

УДК 551.4

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СНЕГОВОЙ ВОДЫ АКВАТОРИИ ЮЖНОЙ КОТЛОВИНЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ

^{1,2}Белозерцева И.А., ¹Воробьева И.Б., ¹Власова Н.В., ¹Янчук М.С., ¹Лопатина Д.Н.

¹ФАНО России ФГБУН Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН,
Иркутск, e-mail: belozia@mail.ru;

²ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный университет», Иркутск

По результатам снегогеохимической съемки Южной котловины озера Байкал проведена оценка загрязнения атмосферы. Загрязнение атмосферного воздуха акватории оз. Байкал обнаружено в долине р. Ангары и вблизи прибрежных населенных пунктов Листвянка, Култук, Байкальск, Слюдянка с повышенными коэффициентами контрастности по отношению к фону для следующих химических элементов и веществ: F, Cl, SO₄, NO₂, NO₃, PO₄, K, Na, NH₄, Mo, Mn, Ba, Al, Pb, Ni, Cu, Be, V, Fe, Si, Zn, Sr, Ti, Hg и нефтепродуктов. Однако фоновые содержания изученных химических элементов и веществ в Байкальском регионе низкие, ниже ПДК в десятки – тысячи раз. Данные за последние 15 лет показывают, что в конце 1990-х и начале 2000-х годов происходило уменьшение загрязнения в 2 раза, что было связано со спадом промышленного производства. Выявлено, что за последние 5 лет произошло небольшое увеличение регионального загрязнения. По комплексности и интенсивности аномалии относятся к техногенным и являются следствием выброса в атмосферу самых разнообразных производств химической, топливно-энергетической и металлургической промышленности.

Ключевые слова: озеро Байкал, геоэкология, загрязнение снега

CHEMICAL COMPOSITION OF SNOW WATER OF THE WATER AREA OF THE SOUTHERN HOLLOW OF LAKE BAIKAL

^{1,2}Belozertseva I.A., ¹Vorobyeva I.B., ¹Vlasova N.V., ¹Janchuk M.S., ¹Lopatina D.N.

¹V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, e-mail: belozia@mail.ru;

²Irkutsk state university, Irkutsk

By results of snow and geochemical shooting the Southern hollow of lake Baikal the estimation of pollution of an atmosphere is lead. Pollution of atmospheric air of water area Baikal it is revealed in a valley Angara and near to coastal settlements Listvjanka, Kultuk, Baikalsk, Slyudyanka with the increased factors of contrast in relation to a background for the following chemical elements and substances: F, Cl, SO₄, NO₂, NO₃, PO₄, K, Na, NH₄, Mo, Mn, Ba, Al, Pb, Ni, Cu, Be, V, Fe, Si, Zn, Sr, Ti, Hg and mineral oil. However background maintenances of the investigated chemical elements and substances in the Baikal region low, are lower than maximum concentration limit in tens – thousand times. The data for last 15 years show, that at the end of 1990 and the beginning of 2000th years there was a reduction pollution in 2 times that has been connected to recession of industrial production. It is revealed, that for last 5 years there was a small increase in regional pollution. On integrated approach and intensity of anomaly concern to anthropogenous and are consequence of emission in an atmosphere of the diversified manufactures chemical, fuel and energy and an iron and steel industry.

Keywords: Lake Baikal, geoecology, technogenesis, pollution of a snow

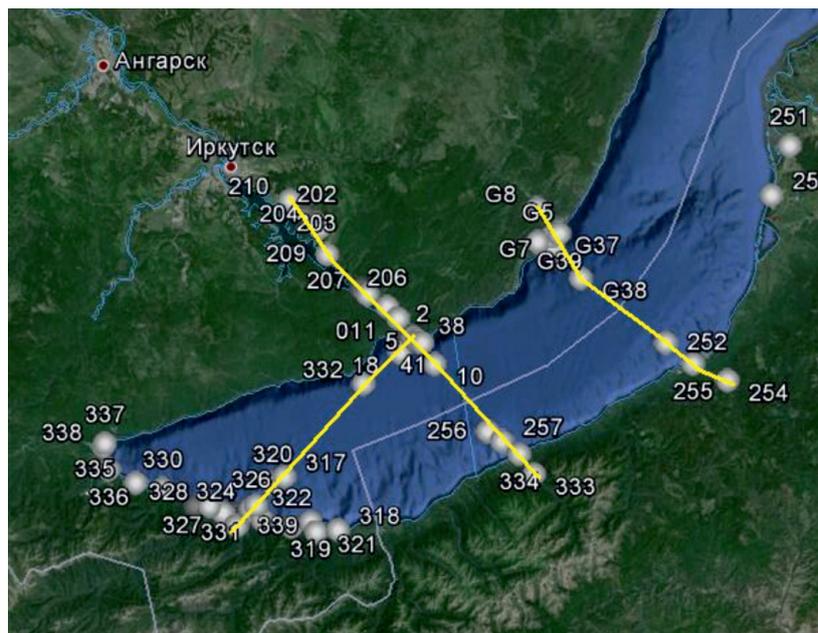
Материалы и методы исследования

Снежный покров, обладающий высокой сорбционной способностью, представляется наиболее информативным объектом при выявлении техногенного загрязнения атмосферы. Количество выпадающего со снегом твердого осадка характеризует запыленность территории, фильтрат талого снега отражает степень загрязнения воздушного бассейна наиболее растворимыми формами элементов, которые являются наиболее токсичными для растений и живых организмов.

