

**К.П. Куценогий, А.И. Смирнова, В.Ф. Переседов, С.Ф. Гундорина, Т.М. Островная,  
В.И. Резчиков, Г.Г. Глухов**

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ МНОГОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА АТМОСФЕРНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ СИБИРИ НЕЙТРОННО-АКТИВАЦИОННЫМ МЕТОДОМ**

Приводятся результаты определения многоэлементного состава атмосферных аэрозолей (АА) с использованием нейтронно-активационного анализа (НАА) в трех точках Новосибирской области. Получены данные по многоэлементному составу аэрозолей, отобранных на фильтры (интегральное содержание) и двухкаскадные виртуальные импакторы, позволяющие определить многоэлементный состав двух размерных фракций АА (субмикронной –  $d_{50} < 1$  мкм и грубодисперсной –  $d_{50} > 1$  мкм). По коэффициенту обогащения и результатам статистической обработки делается вывод об источниках аэрозолей Сибирского региона.

Нейтронно-активационный метод в последние десятилетия получил широкое распространение при исследовании проблем окружающей среды [1]. Это объясняется его высокой чувствительностью и возможностью одновременного определения до 30 и более разных элементов в анализируемом образце. Достаточно часто этот метод используют для анализа элементного состава атмосферных аэрозолей различных размеров с целью идентификации типа источников и изучения закономерностей трансформации аэрозольных частиц при переносе воздушными потоками [2–5]. Сведения об использовании НАА для анализа состава атмосферных аэрозолей в различных регионах бывшего СССР впервые появились в середине семидесятых годов [6, 7].

В материалах специальных конференций по применению НАА для анализа содержания различных элементов в объектах окружающей среды, как правило, заметную долю составляют публикации, связанные с определением состава атмосферного аэрозоля [1, 8–10].

Достаточно подробно специфика применения НАА к анализу многоэлементного состава атмосферного аэрозоля изложена в [11]. Там же приведены и результаты использования НАА для анализа состава аэрозолей в Сибирском регионе. Хотя большинство сведений, приведенных в [11], относится к измерению состава проб, отобранных в крупных промышленных городах Сибири, авторы на основании сопоставления полученных данных с известными из публикаций сделали вывод об идентичности относительного элементного состава атмосферных аэрозолей в глобальном масштабе.

Однако столь серьезные выводы требуют, как указывают авторы [11], подтверждения на более представительном экспериментальном материале, поэтому в данном сообщении приводятся результаты анализа экспериментальных данных определения многоэлементного состава атмосферных аэрозолей в районе Новосибирской области, полученных в рамках проекта «Аэрозоли Сибири».

### **Место отбора проб**

Отбор проб проводился в трех местах:

1. Юг Новосибирской области – стационар Института систематики и экологии животных СО РАН (озеро Чаны).

2. Геофизическая станция Института геологии СО РАН, примерно в 12 км от Академгородка (поселок Ключи).

3. Крыша здания Института химической кинетики и горения СО РАН (Академгородок).

Отбор проб проводили или на фильтры АФА-ХА-20 или на двухкаскадный виртуальный импактор с разделением на грубодисперсную ( $d > 1,3$  мкм) и субмикронную ( $d < 1,3$  мкм) фракции. Длительность отбора равнялась приблизительно 24 ч. Суммарный объем прососанного аэрозоля достигал 300 м<sup>3</sup> для фильтров АФА и 20 м<sup>3</sup> при отборе импакторами. В табл. 1 приведены сведения о месте, дате отбора проб и типе заборного устройства.

