

ОПТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И БАЗЫ ДАННЫХ ОПТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ
ОБ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

УДК 551.510.42

**Химический состав атмосферных аэрозолей
над акваторией оз. Байкал**

**Л.П. Голобокова¹, У.Г. Филиппова¹, И.И. Маринайте¹, О.Ю. Белозерова²,
А.Г. Горшков¹, В.А. Оболкин¹, В.Л. Потемкин¹, Т.В. Ходжер^{1*}**

¹Лимнологический институт СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3

²Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1А

Поступила в редакцию 27.09.2010 г.

Проведен комплексный химический анализ атмосферных аэрозолей в приземном слое над акваторией оз. Байкал, отобранных в летние периоды 2005–2008 гг. Наибольшее присутствие загрязняющих компонентов на аэрозольных частицах обнаружено в атмосфере Южного Байкала, особенно в его южной оконечности (до 4,6 мкг/м³). Большая часть химических примесей содержится в субмикронной фракции с размером частиц менее 0,69 мкм, где присутствует до 60% растворимых компонентов и до 35% ПАУ от их общей суммы. В грубодисперсной фракции аэрозолей повышенные концентрации ионов и суммы ПАУ содержатся в диапазонах частиц 1,3–2,1 и 4,2–10 мкм. Исследован состав *n*-алканов, которые представлены в основном гомологическим рядом от *n*-C₁₃ до *n*-C₃₃. Качественный анализ химического состава твердых частиц показал, что в округлых частицах в большей степени представлена углеродная составляющая, в ограненных частицах состав более разнообразен.

Ключевые слова: атмосферные аэрозоли, *n*-алканы, ионы, полиароматические углеводороды, размер частиц, Байкал; atmospheric aerosols, *n*-alkanes, ions, polyaromatic hydrocarbons, particle size, Baikal.

Введение

Охране природы оз. Байкал, как участку мирового наследия, уделяется в последние годы все больше внимания. Одним из важных каналов поступления загрязнений в бассейн озера является атмосфера. Если в самой котловине озера хозяйственная деятельность может быть ограничена, то поступление загрязнений с атмосферными переносами из-за пределов котловины ограничить сложнее. Поэтому любые новые данные о составе атмосферных примесей над оз. Байкал важны для оценки современного состояния его воздушного бассейна.

К настоящему времени накоплены многолетние материалы по химическому составу различных видов выпадений (дождь, снег, сухие осадки) для различных районов бассейна Байкала, которые позволили сделать первые оценки поступления основных веществ из атмосферы в озеро [1, 2]. Более сложны для исследования аэрозольные примеси в реальной

атмосфере над акваторией. В данной статье обобщены результаты комплексного исследования химического состава аэрозолей, в том числе в зависимости от размера частиц, проводившиеся над акваторией Байкала с 2007 г.

Материалы и методы

Аэрозольные пробы отбирались с бортов НИС «Г.Ю. Верещагин» и «Академик В.А. Коптюг» Лимнологического института СО РАН (г. Иркутск) во время их движения (рис. 1). Среднесуточные концентрации примесей собирались на блок из четырех фильтров [3], на которых осуществлялось последовательное разделение атмосферных аэрозолей и газов. Атмосферные аэрозоли собирались на первом фильтре (тефлоновый RTFE, диаметр пор 0,8 мкм), газообразные примеси – на последующих трех фильтрах (полиамидный фильтр и импрегнированные фильтры «Whatman» со щелочной и кислой пропитками). Для исследования химического состава частиц в зависимости от их размера проводился отбор проб аэрозолей с использованием высокообъемного импактора (High Volume Cascade Impactor TE-230) в семи диапазонах размеров частиц < 0,39; 0,39–0,69; 0,69–1,3; 1,3–2,1; 2,1–4,2; 4,2–10,2 > 10,2 мкм (по диаметру). Для определения полиароматических углеводородов (ПАУ) и *n*-алканов аэрозоли собирались на стекло-

* Людмила Петровна Голобокова (lg@lin.irk.ru); Ульяна Геннадьевна Филиппова (ulyana@lin.irk.ru); Ирина Иозовна Маринайте (marin@lin.irk.ru); Ольга Юрьевна Белозерова (obel@igc.irk.ru); Александр Георгиевич Горшков (info@lin.irk.ru); Владимир Аркадьевич Оболкин (obolkin@lin.irk.ru); Владимир Львович Потемкин (info@lin.irk.ru); Тамара Викторовна Ходжер (khodzher@lin.irk.ru).

