

УДК 551.52

К.П. Куценогий, Г.А. Ковальская, А.И. Смирнова, В.И. Макаров, Л.П. Осипова, О.Л. Посух,
Б.С. Смоляков, Л.А. Павлюк, С.В. Морозов, А.И. Вялков

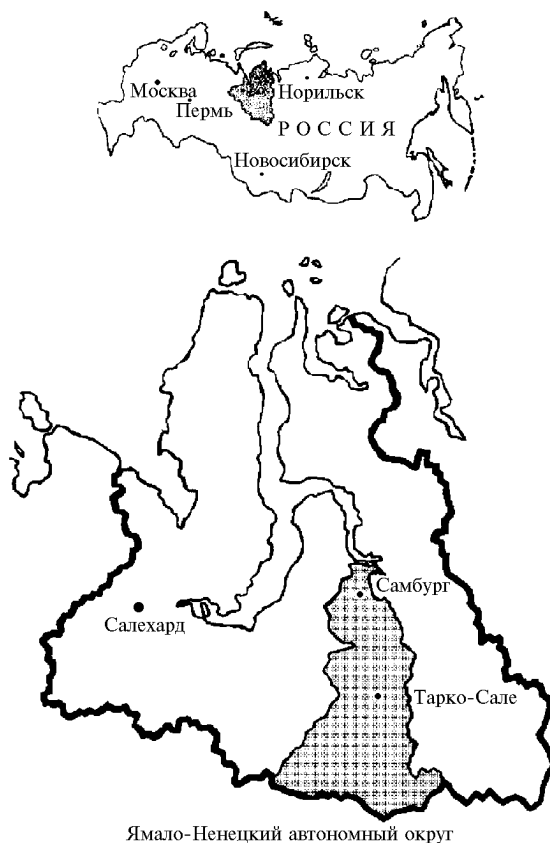
ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ АТМОСФЕРНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ НА СЕВЕРЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Приводятся результаты определения химического состава атмосферных аэрозолей (АА) на севере Западной Сибири. Определены многоэлементный и ионный состав АА, а также содержание некоторых органических экотоксикантов. По результатам определения химического состава и его временных изменений (факторный анализ) сделаны заключения о возможных источниках образования аэрозольных частиц.

Данная работа связана с изучением региональных особенностей атмосферных аэрозолей (АА) в Сибири. Эти исследования проводятся в рамках проекта «Аэрозоли Сибири», цели и задачи которого изложены в [1]. Поэтому с 1991 г. в отдельных районах Сибири начались регулярные наблюдения за различными характеристиками атмосферных аэрозолей. К настоящему времени получены данные о дисперсном и химическом составе АА из разных пунктов, расположенных в Сибирском регионе [2, 3, 5–7]. Эти данные показывают, что существуют заметные отличия в концентрации и химическом составе АА, отобранных в разные сезоны года и в различных точках наблюдения. Наибольшие различия в концентрации АА наблюдаются в северных районах Сибири. В то же время исследования на севере Сибири представляют наибольший интерес в связи с исследованием проблемы дальнего переноса аэрозолей из промышленных районов Северного полушария в Арктику (проблема «арктической дымки») [8–12]. Хотя Арктический регион крайне чувствителен к любым техногенным воздействиям, до настоящего времени данные о характеристиках атмосферных аэрозолей очень ограничены. Особенно это касается северных территорий России.

В данном сообщении мы приводим результаты по определению химического состава АА севера Западной Сибири, полученные в период экспедиций 1995 и 1996 гг., проводимых в Пуровском районе Ямало-Ненецкого национального округа. На рис. 1 показана карта России и Пуровского района, на которой отмечены пункты отбора проб аэрозолей: районный центр – поселок Тарко-Сале и поселок Самбург. Расстояние между точками отбора около 200 км. Отбор проб проводили сотрудники Института цитологии и генетики СО РАН во время экспедиционных работ, которые они ведут в этом районе уже в течение многих лет. В первой экспедиции в марте 1995 г. отбор проб проводился на нуклеопорные фильтры в течение суток с объемной скоростью $1 \text{ м}^3/\text{ч}$, которые анализировались рентгенофлуоресцентным методом с

использованием синхротронного излучения (РФА СИ) в Институте ядерной физики СО РАН и на сканирующем электронном микроскопе с микрозондом в Антверпенском университете (Бельгия). Результаты этих анализов приведены в ряде публикаций [3, 4, 6, 13].