Таблица 1

Место и дата отбора аэрозольных проб		
Место отбора	Дата отбора	Тип заборного устройства
Ключи	с 10.06 по 30.06.94	виртуальный импактор
Ключи	с 24.01 по 17.02.95	– ” –
Чаны	с 10.06 по 27.06.94	– ” –
Ключи	с 10.06 по 27.06.95	фильтр АФА
Академгородок	с 10.06 по 26.06.95	– ” –

Пробы, отобранные виртуальным импактором, анализировались в Лаборатории нейтронной физики Объединенного института ядерных исследований (г. Дубна). Фильтры АФА-ХА-20 анализировались в Институте ядерной физики Томского политехнического университета (г. Томск). Методика нейтронно-активационного анализа подробно изложена в [12, 13].

### Результаты определения многоэлементного состава

В табл. 2 приведены среднегеометрические значения концентраций различных элементов ( $\langle x_i \rangle$ ) и значения среднеквадратичного отклонения среднегеометрического среднего ( $\sigma_g$ ), определенные в пробах, отобранных на фильтры АФА-ХА-20.

Таблица 2

Среднегеометрические значения концентрации элементов (нг/м<sup>3</sup>) в аэрозольных частицах, определенные по пробам на фильтре АФА-ХА-20, июнь 1995

Элемент	Br	Cd	La	Sm	Au	Na	Lu	Yb	U	Mo	Hf
Ключи											
$\langle x_i \rangle$ , нг/м <sup>3</sup>	1,4	5,0	0,2	0,06	0,01	200	0,01	0,1	0,6	2,4	0,08
$\sigma_g$	1,6	1,4	2,6	2,0	–	1,9	1,5	1,2	1,3	2,4	1,7
Элемент	Ce	Ca	Th	Cr	Se	Ag	Cs	Sc	Fe	Co	Eu
$\langle x_i \rangle$ , нг/м <sup>3</sup>	0,46	2080	0,11	1,9	0,3	0,8	0,2	0,2	480	0,26	0,03
$\sigma_g$	2,7	1,4	1,5	3,2	1,5	1,4	1,9	1,5	1,6	1,6	1,8
Академгородок											
$\langle x_i \rangle$ , нг/м <sup>3</sup>	8,2	20	1,2	0,2	0,03	670	–	0,4	1,0	130	0,3
$\sigma_g$	1,4	1,3	2,1	2,3	1,6	1,8	–	1,5	2,0	3,0	1,2
$\langle x_i \rangle$ , нг/м <sup>3</sup>	2,2	9900	–	7,4	1,3	1,8	0,7	1,0	2000	1,5	0,15
$\sigma_g$	3,8	1,2	–	3,8	1,6	3,3	1,8	2,2	1,8	1,8	2,5

В табл. 3 аналогичные сведения представлены для проб, отобранных с помощью виртуального импактора. По результатам определения массовой концентрации элементов, содержащихся в аэрозольных частицах, вычислялись значения коэффициентов обогащения  $EF$ , которые рассчитывались по следующему соотношению:

$$EF = (C_i/C_{Fe})_{aer} / (C_i/C_{Fe})_{crust}$$

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

Индексы aer и crust указывают, что в первом случае рассчитывается относительное содержание  $i$ -го элемента по отношению к железу для аэрозольной пробы, а во втором случае аналогичное отношение означает кларковое содержание  $i$ -го элемента в земной коре. Последняя величина взята из работы [14].

В табл. 4 приведены данные по распределению элементов в зависимости от величины  $EF$ . Вся совокупность определенных элементов была разбита на несколько групп. В первую группу объединялись элементы со значениями  $EF$  менее 10. Во вторую группу попадали элементы, когда  $10 \leq EF < 100$ . В третью, четвертую и т.д. отбирались элементы, у которых диапазон значений  $EF$  увеличивался в 10 раз.

В табл. 5 указаны те элементы, концентрация которых составляет более 1% от суммарной массовой концентрации, а также от их общей доли в многоэлементном составе, определяемом с помощью НАА.

Результаты измерений многоэлементного состава и его временного изменения были обработаны статистическими методами (факторный и корреляционный анализы). Результаты такой обработки позволили выделить наиболее значимые факторы, которые приведены в табл. 6.

