

## Корреляционные соотношения между концентрациями ряда ионов в растворимых фракциях аэрозолей на Азиатском континенте

В.Е. Павлов<sup>1</sup>, Л.П. Голобокова<sup>2</sup>, Г.С. Жамсуева<sup>3</sup>, А.С. Заяханов<sup>3</sup>,  
У.Г. Филиппова<sup>2</sup>, И.В. Хвостов<sup>1</sup>, Т.В. Ходжер<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Институт водных и экологических проблем СО РАН

656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1

<sup>2</sup>Лимнологический институт СО РАН

664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3

<sup>3</sup>Отдел физических проблем Бурятского научного центра СО РАН

670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 8

Поступила в редакцию 25.01.2011 г.

Выполнен статистический анализ результатов определения концентраций 10 ионов  $H^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $Cl^-$ ,  $K^+$ ,  $NO_3^-$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $NH_4^+$ ,  $HCO_3^-$  и  $SO_4^{2-}$  в растворимой фракции атмосферных аэрозолей, образцы которых отобраны в некоторых пунктах Восточной Сибири, Дальнего Востока и Монголии. Измерения проведены в сельской местности и в промышленных городах континента, в пустыне Гоби, а также в фоновых условиях высокогорья (Монды). Констатируется нормальный логарифмический вид функций распределения концентраций каждого из ионов по числу проб. Показано, что среднегеометрические концентрации любого из ионов во всех пунктах, исключая Монды, достаточно близки по абсолютным величинам; на фоновой станции они примерно в 4,5 раза меньше. Последовательность в распределении 10 ионов  $H^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $Cl^-$ ,  $K^+$ ,  $NO_3^-$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $NH_4^+$ ,  $HCO_3^-$  и  $SO_4^{2-}$  по концентрациям везде, включая высокогорье, практически одинакова. Это создает предпосылки для построения универсальных моделей ионного состава растворимого аэрозоля на Азиатском континенте.

**Ключевые слова:** мониторинг атмосферы, ионный состав растворимых аэрозолей, нормальный логарифмический закон, корреляционный анализ, статистическое моделирование; atmospheric monitoring, ion composition of soluble aerosols, normal logarithmic law, correlation analysis, statistical modeling.

### Введение

Статья посвящена поиску и последующему анализу обобщенных статистических связей между концентрациями ионов  $H^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $Cl^-$ ,  $K^+$ ,  $NO_3^-$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $NH_4^+$ ,  $HCO_3^-$  и  $SO_4^{2-}$  в растворимой фракции аэрозолей приземного слоя атмосферы в ряде пунктов Восточной Сибири, Дальнего Востока и Монголии.

Основой для обобщения послужил экспериментальный материал по растворимой фракции атмосферных аэрозолей. В России отбор проб осуществлялся на трех станциях мониторинга атмосферы и атмосферных выпадений Байкальского региона в 2000–2008 гг.: Иркутск (52,3° с.ш., 104,4° в.д.) — станция, характеризующая урбанизированные ус-

ловия; Ливствянка (51,9° с.ш., 104,7° в.д.) — сельские условия и Монды (51,6° с.ш., 101,0° в.д.) — фоновые условия (2000 м над у.м.), а также в 2002–2008 гг. на одной станции в Приморском крае — Приморская (43,7° с.ш., 132,1° в.д.), отражающей условия сельских районов вблизи океана [1, 2]. В Монголии пробы отбирались в июле 2005–2008 гг. на ст. Сайншанд (44°54' с.ш., 110°07' в.д.) в пустыне Гоби (1000 м над у.м.), а также в гг. Улан-Батор (46°56' с.ш., 113°07' в.д.), Сухэ-Батор (50°14' с.ш., 106°12' в.д.) и Баруун-Урт (46°41' с.ш., 113°17' в.д.). Данные для аэрозолей в монгольских городах впоследствии были объединены в одну группу из-за малого количества проб — 14. Такой подход к их анализу оказался вполне оправданным.

Для отбора проб в полевых условиях использовались унифицированные методы, принятые на международных сетях мониторинга EANET и EMEP [3]. Определение химического состава растворимой фракции аэрозольного вещества осуществлялось методами высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) и атомной абсорбции [4], рекомендованными для обеспечения сопоставимости

\* Владимир Евгеньевич Павлов (pavlov@iwer.asu.ru); Людмила Петровна Голобокова (lg@lin.irk.ru); Галина Санжиевна Жамсуева (lrf@pres.bscnet.ru); Александр Савельевич Заяханов (lrf@pres.bscnet.ru); Ульяна Геннадьевна Филиппова (ulyana@lin.irk.ru); Илья Владимирович Хвостов (mikon@iwer.asu.ru); Тамара Викторовна Ходжер (khodzher@lin.irk.ru).