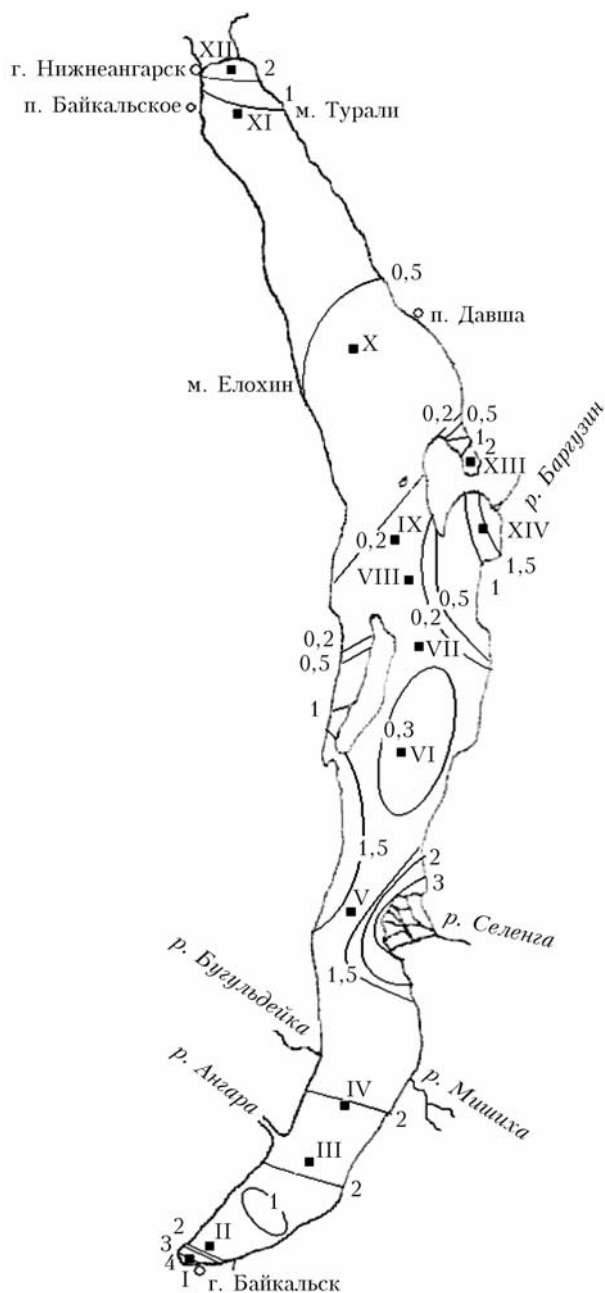


Рис. 1. Изолинии суммарного содержания ионов в растворимой фракции аэрозолей в приводной атмосфере над акваторией оз. Байкал, 2005–2008 гг., $\text{мкг}/\text{м}^3$. Схема станций: I – 15 км от п. Култук, разрезы: II – п. Маритуй – р. Солзан; III – п. Листвянка – п. Танхой; IV – м. Кадильный – м. Крестовый; V – м. Красный Яр – р. Харауз; VI – пр. Ольхонские Ворота – п. Болдаково; VII – м. Ухан – м. Тонкий; VIII – м. Хобой – м. Крестовый; IX – Академический хребет; X – м. Елохин – п. Давша; XI – п. Байкальское – м. Турали; XII – 7 км от г. Нижнеангарска; XIII – Чивыркуйский залив; XIV – Баргузинский залив

волоконистые фильтры, для ионного состава – на фильтры «Whatman».

Концентрации катионов (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) определялись методом атомно-адсорбционной спектроскопии [4], анионы HCO_3^- , NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} – с помощью высокоэффективной жидкостной хромато-

графии [5]. Ион NH_4^+ определялся фотоколориметрически [4]. Полнота определения ионного состава контролировалась путем расчета ошибки ионного баланса. В качестве стандартов использовали растворы фирмы Kanto Chemical Co (Япония).

Для определения ПАУ и *n*-алканов проводили анализ *n*-гексановых экстрактов фильтров методом хромато-масс-спектрометрии («Agilent GC 6890, MSD 5973», США) с применением в качестве внутреннего стандарта дейтерированных производных ПАУ и сквалана «Supelco» (США) [6].

Исследования индивидуальных твердых аэрозольных частиц осуществляли методом РСМА на рентгеноспектральном электронно-зондовом микроанализаторе Superprobe JXA-8200 (JEOL Ltd, Japan) в Институте геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН (Иркутск).