Ямало-Ненецкий автономный округ

Рис. 1. Карта места проведения экспедиционных работ. Верх – штриховкой выделен Ямало-Ненецкий национальный округ, низ – штриховкой выделен Пуровский район, точками указаны пункты отбора проб

В экспедиции 1996 г. отбор проб проводился на фильтры АФА–ХА в течение суток с объемной скоростью $13 \text{ м}^3/\text{ч}$. Увеличение скорости аспирации бо-

лее чем на порядок позволило расширить спектр компонентов, определяющих химический состав атмосферных аэрозолей. Помимо многоэлементного определяли и ионный состав аэрозолей, а также содержание ряда опасных органических соединений – полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), некоторые хлорорганические пестициды (ХОП), полихлорированные бифенилы (ПХБ). Многоэлементный состав АА, как и в предыдущей экспедиции, определялся РФА СИ. Методика РФА СИ и ее возможности для измерения многоэлементного состава АА описаны в [14–17]. Ионный состав водорастворимой фракции определялся ионной хромато-

графией в Институте неорганической химии СО РАН. Методика определения ионного состава изложена в [18]. Органические экотоксиканты определяли хроматомасс-спектрометрией в Институте органической химии СО РАН. Хроматомасс-спектрометрический метод, используемый для определения органических экотоксикантов, описан в [19].

Результаты измерений химического состава АА

Значения массовых концентраций различных компонентов химического состава АА приведены в табл 1, 5 и 6.

Таблица 1

Многоэлементный состав аэрозолей на севере Западной Сибири (нг/м³)

Элемент	13.03.95–26.03.95						Элемент	06.12.96–25.12.96					
	Самбург			Тарко-Сале				Самбург			Тарко-Сале		
	$\langle x_i \rangle$	σ_{gi}	n_i	$\langle x_i \rangle$	σ_{gi}	n_i		$\langle x_i \rangle$	σ_{gi}	n_i	$\langle x_i \rangle$	σ_{gi}	n_i
Cl							Cl	102	2,6	3			
K							K	102	1,6	6	106	1,1	2
Ca	780	2,7	6	1240	1,9	5	Ca	122	2,2	8	380	2,2	4
Ti							Ti	18	2,0	5	17	1,3	4
V				160		1	V	13	2,0	4	16	1,4	3
Cr	25	1,4	3	25	8,4	3	Cr		1,0	0	28	1,2	2
Mn							Mn	6,2	2,3	5	8,1	6,0	3
Fe	54	6,3	8	53	1,4	4	Fe	130	1,4	9	190	1,7	4
Co							Co				4,7	1,1	2
Ni	19	1,1	2	26	1,7	2	Ni	3,9	2,1	4	5,2	1,7	4
Cu	16	4,1	2	5	2,7	3	Cu	6,6	2,2	9	8,9	2,0	4
Zn	22	6,9	8	11	10,5	3	Zn	27	1,8	9	18	2,0	4
Ga							Ga	0,4	1,7	3	1,0	1,2	3
Ge							Ge	0,3	1,3	3	1,0	1,0	1
As							As	1,3	2,6	4	5,5	1,0	1
Se							Se	0,3	3,2	8	0,6	2,1	4
Br	5	1,9	6	10	1,5	6	Br	2,7	2,1	9	28	2,7	4
Rb							Rb	0,3	2,6	6	0,7	1,6	3
Sr	1	3,9	2				Sr	1,2	2,7	9	0,7	2,6	3
Y							Y	0,2	1,4	2	0,2	1,3	2
Zr	2	1,2	2				Zr	0,8	1,5	9	0,2	1,2	2
Mo	5	1,1	2	4	1,0	2	Mo	0,1	1,5	7	0,4	3,8	3
Ba							Ba	72	5,5	2	31	1,0	1
Lu							Lu				0,9	1,0	1
Hf							Hf				1,6	1,5	2
W							W	0,3	3,1	2	1,9	2,3	4
Hg							Hg				3,0	1,5	3
Pb	18	2,6	8	40	2,4	5	Pb	8,3	1,7	9	41	2,7	4
Bi							Bi	0,3	2,3	4	0,5	1,5	3
U							U	0,3	2,2	8			