с данными в других районах мира [3]. Достоверность получаемых результатов неоднократно подтверждалась участием в международном контроле качества данных (QA/SAC) [5, 6].

В атмосфере станций Байкальского региона наиболее высокие среднегодовые значения суммы ионов в растворимой фракции аэрозолей отмечены в 2000–2004 гг. Они достигали  $9,4 \text{ мкг/м}^3$  в Иркутске,  $6,7 \text{ мкг/м}^3$  в Листвянке и  $2,0 \text{ мкг/м}^3$  на ст. Монды. В настоящий момент (2005–2009 гг.) количество примесей в атмосфере региона снизилось и среднегодовые суммы ионов составили около  $6,0 \text{ мкг/м}^3$  в Иркутске,  $2,3 \text{ мкг/м}^3$  в Листвянке и  $0,6 \text{ мкг/м}^3$  на ст. Монды. Изменение их массы происходило в основном за счет уменьшения концентраций ионов  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{HCO}_3^-$ . На станции Приморская до 2007 г. отмечено постепенное повышение среднегодовых значений суммы ионов в аэрозолях от 6,3 до  $8,8 \text{ мкг/м}^3$ . Наиболее ответственными за их возрастание являлись ионы  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ . В 2008–2009 гг. среднегодовая сумма ионов составила около  $7,1 \text{ мкг/м}^3$ .

Исследование аэрозолей Монголии показало, что наиболее высокие суммарные концентрации растворимых компонентов содержались на аэрозольных частицах вблизи гг. Улан-Батор и Сухэ-Батор ( $7,8\text{--}34,7 \text{ мкг/м}^3$ ). В аэрозолях метеостанции Сайншанд и г. Баруун-Урт, расположенных вдали от влияния промышленных центров, концентрации растворимых веществ заметно меньше ( $0,9\text{--}7,2 \text{ мкг/м}^3$ ). Их повышение в отдельных пробах наблюдалось при южных направлениях ветра (до  $37,2 \text{ мкг/м}^3$ ) и в периоды пыльных бурь ( $11,6\text{--}22,9 \text{ мкг/м}^3$ ). Расчет обратных траекторий движения воздушных масс показывает, что при их переносе из промышленных районов Китая (гг. Баотоу, Хух-Хото, Датун) в основном возрастают концентрации ионов  $\text{SO}_4^{2-}$ .

На основании результатов химического анализа проб составлены таблицы концентраций  $x$  ( $\text{мкг/м}^3$ ) десяти ионов растворимой фракции аэрозолей приземного слоя атмосферы. Абсолютные погрешности  $\Delta x$  в большинстве анализируемых случаев существенно меньше измеряемых концентраций. Величины  $x$  могут отличаться на 2 порядка и более в зависимости от года, сезона и конкретной атмосферной ситуации [7].

Выполненная по стандартной схеме [8] статистическая обработка результатов наблюдений указывает на нормальный логарифмический вид функций распределения концентраций каждого из ионов по числу проб. Имеющее место частое соответствие в положениях наиболее значимых максимумов и минимумов для  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  (рис. 1) указывает на возможное существование корреляционных связей между логарифмами их концентраций ( $\lg x$ ). С целью выявления таких связей для каждого из пунктов, а затем и для всех четырех российских станций были рассчитаны корреляционные матрицы.