Таблица 3

**Среднегеометрические значения концентрации элементов в аэрозольных частицах (нг/м<sup>3</sup>),  
определенные по пробам на виртуальном импакторе**

	Чаны, июнь 1994				Ключи, июнь 1994				Ключи, январь 1995			
	1-я ст. ( $d > 1,3$ мкм)		2-я ст. ( $d < 1,3$ мкм)		1-я ст. ( $d > 1,3$ мкм)		2-я ст. ( $d < 1,3$ мкм)		1-я ст. ( $d > 1,3$ мкм)		2-я ст. ( $d < 1,3$ мкм)	
	$\langle x_i \rangle_1$ , нг/м <sup>3</sup>	$\sigma_{g1}$	$\langle x_i \rangle_2$ , нг/м <sup>3</sup>	$\sigma_{g2}$	$\langle x_i \rangle_1$ , нг/м <sup>3</sup>	$\sigma_{g1}$	$\langle x_i \rangle_2$ , нг/м <sup>3</sup>	$\sigma_{g2}$	$\langle x_i \rangle_1$ , нг/м <sup>3</sup>	$\sigma_{g1}$	$\langle x_i \rangle_2$ , нг/м <sup>3</sup>	$\sigma_{g2}$
Na	620	1,4	620	1,5	430	1,4	430	1,5	530	1,3	430	1,2
Mg	170	1,4	230	2,4	240	1,5	130	—	360	1,6	98	1,1
Al	320	1,7	160	1,8	590	1,6	170	2,6	1070	2,1	190	1,6
Cl	420	1,5	410	1,4	2300	1,3	3800	1,3	140	2,1	210	1,7
Ti	210	6,8	—	—	680	2,7	—	—	39	1,4	8,7	—
V	0,9	1,7	0,56	1,7	1,9	1,3	0,75	3,0	2,5	1,7	1,1	1,9
Mn	23	2,5	7,7	1,7	25	1,6	5,4	1,7	23	1,6	12	1,6
Cu	93	2,2	63	1,9	25	1,4	37	2,1	38	1,7	30	1,9
In	0,25	2,1	0,33	1,6	0,15	3,3	0,12	4,2	0,2	2,4	0,09	3,8
I	0,58	2,0	1,1	1,5	0,4	1,8	0,59	1,5	0,75	1,4	0,56	2,8
K	990	1,4	3100	—	750	5,3	—	—	1600	1,9	730	1,1
Sc	0,09	1,5	0,12	2,9	0,11	1,6	0,11	2,5	0,08	2,2	0,04	2,4
Cr	4,9	1,9	24	—	6,4	1,4	19	1,3	2,3	3,9	3,0	1,4
Fe	106	1,7	360	2,7	140	2,2	980	3,2	330	2,2	180	2,2
Ni	5,3	1,9	4,4	2,3	2,3	2,1	2,4	5,4	2,2	2,3	4,5	2,0
Co	0,65	2,1	0,42	2,2	0,38	1,9	0,5	1,7	0,42	3,1	0,6	2,2
Zn	86	2,5	102	3,1	22	2,3	64	1,8	40	1,8	77	2,9
As	0,3	2,1	0,47	1,6	0,38	2,4	0,58	1,6	1,1	3,3	2,4	2,2
Br	1,6	1,7	2,0	1,9	—	1,9	7,8	1,8	1,5	1,8	2,5	1,2
Rb	0,7	3,2	2,2	1,4	1,1	1,8	1,7	4,1	1,1	2,4	0,46	2,5
Mo	1,2	3,1	0,92	1,8	0,3	2,5	0,72	2,4	0,45	1,8	0,79	2,0
Ag	0,24	4,4	0,20	2,6	0,08	1,7	1,19	8,4	0,21	1,7	0,19	2,2
Cd	0,5	1,2	0,74	2,8	—	—	0,5	1,1	0,32	1,8	0,48	2,6
Sb	0,04	2,4	0,04	5,6	0,04	2,4	0,07	2,8	0,16	2,0	0,40	1,7
Cs	0,02	2,3	0,03	1,9	0,04	1,7	0,03	2,5	0,09	2,1	0,07	2,2
Ba	8,1	3,7	20	2,2	11	3,1	11	4,0	11	1,9	2,6	2,4
La	0,08	4,4	0,18	13	0,3	2,7	0,46	2,9	0,27	3,0	0,15	2,8
Ce	3,1	—	13	—	—	—	5,7	3,0	0,19	4,6	0,07	—
Eu	0,09	1,8	0,1	—	0,07	1,6	0,06	1,5	0,08	2,6	0,06	1,2
Sm	0,02	1,8	0,01	2,0	0,05	1,8	0,01	2,7	0,06	2,2	0,02	2,1
Tb	0,04	1,6	0,05	2,7	0,02	2,3	0,02	2,8	0,006	2,6	0,006	2,2
Ta	0,009	—	0,03	2,4	0,002	2,0	0,02	9,0	0,009	2,0	0,03	1,3
W	0,6	2,8	0,45	6,0	0,43	4,5	0,42	3,4	0,66	3,6	1,1	2,3
Au	0,009	2,1	0,01	1,8	0,003	2,2	0,002	3,2	0,005	3,2	0,005	1,6
Th	0,05	1,8	0,09	1,8	0,11	1,6	0,06	3,6	0,08	2,3	0,002	3,8
U	0,036	1,3	—	—	0,04	1,65	0,007	—	0,05	2,8	0,04	1,5