Результаты и их обсуждение

Химический состав растворимой фракции атмосферных аэрозолей

Концентрации суммы ионов в аэрозолях над озером изменялись в пределах от 0,1 до $4,6 \text{ мкг}/\text{м}^3$. Наиболее высокие концентрации ионов содержались в аэрозолях Южного Байкала, максимальные среди них обнаружены вблизи г. Байкальска (до $4,6 \text{ мкг}/\text{м}^3$ в июне 2008 г.). Основной вклад в общую сумму ионов вносили NH_4^+ , Na^+ , Ca^{2+} , SO_4^{2-} , HCO_3^- . Повышенное содержание ионов в аэрозолях над Южным Байкалом отмечено также вблизи п. Листвянка и вдоль разреза Листвянка–Танхой. Однако их суммарная концентрация была ниже, чем в южной оконечности озера и равнялась $1,3\text{--}2,6 \text{ мкг}/\text{м}^3$ (рис. 1). Известно, что здесь обычно наблюдается преобладание северо-западных ветров, осуществляющих вынос веществ на озеро из долины р. Ангары.

Возрастание концентраций ионов в аэрозолях отмечено также в устьях рек Селенга и Баргузин. В зоне Селенгинского мелководья сумма ионов достигала более $3 \text{ мкг}/\text{м}^3$, в Баргузинском заливе $1,3\text{--}1,7 \text{ мкг}/\text{м}^3$. В Северном Байкале повышенные концентрации ионов отмечаются над северной оконечностью озера и над Чивыркуйским заливом ($2,8 \text{ мкг}/\text{м}^3$). Преобладающими ионами в аэрозолях являлись NH_4^+ , Ca^{2+} , SO_4^{2-} . Наименьшие концентрации ионов, как правило, наблюдаются вдоль центральной части озера: $0,4\text{--}0,7 \text{ мкг}/\text{м}^3$ – в Южном Байкале, $0,1\text{--}0,7 \text{ мкг}/\text{м}^3$ – в Среднем и Северном Байкале между разрезами Кадильный–Мишиха и Байкальское–Турали (рис. 1). В аэрозолях с низкой суммарной концентрацией ионов преобладали ионы NH_4^+ и SO_4^{2-} . Среднее суммарное содержание ионов в аэрозолях над каждой из котловин Байкала (табл. 1) показывает, что, как и ранее [7–10], наименее загрязнена атмосфера над Средним и Северным Байкалом.

Анализ химического состава аэрозолей в зависимости от размера частиц показал, что основная масса растворимых компонентов, на которые приходится около 60%, находится во фракции с размером до $0,69 \text{ мкм}$. В этом числе, в субмикронной фракции

Таблица 1

Средние концентрации ионов в растворимой фракции аэрозолей в приводной атмосфере Байкала за период 2005–2008 гг., мкг/м³

Байкал	Ионы										$\Sigma_{\text{ионов}}$
	$\text{H}^+ \cdot 10^{-3}$	NH_4^+	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	HCO_3^-	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	
Южный	6,4	0,09	0,07	0,04	0,11	0,02	0,43	0,07	0,04	0,59	1,47
Средний	6,7	0,05	0,04	0,04	0,07	0,00	0,27	0,02	0,02	0,46	0,97
Северный	7,0	0,04	0,03	0,03	0,05	0,00	0,25	0,03	0,03	0,39	0,84

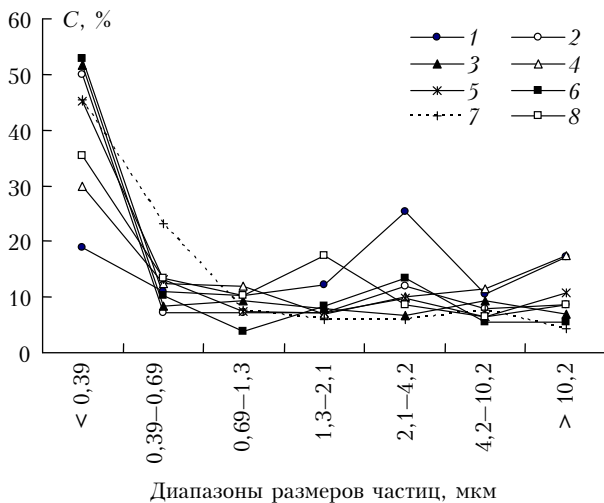


Рис. 2. Изменение суммарной концентрации ионов (C) в растворимой фракции аэрозолей над различными участками оз. Байкал в зависимости от дисперсности частиц: 1 – южная оконечность оз. Байкал, район БЦБК; 2 – переход от пролива Ольхонские Ворота до м. Елохин; 3 – разрез м. Елохин – п. Давша; 4 – переход от п. Давша до Чивыркуйского залива; 5 – Чивыркуйский залив; 6 – переход вдоль Баргузинского залива; 7 – переход от п. Максимиха (Баргузинский залив) до м. Харауз (Селенгинское мелководье); 8 – переход вдоль Селенгинского мелководья

менее 0,39 мкм в зависимости от района, где отбирались пробы, суммарная концентрация ионов составляла от 18 до 53% от общей массы растворимых компонентов (рис. 2).