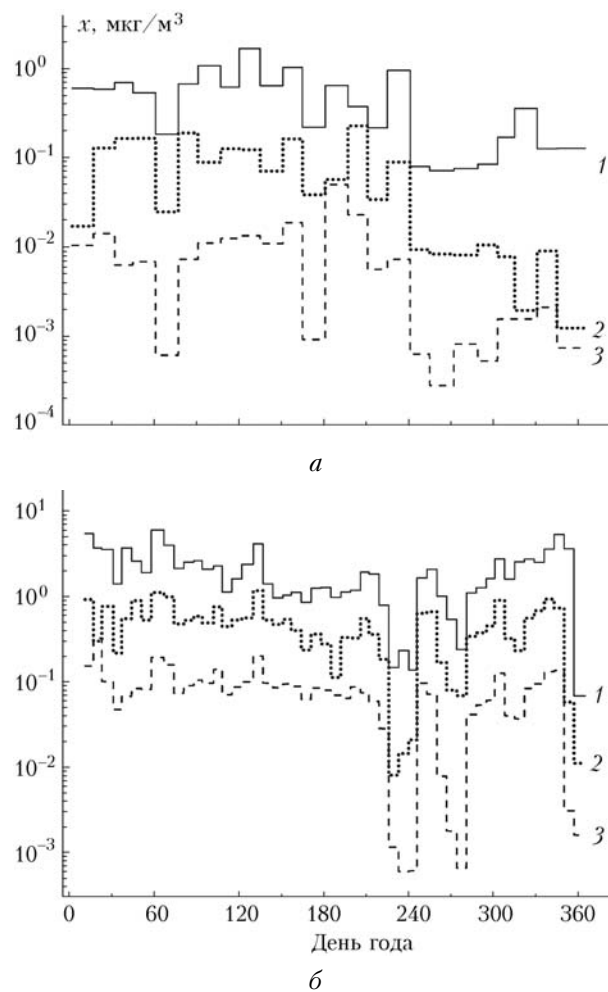


Рис. 1. Годовой ход концентраций ионов  $\text{SO}_4^{2-}$  (1),  $\text{Ca}^{2+}$  (2) и  $\text{Mg}^{2+}$  (3) на станциях Монды (а) и Иркутск (б) в 2006 г.

В расчетах коэффициентов корреляции  $r$  ионов по парам для ст. Монды использованы 195 значений  $\lg x$  каждого из них, для Иркутска — 424 значения, для Листвянки — 391 значение за период 2000–2008 гг., для ст. Приморская — 190 значений (2002–2008 гг.). Коэффициенты корреляции  $r$  оказались не слишком высокими:  $r < 0,77$ , за исключением пары  $\text{Mg}^{2+}\text{--Ca}^{2+}$  для Иркутска ( $r = 0,86$ ). Принципиальных различий между значениями  $r$  на разных станциях не обнаружено. Для дальнейшей интерпретации из сопоставляемых рядов временно были исключены ионы  $\text{H}^+$  и  $\text{HCO}_3^-$ , для которых значения  $r$  между собой и с другими ионами были не больше 0,43.

Расчеты корреляционной матрицы одновременно для всех четырех пунктов (Монды, Иркутск, Листвянка и Приморская) показали, что по сравнению с данными для отдельной станции значения  $r$  в большинстве случаев возросли. Средний рост составляет  $\sim 15\%$ . Такое увеличение  $r$  может возникнуть за счет расширения диапазона анализируемых концентраций при переходе от отдельной станции к их совокупности.

Для количественной оценки вклада каждого из типов ионов в общую картину формирования корреляционных связей между ними были вычислены коэффициенты  $k$  и  $b$  в уравнении линейной регрессии

$$\lg x = k \lg y + b \quad (1)$$

для случаев со значениями  $r > 0,7$ , где  $x$  — концентрации катионов, а через величину  $y$  обозначены концентрации аниона  $\text{SO}_4^{2-}$  в образцах. Для  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  коэффициенты  $k = 0,95 \pm 0,02$  и  $b = -0,92 \pm 0,01$ , для  $\text{Mg}^{2+}$  и  $\text{SO}_4^{2-}$ :  $k = 1,02 \pm 0,02$  и  $b = -1,70 \pm 0,01$ , для  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{SO}_4^{2-}$ :  $k = 0,86 \pm 0,02$  и  $b = -0,53 \pm 0,11$ . В расчетах коэффициентов  $k$  и  $b$  и их среднеквадратических отклонений использованы данные всех четырех станций (всего 1200 образцов). При этом значения  $r$  составили около 0,78. Близость коэффициентов  $k$  к единице для ионов  $\text{Mg}^{2+}$  и  $\text{Ca}^{2+}$  говорит о том, что не только логарифмы, но и непосредственно концентрации каждого из катионов и аниона  $\text{SO}_4^{2-}$  связаны практически линейно. Для аммония  $\text{NH}_4^+$  и аниона  $\text{SO}_4^{2-}$  такое условие не выполняется.

