

УДК 551.510.42

В.А. Оболкин, В.Л. Потемкин, Т.В. Ходжер

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ О ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ АЭРОЗОЛЕЙ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ И АРКТИЧЕСКИХ РАЙОНОВ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

Приведены результаты химического анализа аэрозольных проб, отобранных на станции «Тикси» (побережье моря Лаптевых) в осенне-зимний период 1995/96 г., в сравнении с континентальными районами (Иркутск и ст. «Монды» в Восточном Саяне). Ионный состав определялся методами жидкостной хроматографии (анионы) и атомной абсорбции (катионы). Элементный состав определен с помощью рентгенофлуоресцентного метода. Обсуждаются возможные пути формирования аэрозоля арктического побережья Сибири.

1. Введение

Регион Сибири интересен с точки зрения исследований самого широкого круга вопросов, относящихся к «глобальному фоновому аэрозолю» и к его роли в формировании глобального климата. Здесь имеются районы с крупными промышленными центрами и огромные пространства, значительно удаленные от любых антропогенных источников и позволяющие изучать состав и свойства «природных» частиц, а также процессы глобального переноса антропогенных примесей [1–6].

Однако большие размеры территории вызывают и определенные трудности в организации крупномасштабных экспериментальных наблюдений. Одной из попыток разрешения этих трудностей может считаться работа в рамках проекта ИНТАС «Атмосферный аэрозоль над азиатской частью бывшего СССР», объединившего усилия нескольких научных учреждений. В предлагаемой статье рассматривается часть этих результатов, касающихся оценки различий химического состава аэрозолей над южными районами Сибири (как фоновых, так и антропогенных) и над ее арктическим побережьем.

2. Материалы и методы

Для характеристики аэрозоля континентальных районов Сибири были взяты данные наблюдений в следующих трех пунктах.

«Монды» (52° с.ш., 103° в.д.) – астрономическая обсерватория Института солнечно-земной физики СО РАН расположена на одной из пологих вершин хребта Хамар-Дабан. Ближайшие крупные населенные пункты и промышленные центры (Иркутск и Улан-Удэ) находятся на расстоянии более 200 км, поэтому наблюдения на этой станции отражают региональный аэрозольный фон и дальний перенос атмосферных взвесей. Иркутск – крупный населенный пункт и промышленный центр юга Восточной Сибири. Представленные по ним результаты характеризуют аэрозоль промышленных районов Сибири.

Данные об арктическом аэрозоле были получены на полевом полигоне Института космофизики и аэронавтики Якутского филиала СО РАН, расположенном в нескольких километрах от населенного пункта Тикси (71°с.ш., 129°в.д.) на побережье моря Лаптевых. Во всех случаях отбирались суточные или двухсуточные пробы малообъемным аспиратором (35 – 40 л/мин) на фильтры «Whatman-41».

Ионный состав аэрозоля определялся методами жидкостной хроматографии (анионы, хроматограф «Милихром» с погрешностью 4–7%) и атомной абсорбции (катионы, прибор ААС-30 с погрешностью 4–6%). Элементный состав определен с помощью рентгенофлуоресцентного метода в Синхротронном центре Института ядерной физики СО РАН.

3. Обсуждение результатов

За период исследований для пунктов «Иркутск» и «Монды» данные о химическом составе аэрозоля получены для всех сезонов года, для пункта «Тикси» пока только для холодного периода года (с октября по март), поэтому основное внимание будем уделять этому периоду года.

Анализ направлений атмосферных переносов за период наблюдений показал, что, как и по средним многолетним данным, в районе Тикси преобладали переносы либо из центральных районов Средней Сибири, либо вторжения циклонов из западных районов арктического побережья (рис. 1).

Иркутск		Монды		Тикси	
86	9	64	0	26	12
0	5	36	0	62	0

Рис. 1. Повторяемость (%) направлений переноса воздушных масс в пункты наблюдений по четырем секторам. Зима 1995/96 г.

Средний ионный состав аэрозолей и некоторые характеристики его изменчивости в выбранных пунктах наблюдений приведены в табл.1.

Из представленных средних данных видно, что концентрации ионов на станциях «Монды» и «Тикси» различаются незначительно. Несколько меньшее суммарное содержание ионов в «Мондах» может быть связано с более высотным расположением этого пункта. На порядок более высокие концентрации ионов в Иркутске, конечно, связаны с влиянием антропогенных источников. Различия между средними арифметическими и медианными

значениями концентрации ионов (см. табл. 1) могут указывать на наличие (если различия большие) или отсутствие (если различия незначительные) близкого источника данного иона. Например, видно, что в Иркутске зимой имеются близкие источники сульфатов и хлора (антропогенные выбросы), в Мондах – гидрокарбонатов (почва, скальные породы), в Тикси – натрий, хлор (морские соли, а также Вг, рис. 2).