Таблица 4

**Классификация элементов по величине коэффициента обогащения (EF)**

Место отбора и тип забора	Дата отбора	Группа элементов			
		1-я	2-я	3-я	4-я
		$EF < 10$	$10 \leq EF < 100$	$100 \leq EF < 1000$	$EF \geq 1000$
1	2	3	4	5	6
Ключи, АФА-ХА	июнь 1995	La, Sm, Na, Lu, Yb, Mo, Hf, Ce, Ca, Th, Cr, Cs, Sc, Co, Eu	Br, U	Se, Au	Cd, Ag
Академгородок, АФА-ХА	июнь 1995	La, Sm, Na, Yb, U, Hf, Ce, Ca, Th, Cr, Cs, Sc, Co, Eu	Br	Au, Se, Ag	Cd
Чаны, 1-я ступень ВИ	июнь 1994	Na, Mg, Al, V, Mn, Sc, Rb, Cs, Ba, La, Sm, Ta, Th, U	Ti, K, Cr, Mn, Ni, As, Sb, Se, Eu, Tb, Co	Cl, Cu, In, I, Zn, Br, Mo, W	Ag, Cd, Au
Чаны, 2-я ступень ВИ	июнь 1994	Na, Mg, Al, V, K, Sc, Mn, Co, Rb, La, Sm, Tb, Ta	Ni, As, Mo, Sb, Eu, W	Cl, Cu, Br, In, I, Zn, Ag, Cd, Au	
Ключи, 1-я ступень ВИ	июнь 1994	Na, Mg, Al, V, Mn, Sc, Co, Rb, Cs, Ba, La, Sm, Tb, Ta, Th, U	Ti, K, Cr, Ni, As, Mo, Sb, Eu, W	Cu, In, I, Zn, Br, Au, Ag	Cl
Ключи, 2-я ступень ВИ	июнь 1994	Na, Al, V, Mn, Sc, Co, Rb, Sb, Ba, La, Eu, Tb, Ta, W, Th	Cu, In, I, Cr, Zn, As, Mo, Ce, Au	Cl, Br, Ag	Cd