В аэрозолях вблизи г. Байкальска (Южный Байкал) существенно возрастал вклад грубодисперсной фракции. В аэрозолях на выходе из Баргузинского залива (Средний Байкал) и над разрезом Елохин–Давша (центральная часть Северного Байкала) максимальный вклад в ионы вносил мелкодисперсный аэрозоль. В субмикронной фракции аэрозолей в районе Байкальска преобладающей была доля ионов Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} , Cl^- , над Баргузинским заливом – K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , в Северном Байкале – Mg^{2+} , SO_4^{2-} .

Отмечались незначительные повышения концентрации ионов во фракциях диаметром 2,1–4,2 мкм и более 10 мкм на некоторых участках вдоль восточного побережья. В частицах этих фракций в районе Байкальска доминируют ионы Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , HCO_3^- , в районе Баргузинского залива – K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- и NO_3^- . Над Селенгинским мелководьем повышенным содержанием ионов обладала фракция диаметром 1,3–2,1 мкм. На участке

восточного берега от п. Давша до входа в Чивыркуйский залив в аэрозолях наблюдалось возрастание концентрации ионов в частицах размером более 10 мкм, достигавшее 17% от общей концентрации ионов, что может указывать на близость их источника. В их составе преобладали ионы NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Cl^- , NO_3^- .

Полициклические ароматические углеводороды

Исследование состава ПАУ в зависимости от дисперсности частиц было проведено в июне 2008 г. для байкальского аэрозоля впервые. Оказалось, что суммарная концентрация приоритетных ПАУ в каждой фракции частиц изменялась в широком диапазоне: от 45 до 500 $\mu\text{г}/\text{м}^3$ (табл. 2).

Минимальные концентрации найдены в аэрозолях над водной поверхностью Среднего Байкала. Содержание ПАУ в атмосфере южной и северной котловин озера отличалось незначительно.

До 35% от общей суммы ПАУ ассоциированы с аэрозолями размерами менее 0,69 мкм. В южной и средней котловинах повышение концентрации ПАУ отмечено также для частиц диаметром 1,3–2,1 мкм, в северной – 4,2–10 мкм. Среди идентифицированных ПАУ в субмикронном аэрозоле Южного Байкала присутствовали бенз(а)пирен и хризен – доминирующие компоненты горения биомассы [11]. Их суммарное количество достигало 15% от общей массы обнаруженных соединений. Присутствие бенз(б)флуорантена (12%) в пробах аэрозоля обычно указывает на выбросы алюминиевого производства. Не исключено, что это следы выбросов Иркутского алюминиевого завода. Суммарная доля бенз(g,h,i)перилена и индено(1,2,3-c,d)пирена, индикаторов загрязнения природной среды автомобильным транспортом [8, 11], достигала в пробах 25%. В грубодисперсную часть аэрозолей значительный вклад (от 30 до 75%) вносят нафталин и фенантрен, что согласуется с литературными данными [12]. Высокое относительное содержание фенантрена в пробах аэрозоля обычно указывает на влияние нефтехимического производства [8], но не исключено, что их повышение в приводном слое атмосферы Южного и Среднего Байкала также может быть вызвано естественными нефтепроявлениями в районе р. Сухой и Горевого утеса [13].

Согласно [14] по соотношению концентраций ПАУ, содержащихся в атмосфере, $X = \text{бенз(а)антрацен}/\text{хризен}$, можно произвести определение возраста воздушных масс. Если величина

Содержание ПАУ (нг/м³) во фракциях аэрозольных частиц над акваторией оз. Байкал в мае–июне 2008 г.