Логарифмы концентраций  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  по еженедельным измерениям на каждой из четырех станций в течение 10 лет представлены на рис. 2. На всех графиках изображена одна и та же прямая, выражаемая уравнением

$$\lg x = 0,95 \lg y - 0,92 \quad (2)$$

и описывающая связь между логарифмами концентраций сразу на всех пунктах. Данные каждой станции группируются вблизи этой прямой. Были найдены разности логарифмов концентраций  $\lg x_1$ , рассчитанных по формуле (1) и полученных непосредственно из измерений  $\lg x_2$ , а также среднее по всему массиву отношение  $x_1/x_2$ . Общие сведения об этих отношениях для катионов  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$  в каждом из пунктов приведены в табл. 1. В качестве  $y$  использованы соответствующие концентрации анионов  $\text{SO}_4^{2-}$ .

Таблица 1  
Средние значения  $\overline{x_1/x_2}$   
для трех катионов на четырех станциях

Ион	Монды	Иркутск	Листвянка	Приморская
$\text{Mg}^{2+}$	1,31	1,28	1,19	0,68
$\text{Ca}^{2+}$	1,17	1,42	1,27	0,63
$\text{NH}_4^+$	1,38	0,92	0,92	1,00

Из табл. 1 следует, что средние значения  $x_1/x_2$  для одних пунктов оказываются больше единицы (точки лежат в основном ниже прямой), для других — меньше единицы (выше прямой). Но ни в одном из них отношение  $x_1/x_2$  не отличается от единицы более чем в 1,5 раза. Таким образом, несмотря на значительную временную изменчивость концентраций ионов, иногда превышающую 2 порядка (см. рис. 1), из табл. 1 следует, что в нескольких регионах центра Азиатского континента

и Дальнего Востока осредненные связи между логарифмами концентраций пар ионов  $\text{Mg}^{2+} - \text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+} - \text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{NH}_4 - \text{SO}_4^{2-}$  в летних и зимних растворимых аэрозолях сходны между собой.

Несомненный интерес представляет рассмотрение экспериментальных данных, полученных в принципиально иных климатических условиях. К таким относятся аридные зоны Монголии, в частности пустыня Гоби. Результаты, полученные на ст. Улан-Батор, Сухэ-Батор и Баруун-Урт (14 образцов), вследствие своей схожести были объединены в одну группу. Данные на ст. Сайншанд (22 образца) рассмотрены отдельно. Соответствующие результаты для  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  представлены на рис. 2, б. Необходимо отметить, что аналогичная зависимость наблюдалась и для катионов  $\text{Mg}^{2+}$  и  $\text{NH}_4^+$ .

Из рис. 2 следует, что все результаты измерений концентраций ионов в пустыне Гоби и в большинстве случаев на других монгольских станциях вписываются в массив данных для ст. Иркутск (из-за малой статистики такой вывод нужно считать предварительным). Следовательно, они попадают в итоговую схему обобщения результатов, представленную формулой (2).

Используя методику, применявшуюся нами ранее в исследованиях элементного состава аэрозоля [9], проанализируем средние величины  $\lg x_i$  в каждом из пунктов, включив в эти ряды логарифмы не рассматривавшихся ранее концентраций ионов  $\text{H}^+$  и  $\text{HCO}_3^-$  (табл. 2).

За базовые измерения (ось абсцисс) приняты данные, полученные на фоновой станции Монды  $\overline{\lg x_M}$  (195 образцов). Итоговые результаты сравнения средних значений логарифмов концентраций представлены на рис. 3. Здесь катионы и анионы размещены в общем ряду. Линия регрессии вычислена для всех пунктов наблюдений (1005 проб). Коэффициенты, входящие в уравнение прямой (рис. 3) в формуле

$$\overline{\lg x_{1005}} = k \overline{\lg x_M} + b, \quad (3)$$

равны:  $k = 0,98 \pm 0,06$  и  $b = 0,66 \pm 0,10$ . Близость коэффициента  $k$  к единице свидетельствует о том, что имеет место линейная связь не только для средних логарифмов концентраций всех ионов в Мондах и других пунктах, но и для среднегеометрических концентраций ионов  $x_i$ . В какой мере вычисленные по формуле (2) значения логарифмов концентраций  $\overline{\lg x_i}$  отличаются от средних по станциям  $\overline{\lg x_i}$ , можно оценить следующим образом. Как и прежде, вычислим разности  $\overline{\lg x_i} - \overline{\lg x_i}$  для каждого из ионов, а затем значения отношения  $x_i/x_i$ . Они оказались равными: 1,10 для Иркутска, 0,76 для Листвянки, 1,38 для Приморской и 1,10 для Сайншанда. Самое большое отклонение от единицы имеет место для монгольских станций — 1,70, но следует оговориться, что здесь число проб (14) несравнимо меньше, чем в других пунктах.