1	2	3	4	5	6
Ключи, 1-я ступень ВИ	январь 1995	Na, Mg, Al, V, Mn, K, Ti, Sc, Cr, Ni, Co, Sr, Rb, Cs, Ba, La, Ce, Sm, Tb, Ta, Th, U	Ce, Zn, As, Br, Mo, Sb, Eu, W	Cu, In, I, Ag, Cd, Au	
Ключи, 2-я ступень ВИ	январь 1995	Na, Mg, Al, V, Mn, Ti, Ca, Sc, Cr, Co, Rb, Cs, Ba, La, Ce, Sm, Th, Ta, Tb, U	K, Ni, Eu	Cl, Cu, In, I, Zn, As, Br, Mo, Cd, Sb, W, Au	Ag

Таблица 5

## Классификация элементов по их массовой доле

Место отбора и тип заборника	Дата отбора	Элементы, у которых $x_i > 0,01$	Массовая доля элементов $x_i > 0,01$
Ключи, АФА-ХА	июнь 1995	Na, Ca, Fe	99,5
Академгородок, АФА-ХА	июнь 1995	Na, Ca, Fe	99,6
Чаны, 1-я ступень ВИ	июнь 1994	Na, Mg, Al, Cl, Ti, K, Fe, Zn	95,0
Чаны, 2-я ступень ВИ	июнь 1994	Na, Mg, Al, Cl, K, Fe, Zn	98,0
Ключи, 1-я ступень ВИ	июнь 1994	Na, Mg, Al, Cl, Ti, K, Fe	98,0
Ключи, 2-я ступень ВИ	июнь 1994	Na, Mg, Al, Cl, Fe, Zn	97,0
Ключи, 1-я ступень ВИ	январь 1995	Na, Mg, Al, Cl, K, Fe	95,8
Ключи, 2-я ступень ВИ	январь 1995	Na, Mg, Al, Cl, K, Ca, Fe, Zn	98,3

Таблица 6

## Результаты факторного анализа аэрозольных проб

Место отбора, тип заборника и дата	Фактор									
	1-й		2-й		3-й		4-й		5-й	
	Элементы	Стат. вес	Элементы	Стат. вес	Элементы	Стат. вес	Элементы	Стат. вес	Элементы	Стат. вес
Ключи, АФА-ХА, июнь 1995	La, Ce, Th, Sc, Fe, Co	0,25	Eu, anti Cr, anti Yb	0,17	Ca, Br	0,12	Sm, Au, Se	0,11	Na	0,10
Академгородок, АФА-ХА, июнь 1995	Mo, Cr, Se, Ag, Sc, Eu, Br, Cd	0,37	La, Na, Ce, Cs, Fe	0,26	Yb, anti U	0,10	Ca	0,10	Au	0,07
Чаны, 1-я ступень ВИ, июнь 1994	Na, Cr, I, Zn	0,27	Mo, Ag, Th	0,23	Ni, Co, anti V, anti Mn	0,22	Br, Cs, W	0,16	Cu	0,08
Чаны, 2-я ступень ВИ, июнь 1994	Na, I, Zn, As, Sb	0,28	In, anti Au	0,18	Al, V, Mn, anti Sm	0,22	Mo	0,10	Cu, Cl	0,14
Ключи, 1-я ступень ВИ, июнь 1994	Na, Cl, Mn, Fe, Br, Sm, Th	0,40	Al, Co, Sb, La, W	0,25	In, anti Ti, anti Rb	0,15	Au	0,08	Zn	0,08
Ключи, 2-я ступень ВИ, июнь 1994	Al, Zn	0,20	Mn, Co, Au	0,30	Cl, I, Sb	0,28	Cs	0,11		
Ключи, 1-я ступень ВИ, январь 1995	In, I, Sc, Fe, Co, Br, Rb, Cs, Ba, La, Sm, Au, U	0,63	Mn, anti Cl	0,12	Na	0,13				
Ключи, 2-я ступень ВИ, январь 1995	As, Mo, Sb, anti Al	0,24	Co, Sm, Au	0,19	Mn, I, Br	0,19	Cl, W	0,14	Zn, anti In	0,15