Таблица 2

Относительное распределение элементов в аэрозолях на севере Западной Сибири (x_{Fe})

Элемент	13.03.95–26.03.95						Элемент	06.12.96–25.12.96					
	Самбург			Тарко-Сале				Самбург			Тарко-Сале		
	$\langle x_{Fe} \rangle_i$	σ_{gi}	n_i	$\langle x_{Fe} \rangle_i$	σ_{gi}	n_i		$\langle x_{Fe} \rangle_i$	σ_{gi}	n_i	$\langle x_{Fe} \rangle_i$	σ_{gi}	n_i
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Cl							Cl	1,05	2,3	3			
K							K	0,77	1,3	6	0,43	1,9	2
Ca	20	4,6	6	21	1,4	3	Ca	0,93	1,8	8	2,0	1,3	4
Ti							Ti	0,14	2,2	5	0,089	2,1	4
V				2	1	1	V	0,10	2,0	4	0,11	1,8	3

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Cr	0,19	2,4	3	0,071	1	1	Cr				0,096	1,7	2
Mn							Mn	0,045	1,8	5	0,035	3,9	3
Fe	1	1	8	1	1	4	Fe	1	1	9	1	1	4
Co							Co				0,016	1,7	2
Ni	0,39	1,2	2	0,21	1	1	Ni	0,038	2,6	4	0,028	1,5	4
Cu	3,0	2,7	2	0,052	2,8	2	Cu	0,052	2,9	9	0,047	1,4	4
Zn	0,40	9,9	8	0,24	13,2	3	Zn	0,21	1,9	9	0,095	1,4	4
Ga							Ga	0,0030	1,8	3	0,0048	1,8	3
Ge							Ge	0,0022	1,5	3	0,0070	1	1
As							As	0,0086	2,2	4	0,012	1	1
Se							Se	0,0023	3,3	8	0,0032	3,1	4
Br	0,049	2,2	6	0,17	1,44	4	Br	0,021	1,8	9	0,15	3,3	4
Rb							Rb	0,0018	2,5	6	0,0032	1,2	3
Sr	0,008	6,1	2				Sr	0,0095	2,4	9	0,0036	4,6	3
Y							Y	0,0016	1,5	2	0,0020	1,6	2
Zr	0,022	1,5	2				Zr	0,0061	1,4	9	0,0009	2,1	2
Mo	0,039	1,5	2	0,05	1	1	Mo	0,0009	1,7	7	0,0019	5,3	3
Ba							Ba	0,42	6,8	2	0,071	1	1
Lu							Lu				0,0021	1	1
Hf							Hf				0,0054	1,0	2
W							W	0,0035	3,7	2	0,0099	2,6	4
Hg							Hg				0,0145	1,2	3
Pb	0,33	2,8	8	0,74	2,06	4	Pb	0,065	1,5	9	0,22	3,3	4
Bi							Bi	0,0026	2,2	4	0,0026	1,8	3
U							U	0,0029	2,0	8			

Таблица 3

Коэффициент обогащения (EF) различных элементов в аэрозолях на севере Западной Сибири