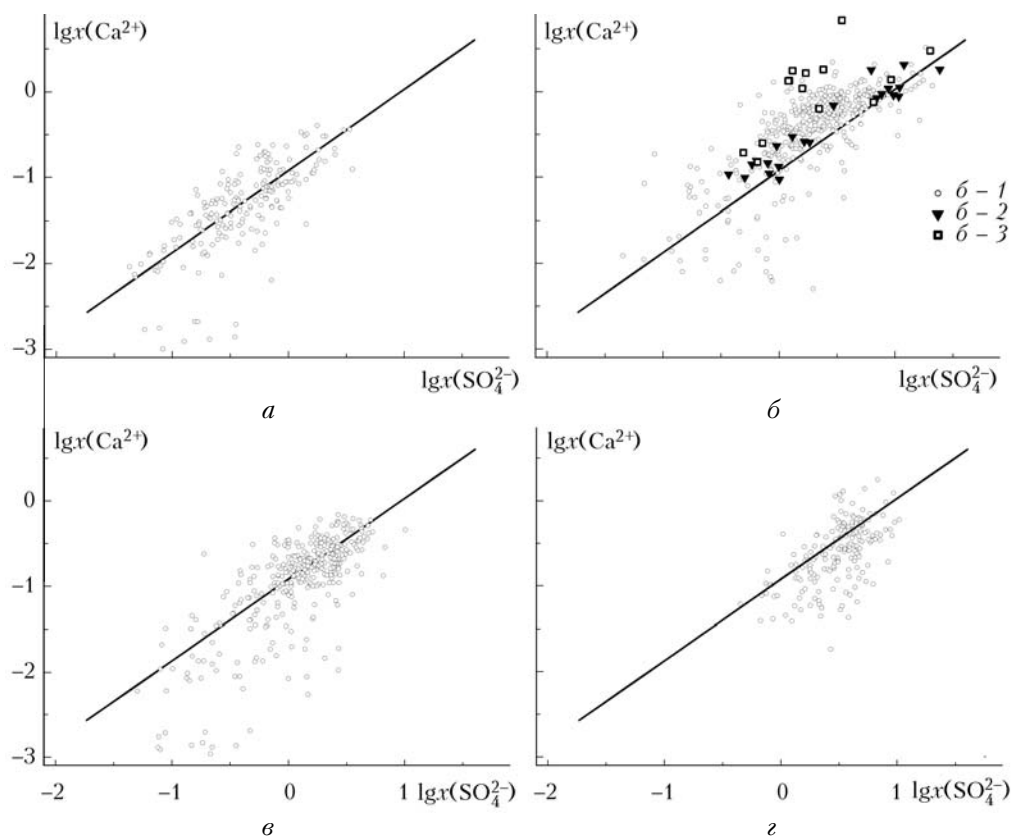


Рис. 2. Связь между логарифмами концентраций ионов  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{Ca}^{2+}$  на ст. Монды (а), Иркутск (б – 1), Листвянка (в) и Приморская (г), а также на станции Сайншанд (б – 2) и в других пунктах Монголии (б – 3). Прямая линия – средне-взвешенная характеристика для всех станций

Т а б л и ц а 2

Среднегеометрические концентрации ( $\bar{x}$ , мкг/м<sup>3</sup>) ионов, средние логарифмы концентраций ( $\overline{\lg x}$ ) и среднеквадратические отклонения логарифмов ( $\sigma$ )