## Анализ полученных данных

Как видно из табл. 2 и 3, НАА позволяет определять в многоэлементном составе атмосферных аэрозолей Западной Сибири одновременно до 36 элементов как в частицах субмикронной фракции, так и в грубодисперсных фракциях. Классификация частиц по коэффициенту обогащения (см. табл. 4) показывает, что подавляющая часть элементов (свыше 50%) относится к первой группе ( $EF < 10$ ). Обычно элементы такого типа относятся к частицам, образуемым в результате ветровой эрозии почв и выветривания горных пород. Однако обычно при таком механизме образования атмосферных аэрозолей появляются главным образом частицы грубодисперсной фракции. Кроме того, в зимний период почва в Сибирском регионе

замерзает и покрывается плотным снежным покровом. Это должно приводить к заметному уменьшению частиц почвенно-эрозионного происхождения. В то же время из приведенных в табл. 4 данных не видно существенного различия в совокупности элементов, попадающих в первую группу, поэтому к вопросу об отнесении частиц к тому или иному типу источников только по величине коэффициента обогащения необходимо относиться с известной степенью осторожности. Не менее осторожно следует относиться и к элементам с большим коэффициентом обогащения ( $EF > 100$ ). Обычно считают, что такие частицы образуются антропогенными источниками (тепловые электростанции, предприятия черной и цветной металлургии, авто- и авиатранспорт, различные энергетические установки и т.д.). Основную массу аэрозолей антропогенного типа составляют частицы субмикронного размера, поэтому, как правило, отмечают, что с уменьшением размера частиц увеличивается  $EF$ . Относительная доля частиц от антропогенных источников в зимний период должна возрасти. Однако, как видно из данных, приведенных в табл. 4, резкого различия в составе аэрозолей для больших  $EF$  не наблюдается. Возможно, что имеющиеся различия в качественном составе аэрозолей при одновременном определении более 30 элементов в различных размерных фракциях отчасти зависят и от локальных особенностей окружающего ландшафта. Во всяком случае для более надежного утверждения необходимы еще дополнительные исследования.

Заметим, что для элементов, массовая доля которых составляет более 1%, многоэлементный количественный состав очень постоянен. Как видно из табл. 5, это элементы почвенно-эрозионного происхождения. Необходимо отметить, что основная массовая доля указанных элементов одинакова как в грубодисперсных, так и в субмикронных частицах. Отсюда можно заключить, что, во-первых, заметную роль атмосферных аэрозолей фоновых районов Западной Сибири играют частицы, образовавшиеся в результате почвенной эрозии. Во-вторых, роль этого механизма в формировании атмосферных аэрозолей в данном регионе важна не только для грубодисперсной, но и для субмикронной фракции.

Важная роль почвенно-эрозионного механизма образования атмосферных аэрозолей отчетливо прослеживается в результате факторного анализа (см. табл. 6). Нетрудно видеть, что первый фактор в основном связан с частицами, попадающими в первую группу ( $EF < 10$ ). Наибольшее число таких элементов попадает в первый фактор для частиц грубодисперсной фракции. Более разнообразны по составу частицы, относящиеся ко 2, 3, 4-му и 5-му факторам. Если учесть имеющиеся различия в составе факторов, связанных с частицами различного размера, то можно констатировать, что использование техники многокаскадных импакторов в сочетании с многоэлементным анализом частиц позволяет идентифицировать до 10 и более различных источников, что соизмеримо с техникой многоэлементного состава индивидуальных аэрозольных частиц.

## Выводы

1. Получены результаты, которые показывают, что с помощью НАА возможно определение до 36 элементов атмосферных аэрозолей различного размера при прососе около  $20 \text{ м}^3$ .

2. Получены данные о многоэлементном составе атмосферных аэрозолей в трех пунктах Западной Сибири, отстоящих на расстоянии около 400 км, при синхронном отборе проб. Близость элементного состава аэрозолей говорит об региональном (возможно, и глобальном) масштабе формирования структуры аэрозольных образований.