Таблица 1

Средние характеристики ионного состава аэрозолей в различных районах Сибири, 1995/96 г. (мкг/м³)

Характеристика	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
«Иркутск» (зима)									
Среднее	0,12	0,18	0,44	0,13	2,17	0,00	0,20	1,29	3,98
Max	0,31	0,36	1,24	0,42	7,00	0,00	0,58	5,33	22,46
Min	0,00	0,07	0,05	0,04	0,41	0,00	0,00	0,23	0,31
St. div	0,10	0,09	0,32	0,10	1,84	0,00	0,19	1,37	6,01
Медиана	0,12	0,20	0,36	0,10	1,90	0,00	0,11	0,87	1,90
«Иркутск» (лето)									
Среднее	0,04	0,17	0,71	0,22	0,73	0,10	0,04	0,38	1,28
Max	0,30	0,39	1,31	0,44	1,44	0,34	0,29	0,86	2,57
Min	0,00	0,08	0,16	0,07	0,24	0,00	0,00	0,03	0,34
St. div	0,06	0,06	0,32	0,09	0,30	0,12	0,07	0,23	0,68
Медиана	0,01	0,15	0,79	0,22	0,70	0,04	0,00	0,35	1,19
«Монды» (зима)									
Среднее	0,00	0,02	0,02	0,02	0,09	0,05	0,00	0,02	0,28
Max	0,06	0,03	0,38	0,09	0,18	0,29	0,02	0,07	0,71
Min	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
St. div	0,01	0,01	0,09	0,02	0,04	0,08	0,01	0,02	0,19
Медиана	0,00	0,02	0,00	0,01	0,08	0,01	0,00	0,02	0,26
«Монды» (лето)									
Среднее	0,04	0,12	0,04	0,04	0,22	0,03	0,02	0,10	0,51
Max	0,28	0,31	0,13	0,12	0,59	0,16	0,21	0,30	2,07
Min	0,00	0,03	0,00	0,01	0,06	0,00	0,00	0,00	0,02
St. div	0,08	0,07	0,04	0,03	0,13	0,04	0,05	0,09	0,45
Медиана	0,00	0,11	0,03	0,04	0,18	0,02	0,00	0,08	0,47
«Тикси» (зима)									
Среднее	0,07	0,04	0,02	0,03	0,20	0,00	0,10	0,02	0,27
Max	0,55	0,14	0,11	0,09	0,42	0,01	0,86	0,09	0,62
Min	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,02
St. div	0,11	0,03	0,03	0,02	0,08	0,00	0,16	0,02	0,16
Медиана	0,03	0,04	0,01	0,03	0,19	0,00	0,05	0,01	0,26

Таблица 2

Ионный состав (%-экв) зимних атмосферных аэрозолей

Станция	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Σ%	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Σ%
«Иркутск»	44,2	12,0	1,9	1,7	59,8	0,0	2,1	7,6	30,5	40,2
«Монды»	33,3	17,4	0,0	3,3	54,0	5,3	0,0	2,0	38,7	46,0
«Тикси»	40,7	12,6	11,0	3,7	68,0	0,0	10,3	1,1	20,6	32,0

Ионный состав, выраженный в процентно-эквивалентной форме (табл. 2), также указывает на значительный вклад ионов Na и Cl в растворимую часть зимних аэрозолей арктических районов (>10%-экв по сравнению с 2%-экв в Иркутске и близкими к нулю значениями – в Мондах). Таким образом, морские соли продолжают составлять существенную долю

в арктических аэрозолях и в холодный период года, несмотря на преобладание атмосферных переносов из континентальных районов Сибири и закрытость морей в этот период года ледовым покровом. Эти последние два фактора (переносы из континентальных районов и закрытость морей льдом) являются причиной того, что основной вклад в растворимую фракцию аэрозоля

здесь (как и в континентальных районах) вносят сульфаты и аммоний (более 40%). Довольно существенная невязка баланса катионов и анионов для Иркутска и Тикси может быть связана с тем, что ионный состав вблизи антропогенных источников и морского побережья более разнообразен, чем выбранные нами 9 ионов. Для фонового континентального аэрозоля (пункт «Монды») эти 9 основных ионов практически достаточны для замыкания баланса ионов.