Ион	$\text{H}^+$	$\text{HCO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{NO}_3^-$	$\text{Cl}^-$	$\text{NH}_4^+$	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Ca}^{2+}$
<i>Монды (2000–2008 гг.) – 195 образцов</i>										
$\bar{x}$	$8,3 \cdot 10^{-4}$	0,16	0,39	0,039	0,029	0,097	0,020	0,030	0,0065	0,043
$\overline{\lg x}$	-3,08	-0,81	-0,41	-1,40	-1,54	-1,01	-1,69	-1,52	-2,19	-1,37
$\sigma$	0,71	0,40	0,45	0,54	0,59	0,50	0,51	0,57	0,56	0,56
<i>Иркутск (2000–2008 гг.) – 424 образца</i>										
$\bar{x}$	0,0025	0,74	1,8	0,51	0,16	0,47	0,098	0,094	0,058	0,33
$\overline{\lg x}$	-2,61	-0,13	0,25	-0,29	-0,80	-0,33	-1,01	-1,03	-1,24	-0,48
$\sigma$	0,63	0,48	0,46	0,54	0,57	0,51	0,49	0,49	0,54	0,51
<i>Листвянка (2000–2008 гг.) – 391 образец</i>										
$\bar{x}$	0,0052	0,51	1,2	0,20	0,12	0,39	0,079	0,075	0,024	0,12
$\overline{\lg x}$	-2,28	-0,29	0,09	-0,70	-0,94	-0,41	-1,10	-1,12	-1,62	-0,93
$\sigma$	0,47	0,43	0,42	0,51	0,62	0,44	0,42	0,48	0,43	0,55
<i>Приморская (2002–2008 гг.) – 190 образцов</i>										
$\bar{x}$	0,0054	0,35	3,1	0,53	0,13	0,84	0,19	0,26	0,051	0,25
$\overline{\lg x}$	-2,27	-0,45	0,49	-0,27	-0,88	-0,08	-0,73	-0,58	-1,29	-0,61
$\sigma$	0,38	0,65	0,26	0,55	0,51	0,34	0,31	0,35	0,43	0,36
<i>Монголия, все данные (2005–2008 гг., июль) – 36 образцов</i>										
$\bar{x}$	0,0019	1,19	2,32	0,92	0,21	0,77	0,09	0,10	0,06	0,56
$\overline{\lg x}$	-2,71	0,07	0,37	-0,04	-0,68	-0,11	-1,04	-1,00	-1,21	-0,25
$\sigma$	0,67	0,60	0,51	0,41	0,40	0,50	0,42	0,35	0,45	0,50
<i>Монголия, города (2005–2007 гг., июль) – 14 образцов</i>										
$\bar{x}$	0,0012	2,15	2,07	0,73	0,30	0,65	0,15	0,14	0,10	1,00
$\overline{\lg x}$	-2,93	0,33	0,32	-0,14	-0,52	-0,18	-0,83	-0,86	-0,99	0,00
$\sigma$	0,77	0,51	0,46	0,47	0,49	0,53	0,38	0,32	0,32	0,46

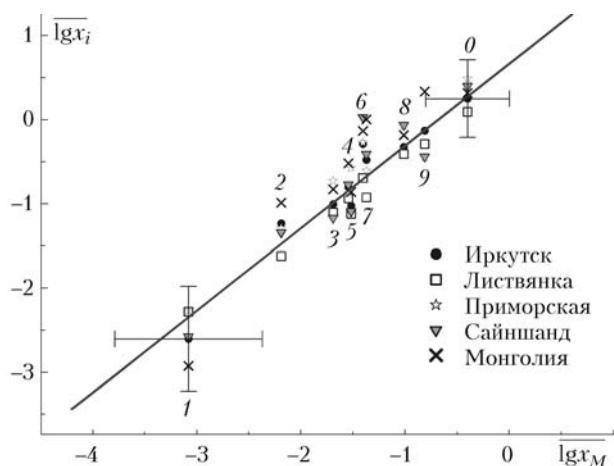


Рис. 3. Сопоставление средних логарифмов концентраций ионов  $\overline{\lg x_i}$  в разных пунктах с данными для фоновой станции Монды  $\overline{\lg x_M}$ : 1 –  $\text{H}^+$ , 2 –  $\text{Mg}^{2+}$ , 3 –  $\text{Na}^+$ , 4 –  $\text{Cl}^-$ , 5 –  $\text{K}^+$ , 6 –  $\text{NO}_3^-$ , 7 –  $\text{Ca}^{2+}$ , 8 –  $\text{NH}_4^+$ , 9 –  $\text{HCO}_3^-$ , 10 –  $\text{SO}_4^{2-}$ . Приведены стандартные отклонения для логарифмов ионов  $\text{H}^+$  и  $\text{SO}_4^{2-}$ .