3. Различные методы идентификации типов источников показывают, что существенную часть атмосферных аэрозолей Сибирского региона составляют частицы, возникающие в результате почвенной эрозии и выветривания горных пород.

4. При идентификации типа источника необходимо использовать комплекс различных методик. Использование классификации по коэффициенту обогащения имеет очень ограниченную область применения.

Работа выполнена при финансовой поддержке INTAS (грант 93-182), РФФИ (грант 94-05-17181) и грантов СО РАН для проведения экспедиционных работ.

1. Активационный анализ в охране окружающей среды: Материалы 6-го рабочего совещания 15–18 сентября 1992 г. в г. Дубне. Дубна, 1993. 520 с.
2. Ondov J. M., Dodd J. A., Tuncel G. // *Aeros. Sci. and Technol.* 1990. V. 13. P. 249–263.
3. Dodd J. A., Ondov J. M., Tunal G. // *Envir. Sci. Technol.* 1991. V. 25. N 5. P. 890–903.
4. Ondov J. M., Divita F. // *J. Radial. Nucl. Cytv.* 1993. V. 167. N 2. P. 247–258.

5. Divita F., Ondov J.M., Suarez A.E. // *Aeros. Sci. Technol.* 1996. V. 25. N 3. P. 256–273.
6. Жигаловская Т.Н., Кириченко Л.В., Шилина А.И. // *Труды ИПГ.* 1976. Вып. 21. С. 130–133.
7. Кириченко Л.В., Щиторева Н.И. // *Тр. ИПГ.* 1976. Вып. 21. С. 133–148.
8. Ядерно-физические методы анализа в контроле окружающей среды // *Труды 1-го Всесоюзного совещания.* Л.: ГИМИЗ, 1980.
9. Ядерно-физические методы анализа в контроле окружающей среды // *Труды 2-го Всесоюзного совещания.* Л.: ГИМИЗ, 1985.
10. Ядерно-физические методы анализа в контроле окружающей среды // *Труды 3-го Всесоюзного совещания.* Л.: ГИМИЗ, 1987.
11. Пушкин С.Г., Михайлов В.А. Компакторный нейтронно-активационный анализ. Изучение атмосферных аэрозолей. Новосибирск: Наука, 1989. 125 с.
12. Nazarov V.M., Peresedov V.F. Recent development of radioanalytical methods at the IBR–2 pulsed fast reactor. 1994, 24 p. (Preprint of JINR E3-94-437).
13. Аэрозоли в природных планшетах Сибири / Бояркина А.П., Байковский В.В., Васильев Н.В. и др. Томск: Изд-во ТГУ, 1993. 156 с.
14. Rahn K.A. The chemical composition of the atmospheric aerosol. Technical Report Graduate School of Oceanography of Rhode Island Kingston. Rhode Island 881. 1976. 265 p.

Институт химической кинетики и горения СО РАН, г. Новосибирск  
 Лаборатория нейтронной физики Объединенного института ядерных исследований, г. Дубна  
 Институт ядерной физики Томского политехнического университета, г. Томск

K.P. Koutsenogii, A.I. Smirnova, V.F. Peresedov, S.F. Gundorina,  
 T.M. Ostrovnaia, V.I. Rezhnikov, G.G. Glukhov. **Determination of Multielemental Composition of Atmospheric Aerosols in Siberia by Neutron-Activation Method.**

The results of determination of multielemental composition of atmospheric aerosol (AA) from three sites of the Novosibirsk region by neutron activation analysis are presented. The dates of the AA multielemental composition, sampled by two-stage virtual impactor (first stage –  $d_{50} > 1 \text{ mkm}$ , second one –  $d_{50} < 1 \text{ mkm}$ ) and filter technique, are received. The types of the AA sources in Siberian region are determined using the enrichment coefficient and factor analysis.