005 г. и январь–февраль 2006 г. Проведенный анализ зависимостей концентраций исследуемых химических элементов от метеорологических параметров окружающей сре-

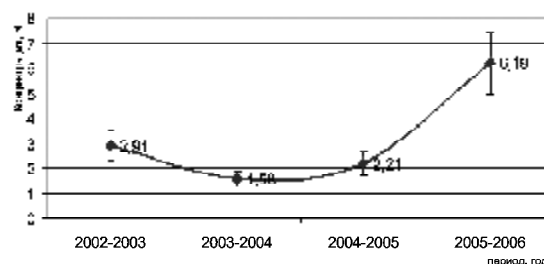


Рис. 3. Динамика концентраций железа в пробе «Демидовская пл.» в процентном соотношении к массе пробы за 2002–2005 гг.

ды подтверждает теорию о зависимостях между концентрацией химических элементов в атмосфере, а в конечном счете, в снежном 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

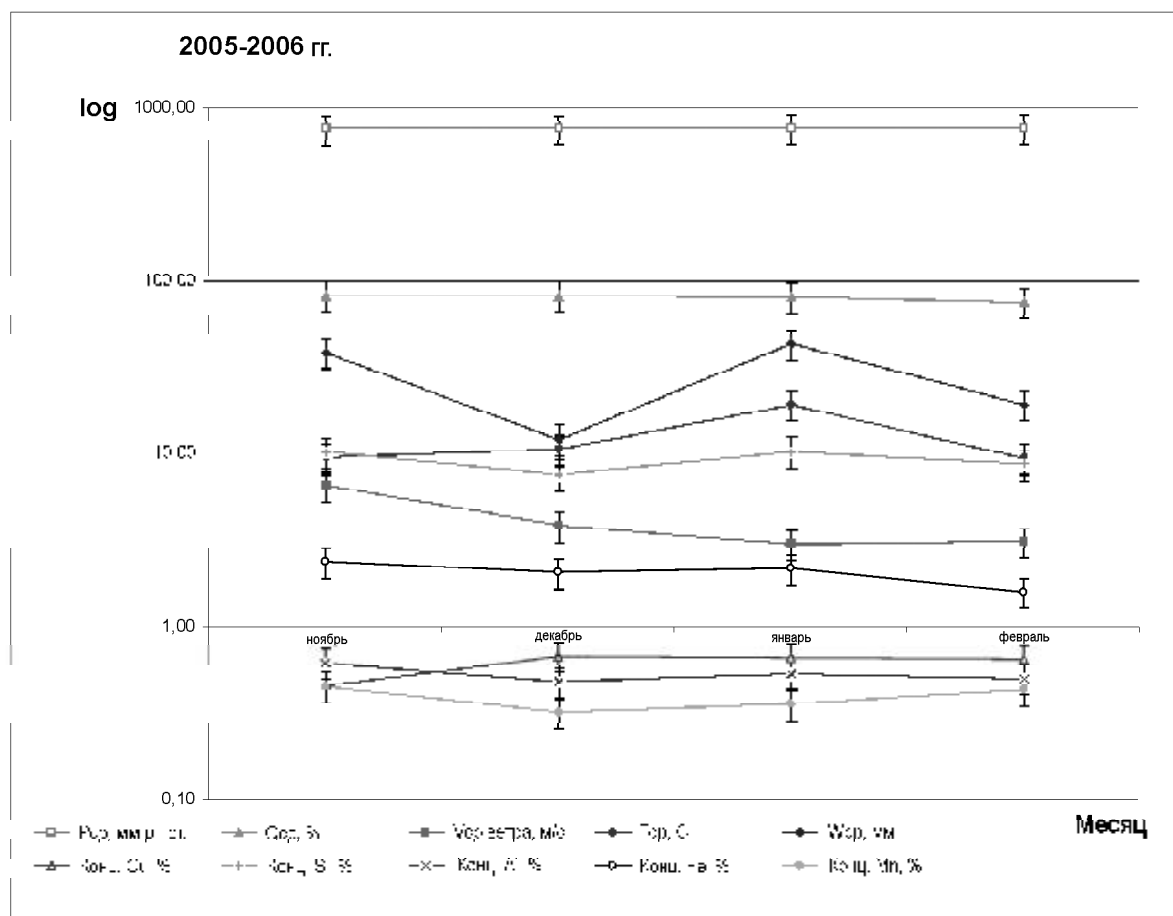


Рис. 4. График анализа зависимости концентраций исследуемых элементов в экспериментальном районе от метеорологических параметров за 2005–2006 гг.: P_{cp} – среднее давление; Q_{cp} – средняя влажность; V_{cp} – средняя скорость ветра; T_{cp} – средняя температура; W_{cp} – общее количество осадков

уровень ноября и даже превосходят его. При постоянном выбросе от предприятий, ТЭЦ и транспорта основными факторами, влияющими на концентрацию элементов в снеговом покрове, являются ветер, влажность, осадки и давление.

В результате исследований выяснено, что концентрация железа в снеговом покрове пре-

вышает значения ПДК веществ в водных объектах и составляет в среднем 0,82 мг/л, а концентрации меди (0,38 мг/л) и алюминия (0,29 мг/л) близки к значению ПДК. Исследование динамики концентраций аэрозольных загрязнений в снеговом покрове города показало высокий темп роста концентраций химических элементов.

Литература

1. Бояркина А.П. Аэрозоли в природных планшетах Сибири / А.П. Бояркина, В.В. Бойковский, Н.В. Васильев и др. – Томск, 1993.
2. Атмосфера : справочник / под ред. Ю.С. Седунова. – Л., 1991.
3. Терек Т. Эмиссионный спектральный анализ / Т. Терек, И. Мика, Э. Гегуш. – М., 1982. – Т. 1–2.
4. Безуглая Э.Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. – Л., 1991.
5. Безуглая Э.Ю. Чем дышит промышленный город / Э.Ю. Безуглая, Г.Л. Расторгуева, И.В. Смирнов. – Л., 1991.