В зимний – весенний периоды 2015 г. проводился отбор проб снега с целью выявления загрязнения атмосферного воздуха. Наблюдения с отбором проб образцов осуществлялись по системе ключевых площадок и поперечных маршрутов с учетом источников атмосферного загрязнения и розы ветров. Пробы снега отбирались в конце февраля – марте снегомером ВС-43 на всю глубину снежного покрова с определением его высоты и плотности. Всего отобрано 159

проб снега оз. Байкал и на прилегающей территории. На момент отбора проб период снегонакопления составил 131 – 140 дней. В табл. 1 приведены сведения о координатах точек отбора проб. Места отбора проб показаны на рисунке.

Аналитические работы проводились в Институте географии им. В.Б. Сочавы СО РАН в лабораторных условиях по стандартизованным методикам на современном аналитическом оборудовании. Величина pH определена в суспензии потенциометрическим методом с использованием комбинированных электродов. Концентрации основных анионов и катионов в снеговой воде определены стандартными химическими методами. Содержание подвижных форм металлов установлено количественным атомно-эмиссионным спектральным методом на приборе Optima 2000DV (Optical Emission Spectrometer). Содержание фтора измерялось на иономере И-120 с применением фтор-селективного электрода. Нефтепродукты определены на флюорате – 02–2М.



● – ключевой участок отбора проб снега; 2-340 – номера площадок; — профиль

Схема ключевых участков и профилей в Южной котловине оз. Байкал (февраль-март 2015 г.)

Иркутско-Черемховский промышленный узел

В Иркутской области сосредоточение крупных экологически опасных промышленных производств, отсутствие эффективного очистного оборудования и комплекс неблагоприятных метеорологических факторов привели к тому, что на ее территории возникли районы с неблагоприятной экологической обстановкой. В зимнее время над территорией области отмечается большая повторяемость штилей, определяющих малую способность атмосферы рассеивать выбросы загрязняющих веществ. Значительно ухудшают способность атмосферы к самоочищению туманы. Наиболее часто они наблюдаются в долинах рек: 60 – 85 дней, в горных долинах: 20 – 30 дней. Слабая ветровая активность (среднегодовая скорость 1 – 3 м/с) также ухудшают экологическую ситуацию исследуемого района. Однако строение рельефа определяет вероятность переноса загрязняющих веществ Иркутско-Черемховской агломерации воздушными потоками по долине р. Ангара в оз. Байкал.

Промышленные предприятия Иркутско-Черемховского экономического района сосредоточены в городах Иркутске, Ангарске, Шелехове, Усолье-Сибирском, Свирске и Черемхово. В Иркутской области и в Байкальском регионе это наиболее крупный промышленный район. На его долю приходится свыше половины от общего объема выпуска валовой продукции области. Специализацию района определяют теплоемкие и энергоемкие отрасли (алюминиевая, нефтехимическая, химическая, машиностроение); немаловажное значение имеют также промышленность строительных материалов, лесная, легкая и пищевая. Суммарный вклад городов в загрязнение атмосферы (доля в обще областных выбросах вредных веществ) составляет свыше 50%.

Приоритетными примесями атмосферного загрязнения являются продукты сгорания топлива: пыль, диоксид и оксид азота, оксид углерода, бенз(а)пирен, формальдегид, а также ряд специфических примесей: сероуглерод, сероводород, метилмеркаптан, которые входят в различные классы опасности для человека.