Элемент	13.03.95–26.03.95						Элемент	06.12.96–25.12.96					
	Самбург			Тарко-Сале				Самбург			Тарко-Сале		
	$\langle EF_i \rangle$	σ_{gi}	n_i	$\langle EF_i \rangle$	σ_{gi}	n_i		$\langle EF_i \rangle$	σ_{gi}	n_i	$\langle EF_i \rangle$	σ_{gi}	n_i
Cl							Cl	220	2,3	3			
K							K	1,4	1,3	6	0,8	1,9	2
Ca	26	4,6	6	27	1,4	3	Ca	1,2	1,8	8	2,6	1,3	4
Ti							Ti	1,3	2,2	5	0,8	2,1	4
V				740	1	1	V	38	2,0	4	42	1,8	3
Cr	94	2,4	3	36	1	1	Cr				48	1,7	2
Mn							Mn	2,4	1,8	5	1,8	3,9	3
Fe	1	1	8	1	1	4	Fe	1	1	9	1	1	4
Co							Co				34	1,7	2
Ni	280	1,2	2	150	1	1	Ni	27	2,6	4	20	1,5	4
Cu	3000	2,7	2	52	2,7	2	Cu	52	2,9	9	47	1,4	4
Zn	270	10	8	160	13	3	Zn	140	1,9	9	63	1,4	4
Ga							Ga	8,6	1,8	3	14	1,9	3
Ge							Ge	49	1,5	3	160	1	1
As							As	190	2,2	4	270	1	1
Se							Se	1800	3,3	8	2400	3,1	4
Br	800	2,2	6	2800	1,4	4	Br	340	1,8	9	2400	3,3	4
Rb							Rb	0,7	2,5	6	1,3	1,2	3
Sr	1	6,1	2				Sr	1,4	2,4	9	0,5	4,6	3
Y							Y	2,2	1,5	2	2,7	1,6	2
Zr	6	1,5	2				Zr	1,7	1,4	9	0,2	2,1	3
Mo	1300	1,5	2	1700	1	1	Mo	30	1,7	7	64	5,4	3
Ba							Ba	42	6,8	2	7	1	1
Hf							Hf				67,4	1,0	2
W							W	120	3,7	2	280	2,6	4
Hg							Hg				11000	1,2	3
Pb	1100	2,8	8	2600	2,1	4	Pb	220	1,5	9	740	3,3	4
Bi							Bi	630	2,2	4	630	1,8	3
U							U	52	2,0	8			

Результаты факторного анализа химического состава АА севера Западной Сибири

Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4	Фактор 5
	Многоэлементный состав			
Ca, Fe, Zn	Se, Br, Pb	Ni, Cu	–	–
	Ионный состав			
Ca ²⁺ + Mg ²⁺ , Na ⁺ , Cl ⁻	NH ₄ ⁺ , K ⁺ , SO ₄ ²⁻	H ⁺	–	–
	ПАУ, ХОП, ПХБ			
Флуорантен, пирен, хризен, бенз(<i>a</i>)антрацен, бенз(<i>b</i>)пирен, дибенз(<i>a,h</i>)антрацен, бензо(<i>g,h,i</i>)перилен, γ-ГХЦГ, ДДТ	аценафтилен аценафтен антрацен – – –	нафталин – – – – –	– – – – – –	– – – – – –
	Полный химический анализ			
Ca, Fe, Ca ²⁺ + Mg ²⁺ , Na ⁺ , Cl ⁻ , γ-ГХЦГ	Se, Br, Pb, флуорантен, пирен, бенз(<i>a</i>)антрацен, бензо(<i>g,h,i</i>)перилен, бенз(<i>b</i>)пирен	Zn, NH ₄ ⁺ , K ⁺ , SO ₄ ²⁻ , аценафтен, ДДТ	H ⁺ , F ⁻ , нафта- лин	ПХБ

Таблица 5

Ионный состав водорастворимой фракции атмосферных аэрозолей на севере Западной Сибири (декабрь 1996)