Дата и район отбора проб	Фракции аэрозолей, мкм	Нафталин	Фенантрен	Антрацен	Флуорантен	Пирен	Бенз(а)аптрацен	Хризен	Бенз(б)флуорантен	Бенз(к)флуорантен	Бенз(е)пирен	Бенз(а)пирен	Индено(1,2,3с,д)пирен	Бенз(г,и,л)перилен	Сумма ПАУ в одной фракции
Южный Байкал 29.05–31.05.08	0,0–0,39	21	48	10,4	25,1	16,1	10,3	27	48	18,1	36	29	40	55	400
	0,39–0,69	12,2	17,1	5,9	8,6	6,4	4,6	8,4	10,4	4,1	7,9	5,7	< 1	< 1	91
	0,69–1,3	8,1	14,0	4,3	5,1	3,1	< 1	< 1	3,4	1,6	3,0	2,9	< 1	< 1	45
	1,3–2,1	20	19,4	6,8	7,0	4,9	6,1	13,7	40	6,9	45	8,9	90	139	408
	2,1–4,2	52	14,5	3,5	8,0	4,5	3,5	4,9	4,3	2,0	4,4	3,3	< 1	< 1	105
	4,2–10,2	95	15,0	3,9	5,2	4,0	4,9	8,0	11,8	3,1	6,0	< 1	< 1	< 1	157
	> 10,2	112	15,3	3,9	6,8	5,6	6,5	11,4	3,9	2,2	< 1	< 1	< 1	< 1	167
	<i>Сумма</i>	320	143	39	66	45	36	74	122	38	102	50	130	194	1370
Средний Байкал 31.05–2.06.08	0,0–0,39	37	52	14,1	11,5	14,4	4,7	12,8	7,4	4,4	7,4	9,6	< 1	< 1	147
	0,39–0,69	23	31	6,3	4,9	2,8	3,1	4,1	1,6	1,4	3,6	< 1	< 1	< 1	55
	0,69–1,3	35	29	< 1	4,8	3,6	2,4	4,7	3,9	2,1	2,0	< 1	< 1	< 1	55
	1,3–2,1	27	38	8,0	14,0	9,1	9,8	16,9	5,8	6,2	9,0	< 1	< 1	< 1	120
	2,1–4,2	24	26	5,4	6,3	6,6	3,6	8,1	5,7	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	73
	4,2–10,2	59	52	10,9	6,1	6,1	5,8	11,5	4,1	3,2	< 1	< 1	< 1	< 1	73
	> 10,2	25	33	9,8	3,8	2,8	< 1	< 1	2,4	0,9	< 1	< 1	< 1	< 1	39
	<i>Сумма</i>	230	260	55	51,5	45	29	58	31	18,1	22	9,6	< 1	< 1	560
Северный Байкал 2.06–3.06.08	0,0–0,39	37	52	14,1	14,3	22,3	9,1	12,1	7,7	3,6	11,1	24	< 1	< 1	207
	0,39–0,69	23	32	6,3	18,0	11,4	9,9	19,2	13,5	4,9	9,0	6,7	< 1	< 1	153
	0,69–1,3	35	29	< 1	11,4	8,6	7,3	10,7	8,9	1,9	6,3	< 1	< 1	< 1	120
	1,3–2,1	27	38	8,0	15,7	12,7	13,8	12,6	11,1	6,1	9,0	9,0	< 1	< 1	162
	2,1–4,2	24	26	5,4	7,9	5,4	< 1	< 1	4,7	3,1	6,1	< 1	< 1	< 1	83
	4,2–10,2	59	52	11	58	39,6	38	66	70	33	45	29	< 1	< 1	516
	> 10,2	25	33	9,8	14,8	10,6	11,3	20	11,6	10	8,7	5,6	< 1	< 1	160
	<i>Сумма</i>	230	260	55	140	111	90	141	124	62	95	74	< 1	< 1	1400

X имеет значение менее 0,4, то это соотношение указывает на «старение» аэрозолей, когда источник ПАУ находится на значительном расстоянии от источника выбросов. Наименьшие значения X (0,37–0,38), рассчитанные по соотношению концентраций ПАУ в байкальских аэрозолях, отмечены в субмикронной фракции (< 0,39 мкм) аэрозолей Южного и Среднего Байкала. Это указывает на удаленность источников этих веществ от Байкала. Величина X в пределах от 0,50 до 1,43 указывает на близость источника и на «молодость» аэрозоля. Максимальные значения X (0,44–0,76) наблюдались, в основном для ПАУ на частицах грубодисперсной фракции.