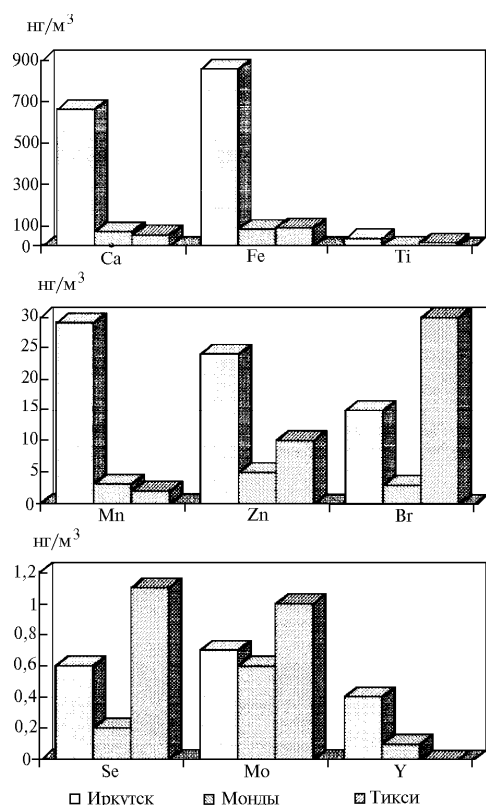


Рис. 2. Средние концентрации некоторых элементов в выбранных пунктах наблюдений

Сохранение «морской» составляющей в аэрозоле арктического побережья при смене воздушных масс (переход от NW к SW направлению ветров) в холодный период свидетельствует о том, что континентальные области Восточной Сибири (среднее течение р. Лены) из-за снежного покрова и мерзлотных процессов в это время не имеют мощных природных источников атмосферной взвеси, кроме локальных, промышленного типа (например, расположенный к западу Норильск), поставляющих в атмосферу специфический аэрозоль. Очевидно, что летом зависимость со-

става аэрозолей от происхождения воздушной массы будет иной.

Основные химические соединения, в которых находятся ионы в аэрозолях рассматриваемых районов, могут быть оценены по степени коррелированности их межсуточных изменений; так, коэффициенты корреляций между основными катионами и анионами составили:

Станция	NH_4^+ и SO_4^{2-}	NH_4^+ и NO_3^-	Na^+ и Cl^-
«Иркутск»	0,78	0,74	0,25
«Монды»	0,85	0,39	-0,09
«Тикси»	0,69	0,72	0,95

Видно, что в районе станции «Монды» преобладает «состарившийся» континентальный аэрозоль – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, что подтверждает репутацию этой станции как «фоновой» континентальной.

Ионы натрия и хлора в районе Тикси почти целиком находятся в форме морской соли. Элементный состав арктического аэрозоля (по наблюдениям в пункте Тикси) в части типично почвенных элементов либо существенно беднее по сравнению с континентальным (Ca), либо на том же уровне (Fe, Ti), но отличается более высокими концентрациями морских элементов – Br, Se, Mo (см. рис. 2), что позволяет характеризовать зимний арктический аэрозоль как морской.

Особый интерес в подобных исследованиях представляет оценка антропогенной компоненты в химическом составе аэрозолей. Для станции «Тикси» таким «антропогенным» сигналом может служить элемент Ni, содержание которого в аэрозолях континентальных станций (даже в Иркутске) практически равно нулю, тогда как в Тикси содержание его в частицах устойчиво находится в пределах 1–1,5 $\text{нг}/\text{м}^3$. Источником этого элемента здесь, скорее всего, является Норильский комбинат, находящийся на путях основных воздушных переносов в сторону Тикси.

Работа выполнена при поддержке грантов ИНТАС-0182-93 и СО РАН для проведения экспедиционных работ.

1. Rahn K.A. // Atmosph. Environ. 1981. V. 15. N 8. P. 1457–1464.
2. Соколик И.Н. // Изв. РАН. Сер. ФАО. 1992. Т. 28. N 7. С. 675–688.
3. Виноградова А.А. // Изв. РАН. Сер. ФАО. 1993. Т. 29. N 4. С. 437–456.
4. Ходжер Т.В., Потемкин В.Л., Оболкин В.А. // Оптика атмосферы и океана. 1994. Т. 7. N 8. С. 1059–1066.
5. Виноградова А.А., Полиссар А.В. // Изв. РАН. Сер. ФАО. 1995. Т. 31. N 2. С. 264–274.
6. Куценгий П.К., Ван Малдерен Х., Хоорнаерт С.И. др. // Оптика атмосферы и океана. 1996. Т. 9. N 6. С. 712–719.

Лимнологический институт СО РАН,
Иркутск

Поступила в редакцию
4 февраля 1998 г.

V.A. Obolkin, V.L. Potemkin, T.V. Khodzher. The Comparison of Aerosols Chemical Composition above Continental and Arctic Regions of Siberia.

In the article the results of the chemical composition of aerosols, collected at station Tiksi (coast of the Laptev sea) in autumn-winter 1995/96 are compared with the same data from continental regions (Irkutsk and st. Mondy in East Sajan). The ion structure was determined by methods of liquid chromatography (anions) and atomic absorption (cations). The element structure is determined with using of synchrotron radiation method. Possible ways of formation of aerosols on arctic coast of Siberia are discussed.