Компоненты	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺	Cat	F ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	An
Самбург											
<x _i >	7,1	7,0	3,1	0,9	0,4	20,9	1,2	0,7	1,5	19,0	23,8
σ _{gi}	3,9	1,4	1,7	2,5	1,6	2,0	1,3	1,5	2,8	2,3	2,1
n _i	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
%eqv	33,7	33,5	14,7	4,6	2,1	100	5,4	3,2	6,6	79,9	100
нг/м ³	127,4	119,7	71,0	37,6	0,4	356,2	24,4	27,0	96,7	912,9	1061
%	35,7	33,6	19,9	10,5	0,1	100	2,3	2,5	9,1	86,0	100
Тарко-Сале											
<x _i >	8,1	9,6	10,7	1,8	0,7	32,4	1,2	2,7	2,6	19,5	29,9
σ _{gi}	1,1	1,6	1,7	1,4	1,8	1,3	1,5	3,2	2,3	1,7	1,5
n _i	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
%eqv	25,1	29,7	33,2	5,5	2,2	100	4	8,9	8,7	65,0	100
нг/м ³	146	163	248	70	1	628	23	94	162	933	1213
%	23,3	26,0	39,4	11,1	0,13	100	1,9	7,8	13,4	76,9	100

В табл. 1 приведены данные о массовой концентрации различных элементов АА, в табл. 5 и 6 представлены среднесуточные значения массовой концентрации различных водорастворимых ионов АА и некоторых органических экотоксикантов, содержащихся в аэрозольных частицах. В этих таблицах значком <x_i> обозначены среднегеометрические величины суточных массовых концентраций *i*-компоненты (*i* – различные элементы, ионы или органические соединения). Символами σ_{gi} и n_i обозначены среднегеометрические квадратичные отклонения средних величин и число опытов, по которым рассчитаны величины <x_i> и σ_{gi}. Размерность приведенных в таблицах параметров: нг/м³ для элементов и органических соединений и нг-экв/м³ для ионов. В табл. 2 приведены значения относительных концентраций различных элементов (x_{Fe}), нормированных на концентрацию железа:

$$x_{iFe} = C_i / C_{Fe}, \quad (1)$$

где C_i – массовая концентрация *i*-го элемента в анализируемой пробе; C_{Fe} – массовая концентрация железа в той же пробе.

В табл. 3 указаны величины коэффициентов обогащения различных элементов (EF), которые рассчитывались по соотношению

$$EF_i = \frac{\langle x_{iFe} \rangle_{aer}}{\langle x_{iFe} \rangle_{crust}}, \quad (2)$$

<x_{iFe}>_{aer} определяется по формуле (1); <x_{iFe}>_{crust} – кларковое содержание *i*-го элемента в земной коре.

В табл. 4 сведены результаты факторного анализа временного изменения многоэлементного и ионного состава АА, а также содержания органических экотоксикантов в аэрозольных частицах. В нижней части табл. 4 представлены результаты факторного анализа по всей совокупности компонентов, определенных различными методами.

Анализ полученных данных

Многоэлементный анализ

Рассмотрение данных табл. 1 показывает, что увеличение объемной скорости прососа привело к росту числа элементов, одновременно определяемых в составе АА, с 12 до 30. Хотя значения массовой концен-

трации различных элементов, полученные в экспедиции 1996 г., в ряде случаев заметно отличаются от измеренных в 1995 г. величин, в настоящее время трудно достоверно указать возможные причины этих расхождений. Однако видно, что в большинстве случаев в пределах имеющегося разброса экспериментальных данных массовые концентрации разных элементов в аэрозольных пробах, отобранных в Тарко-Сале и Самбурге, близки друг другу. Для значительного числа элементов средние массовые концентрации образцов проб, отобранных в Тарко-Сале, в 2–3 раза больше, чем для отобранных в Самбурге. Для Pb и Vg превышение концентраций в Тарко-Сале над Самбургскими значениями достигает 5–10 раз. Ни в одной из 5 проб АА из Тарко-Сале не обнаружено заметного количества U. В то же время в 9 пробах из 10 из Самбурга U присутствует в измеримых количествах.