Алканы

Суммарное содержание n -алканов в аэрозоле не превышает 20, 18 и 28 нг/м³ над Южным, Средним и Северным Байкалом соответственно. Следует отметить, что максимальное содержание n -алканов обнаружено на частицах субмикронного размера – от менее 0,39 до 0,69 мкм, и в грубодисперсной фракции более 4,2 мкм, в которой содержится до 50% от суммы обнаруженных органических соединений данного класса в случае отбора проб аэрозо-

лей над Северным Байкалом. Идентифицированные n -алканы представлены гомологическим рядом от n -C₁₃ до n -C₃₃, а хроматограммы имеют бимодальный вид распределения n -алканов. В низкомолекулярной фракции от n -C₁₃ до n -C₂₀ максимальное содержание отмечено для n -алканов n -C₁₅, n -C₁₆ и n -C₁₈. Следует отметить доминирование нечетных гомологов во фракции высших гомологов от n -C₂₃ до n -C₃₃, что указывает на их терригенный источник поступления в аэрозоль.

Элементный состав индивидуальных частиц атмосферных аэрозолей

Электронно-микроскопический анализ аэрозольных частиц, собранных над озером, демонстрирует большое разнообразие форм (рис. 3).

В Северном Байкале чаще встречались ограниченные частицы. В районе г. Байкальска частицы часто были представлены конгломератами, облепленными мелкими частицами. Частицы размерами менее 1 мкм чаще имели овальную или сферическую форму и встречались в атмосфере над всеми котловинами озера. Более разнообразными формами представлены

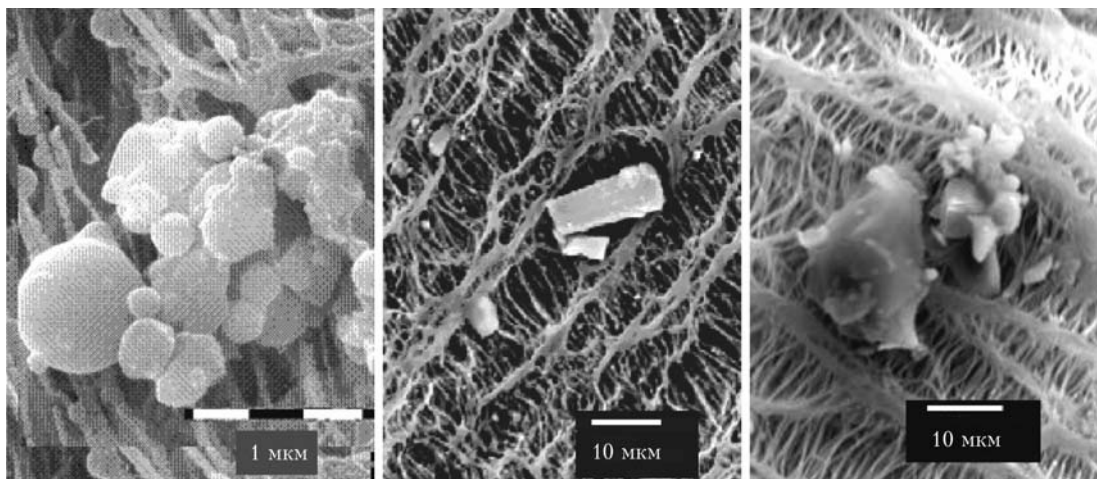


Рис. 3. Примеры изображения электронно-микроскопических частиц в приводном слое атмосферы оз. Байкал

крупные частицы. Анализ химического состава твердых частиц в зависимости от их формы показал, что в атмосфере вблизи г. Байкальска (Южный Байкал) в округлых частицах в основном преобладают углерод и кислород. Ограниченные частицы и скопление частиц в виде конгломератов часто обнаруживают в своем составе элементы терригенного происхождения – С, О, Al, Ca, Si, Mg (рис. 4).

В составе округлых частиц Среднего Байкала в большинстве случаев наряду с органическим материалом (~80%) наблюдалось включение таких элементов, как Al, Si, K, Ca, Mg. Частицы других форм нередко содержали в своем составе более разнообразный набор элементов – О, С, Si, K, Fe, Al, S, Ca,

Na, Mg. Такой набор элементов указывает на их преимущественно терригенное происхождение.

Заключение

Комплексный химический анализ атмосферных аэрозолей, содержащихся над акваторией Байкала, выявил некоторые неоднородности в их распределении. Южный Байкал в среднем отличается более высокими концентрациями почти всех исследованных примесей, что, очевидно, связано с большим (по сравнению с другими частями озера) количеством источников (лесные пожары, предприятия, населенные пункты, автотранспорт).