Отсюда следует весьма существенный вывод. Несмотря на то что станции наблюдений располагаются в различных физико-географических условиях и испытывают различную антропогенную нагрузку, среднегеометрические концентрации ионов каждого типа во всех пунктах, исключая Монды, достаточно близки по абсолютным величинам: различие не более чем в 1,5 раза. На фоновой станции средние концентрации примерно в 4,5 раза меньше, чем в других местах. Последовательность в распределении 10 ионов  $\text{H}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  по концентрациям для всех пунктов, включая Монды, практически одинакова. Отсюда возникают предпосылки для построения универсальных моделей ионного состава растворимого аэрозоля на базе наблюдательных данных для Азиатского континента. Для этого к уже имеющимся материалам в первую очередь следует добавить результаты мониторинговых измерений концентраций ионов в арктической и тропической

зонах, а также расширить статистику данных для аридных территорий.

Работа выполнена при поддержке Комплексного интеграционного проекта № 13, Междисциплинарного интеграционного проекта № 75 и Программы фундаментальных исследований РАН № 16.

1. Ермаков А.Н., Алоян А.Е., Ходжер Т.В., Голобокова Л.П., Арутюнян В.О. О влиянии атмосферных химических реакций на ионный состав аэрозольных частиц в Байкальском регионе // Изв. РАН. Физ. атмосфер. и океана. 2007. Т. 43, № 2. С. 234–245.
2. Чипанина (Моложникова) Е.В., Голобокова Л.П., Кучменко Е.В., Нецветова О.Г., Ходжер Т.В. Условия формирования химического состава атмосферных аэрозолей и осадков над Байкальской природной территорией // Оптика атмосфер. и океана. 2007. Т. 20, № 10. С. 900–905.
3. Manual for sampling and chemical analysis. EMEP/CCC-Report 1/95/0-7726/June 1995. 176 S.
4. Ходжер Т.В., Голобокова Л.П., Моложникова Е.В., Макухин В.Л., Оболкин В.А., Маринайте И.И., Горшков А.Г., Кобелева Н.А., Потемкин В.Л. Мониторинг атмосферных аэрозолей Сибири и арктического бассейна России // Интеграционные проекты СО РАН. Вып. 9. Гл. 1. Аэрозоли Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2006. С. 58–148.
5. The Official Web-Site of Science Activity Centre – Americas, URL: <http://qasac-americas.org>
6. Ходжер Т.В., Голобокова Л.П., Нецветова О.Г., Домышева В.М., Погодаева Т.В., Коровякова-Томберг И.В. Результаты тестирования химических параметров искусственных стандартных образцов дождей и пресных поверхностных вод // Оптика атмосфер. и океана. 2004. Т. 17, № 5–6. С. 478–482.
7. Van de Vel R., Clemens Mensink, Koen de Ridder, Felix Deutch, Joachim Maes, Jo Vliegen, Artash Aloyan, A.R. Yermakov, Yardan Arutyunyan, T. Khodzher, Bas Mijling. Air-quality modelling in the lake Baikal region // Environ. Monit. and Asses. 2010. V. 165, N 1–4. P. 665–674.
8. ГОСТ Р 50779 ИСО 5479-2002. Статистические методы. Проверка отклонения распределения вероятностей от нормального распределения. М.: Изд-во стандартов, 2002. 30 с.
9. Павлов В.Е., Суторихин И.А., Хвостов И.В. Мезомасштабная устойчивость в распределении ряда химических элементов в снеговом покрове Алтайского края // Докл. РАН. 2006. Т. 406, № 4. С. 544–547.

V.E. Pavlov, L.P. Golobokova, G.S. Zhamsueva, A.S. Zayakhanov, U.G. Filippova, I.V. Khvostov, T.V. Khodzher. Correlation ratios between concentrations of ions in dissolved fractions of aerosols at the Asian continent.

Concentrations of 10 ions ( $\text{H}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , and  $\text{SO}_4^{2-}$ ) were measured in the soluble fractions of atmospheric aerosols sampled at some sites of East Siberia, Far East, and Mongolia. Measurements were carried out in the rural area and industrial cities of the continent, in the Gobi Desert, and in the background areas of highlands (Mondy). A general logarithmic type of functions of concentration distribution was stated for each ion according to a number of samples. Geometric mean concentrations of each ion had sufficiently close absolute values at all sites, except Mondy, whereas at the background site they were approximately 4.5 times lower. The sequence in concentration distribution of 10 ions ( $\text{H}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$  и  $\text{SO}_4^{2-}$ ) was practically similar everywhere including highlands. There are preconditions for the construction of universal models of ionic composition of soluble aerosols on the Asian continent.