Из табл. 2 видно, что за исключением Vg, Sr, Zr, Ba, W, Pb в пределах разброса экспериментальных данных совпадают значения относительных концентраций элементов $\langle x_{Fe} \rangle$. Это указывает на сходство многоэлементного состава в данном регионе. Для Vg и Pb величины $\langle x_{Fe} \rangle$ в Самбурге в 3–6 раз меньше, чем в Тарко-Сале. Аэрозоли в Самбурге, наоборот, обогащены Sr, Zr, Ba по сравнению с их содержанием в аэрозольных частицах Тарко-Сале от 2 до 8 раз.

Такие элементы, как V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Ge, As, Se, Br, Mo, Hf, W, Pb, Bi, U (как видно из табл. 3), имеют значительные коэффициенты обогащения $EF > 20$. Это может означать, что на территорию Пуровского района переносятся аэрозольные частицы, источником которых могут быть предприятия цветной металлургии и автотранспорта. В Тарко-Сале наряду с повышением по сравнению с Самбургом содержания Pb и Vg отмечается высокая, близкая к 100% корреляция между концентрациями этих элементов. Вывод о тесной связи между этими элементами подтверждают и результаты факторного анализа (табл. 6). Для Самбурга повышение содержания Sr и U в частицах сопровождается и достаточно высокой корреляцией в изменении их концентраций. Связь между содержанием Pb и Vg в аэрозольных частицах Тарко-Сале можно отнести к техногенному воздействию локального уровня, обусловленного повышенной интенсивностью использования автотранспорта. Высокое значение EF для U и близкую к 1 величину EF для Sr при тесной корреляции массовых концентраций этих элементов в Самбурге можно, в частности, объяснить их почвенно-эрозионным происхождением. Наряду с минеральной частью почвенно-эрозионные частицы, вероятно, содержат и растительные остатки, которые могли быть загрязнены выбросами, содержащими U. Поэтому в дальнейших исследованиях необходимо обратить внимание на эти факты.

Ионный состав

В Тарко-Сале и в Самбурге, как видно из табл. 5, преобладающим анионом является сульфат. На поря-

док меньше в водорастворимой фракции АА содержание NO_3^- , Cl^- и F^- . В Тарко-Сале катионная часть примерно в одинаковой мере представлена NH_4^+ , Ca^{2+} + Mg^{2+} и Na^+ . Примерно на порядок меньше содержание K^+ . Суммарная доля водорастворимой ионной фракции как в Тарко-Сале, так и в Самбурге в среднем составляет около 40%. Для зимнего периода это находится в пределах колебаний, характеризующих Сибирский регион [5]. Между суммарной концентрацией анионной и катионной составляющими водорастворимой фракции АА существует тесная корреляционная связь, которая представлена на рис. 2.