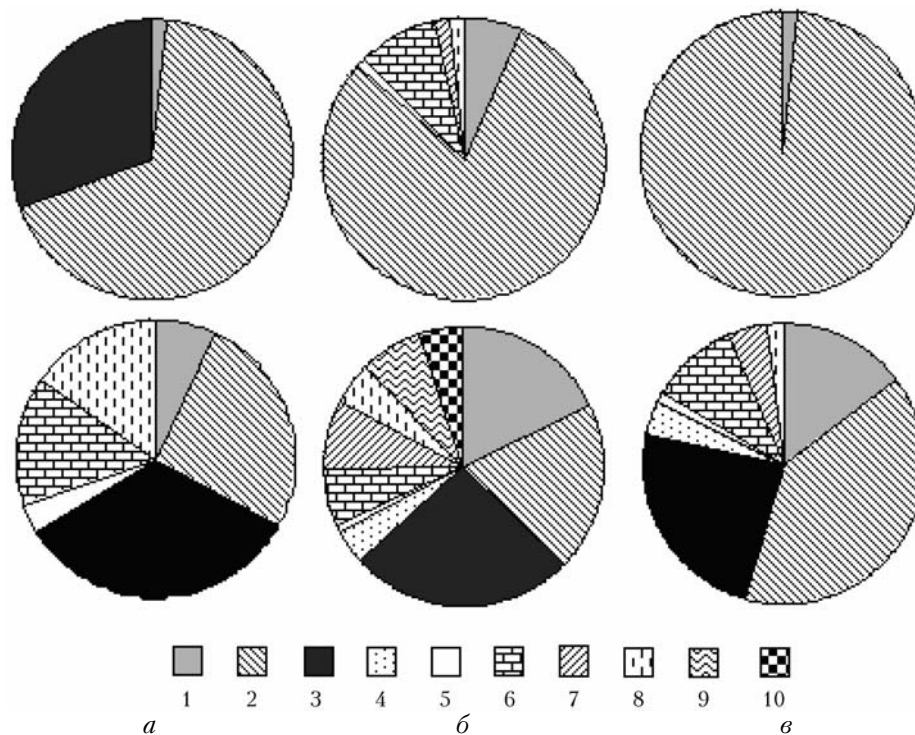


Рис. 4. Химический состав частиц разных форм: *а* – район БЦБК; *б* – Средний Байкал; *в* – Северный Байкал (верхний ряд – округлые частицы, нижний ряд – ограниченные частицы); 1 – Si; 2 – С; 3 – О; 4 – Na; 5 – Mg; 6 – Al; 7 – К; 8 – Ca; 9 – Fe; 10 – S

Повышенные концентрации ионов обнаруживаются в окрестностях населенных пунктов: п. Листвянка и вдоль разреза Листвянка–Танхой (1,3–2,6 мкг/м³); г. Байкальск (4,6 мкг/м³). Среди идентифицированных ПАУ в атмосфере Южного Байкала присутствовали бенз(а)пирен и хризен – доминирующие компоненты лесных пожаров, бенз(б)флуорантен – индикатор выбросов алюминиевого производства, бенз(г, h, i)перилен и индено(1, 2, 3-с, d)пирен, указывающие на загрязнение атмосферы автомобильным транспортом. В Среднем и Северном Байкале наибольшее количество примесей в атмосфере содержалось над Селенгинским мелководьем, Баргузинским и Чивыркуйским заливами, северной оконечностью озера. В Северном Байкале в составе аэрозолей отмечено наибольшее присутствие *n*-алканов. Отмечалось доминирование нечетных гомологов во фракции высших гомологов от *n*-C₂₃ до *n*-C₃₃, что указывает на их терригенный источник поступления в аэрозоль.

Над всеми котловинами озера впервые рассмотрен состав ПАУ и *n*-алканов в зависимости от дисперсности аэрозолей. Как и для ионов, максимальные концентрации ПАУ наблюдались в субмикронной фракции (менее 0,69 мкм). По соотношению концентраций отдельных ПАУ выявлено, что в субмикронной фракции присутствовали «состарившиеся» частицы, длительное время находившиеся в атмосфере, а в грубодисперсной – аэрозоли локального происхождения.

В целом полученные результаты позволяют заключить, что атмосфера над оз. Байкал продолжает оставаться относительно чистой, а содержащиеся в ней примеси имеют в основном природное происхождение. Некоторую антропогенную нагрузку начинает испытывать южная часть озера, но и здесь концентрации примесей еще достаточно низки.

Авторы выражают благодарность И.Н. Доля за определение катионов на атомно-адсорбционном спектрометре и М.М. Масленниковой за подготовку проб аэрозолей для работы на электронно-зондовом микроанализаторе.