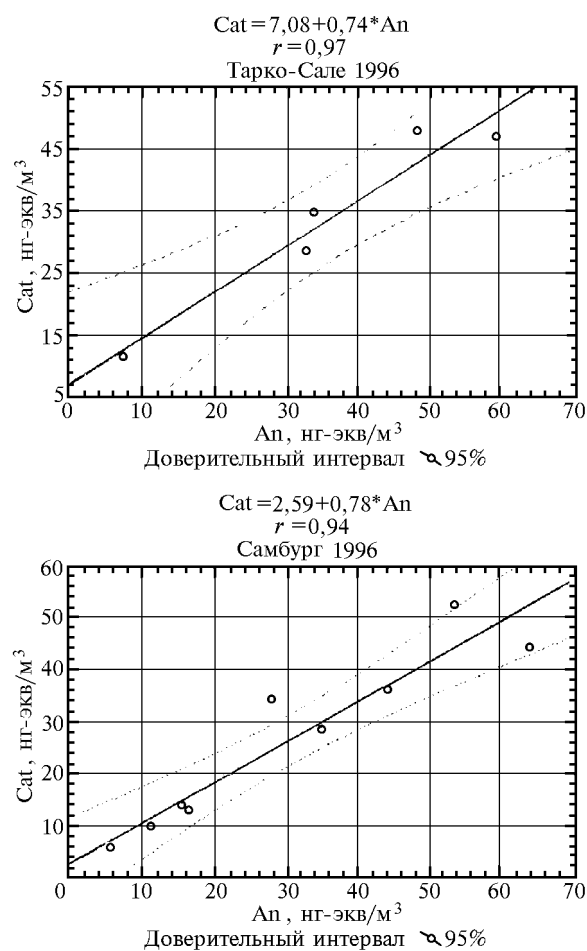


Рис. 2. Корреляционная зависимость суммарной концентрации анионов и катионов. Cat – суммарная концентрация катионов; An – суммарная концентрация анионов; o – экспериментальные величины; — – корреляционная зависимость

Содержание органических экотоксикантов

Представленные в табл. 6 результаты масс-спектрометрического определения ПАУ, ХОП и ПХБ показывают, что в АА исследуемого района находятся до 18 различного вида органических экотоксикантов. В связи с тем что такие измерения нами проведены впервые, мы ограничились лишь их факторным анализом, результаты которого показаны в табл. 4.

Содержание полициклических ароматических углеводородов, хлорорганических пестицидов и полихлорированных бифенилов в атмосферных аэрозолях севера Западной Сибири (нг/м³)

Соединение	06.12.96–25.12.96					
	Самбург			Тарко-Сале		
	$\langle x_i \rangle$	σ_{gi}	n_i	$\langle x_i \rangle$	σ_{gi}	n_i
Аценафтилен	0,0086	2,09	9	0,0102	2,09	3
Аценафтен	0,0061	2,09	9	0,0099	1,40	3
Нафталин	0,055	1,29	9	0,057	1,37	3
Флуорен	0,031	2,31	9	0,031	2,08	3
Фенантрен	0,084	3,24	9	0,030	10,3	4
Антрацен	0,036	3,03	8	0,0069	6,25	4
Флуорантен	0,048	3,83	9	0,032	5,69	4
Пирен	0,026	4,06	9	0,021	4,34	4
Бенз(<i>a</i>)антрацен	0,012	2,24	8	0,005	3,97	4
Хризен	0,046	1,84	7	0,011	6,79	4
			Самбург + Тарко-Сале			
Бенз(<i>b</i>)пирен	0,043	2,00	12	–	–	–
Бенз(<i>a</i>)пирен	0,036	2,63	9	–	–	–
Дибенз(<i>a,h</i>)антрацен	0,0069	1,74	11	–	–	–
Бензо(<i>g,h,i</i>)перилен	0,10	2,41	12	–	–	–
γ -ГХЦГ	0,032	1,59	12	–	–	–
ДДЕ	0,0055	2,93	11	–	–	–
ДДТ	0,0063	2,59	13	–	–	–
ПХБ	0,044	4,28	13	–	–	–

Как видно из табл. 6, в каждой компоненте химического состава АА до 3 различных факторов. В нижней части этой таблицы приведены результаты факторного анализа всей совокупности сведений по химическому составу АА на севере Западной Сибири. Видно, что полный химический состав определяется уже 5 факторами.

Выводы

1. Впервые получены данные по химическому составу АА на севере Западной Сибири.

2. Проведен анализ различных химических составляющих АА в данном регионе, позволивший оценить возможные источники аэрозольных частиц и их региональные особенности.

Авторы выражают признательность за частичную финансовую поддержку INTAS (грант INTAS 93-0182 ext) и СО РАН (грант № 117 интеграционный проект, гранты поддержки экспедиционных работ и международного сотрудничества).

1. Куценогий К.П. // Оптика атмосферы и океана. 1994. Т. 7. № 8. С. 1015–1021.
2. Куценогий К.П. // Оптика атмосферы и океана. 1996. Т. 9. № 6. С. 704–711.
3. Куценогий К.П., Малдерен Х.Ван, Хоорнаерт С., Грикен Р.Ван, Куценогий К.П. // Оптика атмосферы и океана. 1996. Т. 9. № 6. С. 712–719.
4. Koutsenogii K.P., Osipova L.P., Posukh O.L. et al. // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. 1977 (in press).

5. Koutsenogii P. // Atmospheric Research. 1997. V. 44. P. 167–173.
6. Atmospheric aerosols in the Asian part of the former Soviet Union. Final report to INTAS. Project 93-0182. 1.4.1995–31.3.1996. University of Antwerp., Belgium, 1996. 74 p.
7. Atmospheric aerosols in the Asian part of the former Soviet Union. Periodic report to INTAS. Project 93-0182-ext. 1.6.1996–31.5.1997. University of Antwerp., Belgium, 1997. 47 p.
8. Atmospher. Environ. Special Issue on Arctic Air Chemistry. 1981. V. 15. P. 1345–1516.
9. Atmospher. Environ. Special Issue on Arctic Air Chemistry. 1985. V. 19. P. 1987–2208.
10. Atmospher. Environ. Special Issue on Arctic Air Chemistry. 1989. V. 23. P. 2345–2638.
11. Atmospher. Environ. Special Issue on Arctic Air, Snow and Ice Chemistry. 1993. V. 27A. N 17/18. P. 2695–3038.
12. Atmospher. Research // Special Issue: Arctic Haze / Ed. by R. Jaenicke. 1997. V. 44. N 1–2. P. 1–232.
13. Куценогий К.П., Буфетов Н.С., Ивакин Е.И. и др. // Тезисы докладов Республиканской конференции «Региональное природопользование и экологический мониторинг». Барнаул, 1996. С. 107–109.
14. Куценогий К.П., Ковальская Г.А. и др. // Оптика атмосферы и океана. 1997. Т. 10. № 7. С. 820–827.
15. Baryshev V.B., Bufetov N.S., Koutsenogii K.P., Makarov V.I., Smirnova A.I. // Nucl. Inst. Meth. Phys. Res. 1995. A359. P. 297–301.
16. Куценогий К.П., Барышев В.В. и др. // Тезисы докладов Республиканской конференции «Региональное природопользование и экологический мониторинг». Барнаул, 1996. С. 110–112.
17. Koutsenogii K.P., Bufetov N.S., Makarov V.I., Kovalskaya G.A., Smirnova A.I., Baryshev V.B. // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. 1996. A6492 (in press).
18. Смоляков Б.С., Павлюк Л.А., Куценогий К.П., Макаров В.И., Конченко И.Ю. // Химия в интересах устойчивого развития. 1997. Т. 5. С. 193–199.
19. Морозов С.В., Вялков А.И. и др. // Тезисы конференции «Аналитика Сибири и Дальнего Востока». Новосибирск, 1996. С. 252.

Институт химической кинетики и горения СО РАН,
Институт цитологии и генетики СО РАН,
Институт неорганической химии СО РАН,
Институт органической химии СО РАН, Новосибирск

Поступила в редакцию
4 февраля 1998 г.

K.P. Koutsenogii, G.A. Kovalskaya, A.I. Smirnova, V.I. Makarov, L.P. Osipova, O.L. Posukh, B.S. Smolyakov, L.A. Pavluk, S.V. Morozov, A.I. Vyalkov. **The Chemical Composition of Atmospheric Aerosols in the North of Western Siberia.**

Results of the determination of the chemical composition of atmospheric aerosols (AA) on the north of Western Siberia are given. The multielementary and ionic compositions of AA are estimated along with the composition of some organic ecotoxicants. Conclusions are drawn on the possible sources of aerosol particles from the results of determination of chemical composition and its temporal variations (factor analysis).