1. Ходжер Т.В., Семенов М.Ю., Оболкин В.А., Домышева В.М., Голобокова Л.П., Кобелева Н.А., Нецветаева О.Г., Потемкин В.Л., Сергеева М.В. Мониторинг кислотных выпадений в Байкальском регионе // Химия в интересах устойчивого развития. 2002. № 10(5). С. 699–705.

L.P. Golobokova, U.G. Filippova, I.I. Marinaite, O.Yu. Belozeroва, A.G. Gorshkov, V.A. Obolkin, V.L. Potemkin, T.V. Hodzher. Chemical composition of atmospheric aerosol above the Lake Baikal area.

Complex chemical analysis of aerosol admixtures in the near water air layer over the Lake Baikal was conducted for summer periods 2005–2008 years. The largest amount of pollution components in aerosols was observed in the atmosphere of South Baikal, particularly, nearby the Baikalsk Paper Factory (4.6 µg/m³). For the first time the chemical composition of different size fractions of aerosols was analyzed over all three lake basins. Most part of chemical admixtures is presented in submicron fraction of aerosols with a size of 0.69 µm, this fraction contains up to 60% of soluble components and up to 35% of PAH. In the coarse fraction of aerosols, higher concentrations of ions and PAH exist in size ranges 1.3–2.1 and 4.2–10 µm. The composition of *n*-alkans was studied, it is mainly presented by homologous series from *n*-C₁₃ to *n*-C₃₃. The quality of chemical composition of solid particles depends on the particles' shape: in spherical particles the carbon is major component, rough particles mostly are presented by aluminosilicates, alkali-earth, and metal oxides.

2. Ходжер Т.В., Оболкин В.А., Потемкин В.Л. О роли атмосферы в формировании химического состава вод оз. Байкал // Оптика атмосф. и океана. 1999. Т. 12, № 6. С. 512–515.
3. *Manual for sampling and chemical analysis. EMEP/CCC – Report 1/95/0–7726.* June 1995. 176 p.
4. Семенов А.Д. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 542 с.
5. *Baram G.I., Vereshchagin A.L., Golobokova L.P. Microcolumn High-Performance Liquid Chromatography with UV Detectio for The Determination of Anions in Environmental Materials // J. Anal. Chem.* 1999. V. 54, N 9. P. 854–857.
6. *Gorshkov A.G., Marinaite I.I., Zhamsueva G.S., Zayakhhanov A.S. Benzopyrene isomer ratio in organic reaction of aerosols over water surface of Lake Baikal // J. Aerosol Sci.* 2004. V. 35, N 2. P. 1059–1060.
7. *Аэрозоли Сибири // Интеграционные проекты СО РАН.* В 9 т. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2006. 548 с.
8. Белан Б.Д., Ивлев Г.А., Козлов А.С., Мариняйте И.И., Пененко В.В., Покровский Е.В., Симоненков Д.В., Фофанов А.В., Ходжер Т.В. Сравнительная оценка состава воздуха промышленных городов Сибири // Оптика атмосф. и океана. 2007. Т. 20, № 5. С. 428–437.
9. Панченко М.В., Белан Б.Д., Шаманяев В.С. Роль самолета-лаборатории ИОА СО РАН в изучении окружающей среды оз. Байкал // Оптика атмосф. и океана. 1997. Т. 10, № 4–6. С. 463–472.
10. Загайнов В.А., Лушиников А.А., Никитин О.Н., Кравченко П.Е., Ходжер Т.В., Петрянов-Соколов И.В. Фоновый аэрозоль над озером Байкал // Докл. АН СССР. 1989. Т. 308, № 5. С. 1087–1090.
11. *Masclat P., Hoyau V., Jaffrezo J.L., Cachier H. Polycyclic aromatic hydrocarbons deposition on the ice sheet of Greenland. Part I: superficial snow // Atmos. Environ.* 2000. V. 34, N 19. P. 3195–3207.
12. *Kaupp H., McLachlan M. Atmospheric particle size distributions of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans (PCDD/Fs) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and their implication for wet and dry deposition // Atmos. Environ.* 1999. V. 33, N 1. P. 85–95.
13. Хлыстов О.М., Горшков А.Г., Егоров А.В., Земская Т.И., Гранин Н.Г., Калмычков Г.В., Воробьева С.С., Павлова О.Н., Якун М.А., Макаров М.М., Москвин В.И., Грачев М.А. Нефть в озере мирового наследия // Докл. РАН. 2007. Т. 414, № 5. С. 656–659.
14. *Vardar N., Esen F., Tasdemir Y. The seasonal concentrations and partitioning of PAHs in a suburban site of Bursa, Turkey // Environ. pollut.* 2008. V. 155, N 2. P. 298–307.