По данным проведенной снегогеохимической съемки, а также Иркутского территориального управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды [5], сотрудников различных организаций: И.Б. Воробьевой и др. [4]; Т.В. Ходжер, Л.М. Сорокиной [11]; В.А. Оболкина и др. [10]; И.С. Ломоносова и др. [9]; В.Я. Киселева [6]; П.В. Коваль и др. [7]; И.А. Белозерцевой [1] в данном промышленном районе выделяется несколько зон техногенного загрязнения с концентрацией твердого осадка в снеге от 0,5 до 10 г/кг. Минерализация снеговых вод вблизи источников в 3 – 10 раз была выше фоновой и достигала 130 мг/л. Запасы твердого вещества в снеге достигали 200 г/м². Выявлены зоны с повышенным содержанием кальция, магния, натрия и калия. Из катионов растворимых в снеге выявлено преобладание натрия и калия. Максимальные значения нерастворимого остатка снега, связанные с работой ТЭЦ, котельных, печным отоплением приходятся на окрестности Иркутска, Култук и Слюдянки, растворимого остатка – на Усолье и Байкальск. Общий ореол загрязнения снега химическими элементами простирается с юго-востока на северо-запад на 60 км при ширине 10 – 15 км. Концентрация фтора в снеговой воде вблизи алюминиевого завода достигает 60 мг/л. В снеговой воде п. Листвянка содержание фтора снижается до 0,1 – 0,2 мг/л, что близко к фоновому значению региона (0,1 мг/л).

Таблица 1

Координаты и местоположение площадок отбора проб снега

№ Пло- щадки	Координаты	Метров над ур. м.	Местоположение
2	N51 50 26.2 E104 53 15.6	451	2 км на Ю-В от п. Листвянка, оз. Байкал
5	N51 50 36.9 E104 52 34.3	450	1 км на Ю-В от п. Листвянка, берег оз. Байкал
10	N51 47 26.7 E104 55 70.0	450	напротив п. Листвянка, оз. Байкал
010	N51 52 30.1 E104 49 59.4	513	исток р. Ангара
11	N51 50 57.5 E104 52 41.1	450	напротив п. Листвянка, оз. Байкал
011	N51 54 72.6 E104 48 58.2	457	п. Никола, трасса Иркутск – Листвянка
16	N51 51 38.3 E104 51 78.3	449	1 км на С-З от п. Листвянка, оз. Байкал
18	N51 49 35.9 E104 48 13.3	450	напротив п. Листвянка, оз. Байкал
38	N51 50 55.0 E104 52 15.8	455	п. Листвянка, берег оз. Байкал
41	N51 51 21.5 E104 51 35.1	457	п. Листвянка
G3	N52 03 05.3 E105 21 17.1	456	падь Семениха, Бол. Голоустрое
G4	N51 58 40.1 E105 24 29.3	449	п. Бол. Готоустное, оз. Байкал
G5	N52 11 24.8 E105 20 54.6	530	2 км на Ю-З от Бол. Голоустного
G7	N52 13 51.7 E105 23 58.6	444	Бол. Голоустрое, берег оз. Байкал
G8	N52 53 39.8 E105 21 58.7	516	по трассе Иркутск – Бол. Голоустрое
G37	N52 01 99.3 E105 23 59.1	450	п. Бол. Готоустное, оз. Байкал
G38	N51 55 34.1 E105 28 40.7	450	п. Бол. Готоустное, оз. Байкал
G39	N52 14 92.2 E105 28 40.7	450	2 км на Ю-В от Бол. Голоустного
201	N52 09 26.5 E104 32 34.6	397	около дач Лебединка по трассе Иркутск – Листвянка
202	N52 08 09.3 E104 34 50.6	420	пойма р. Королок по трассе Иркутск – Листвянка
203	N52 08 06.1 E104 34 46.9	441	пойма р. Королок по трассе Иркутск – Листвянка
204	N52 07 31.6 E104 35 23.0	479	водораздел м/у р. Королок и Бурдаковка по трассе Иркутск – Листвянка
205	N51 54 07.3 E104 48 58.2	472	за границей пос. Никола по трассе Иркутск – Листвянка
206	N51 55 51.7 E104 47 01.8	470	дач. п. Ангарские Хутора по трассе Иркутск – Листвянка
207	N51 57 51.5 E104 43 18.9	500	около д. Б. Речка по трассе Иркутск – Листвянка
208	N51 58 42.1 E104 42 07.5	486	водораздел м/у р. Черна и Щеглова по трассе Иркутск – Листвянка
209	N52 03 54.8 E104 36 05.1	463	пойма р. Бурдугуз по трассе Иркутск – Листвянка
210	N52 11 42.2 E104 29 56.4	532	Патроны по трассе Иркутск – Листвянка
317	N51 35 43.1 E104 19 57.6	457	Байкальск, оз. Байкал
318	N51 27 43.0 E104 29 30.5	432	д. Паньковка, оз. Байкал
319	N51 29 18.9 E104 24 02.2	449	д. Мурино, оз. Байкал
320	N51 35 45.5 E104 23 17.2	450	напротив Байкальска, оз. Байкал
321	N51 27 53.3 E104 24 54.2	489	1,5 км от д. Муринов в сторону трассы М 55, ж/д
322	N51 29 01.2 E104 19 50.7	454	ост. пункт 5358, оз. Байкал
323	N51 32 31.6 E104 13 10.6	453	Байкальск, около БЦБК, оз. Байкал
324	N51 31 31.0 E104 10 47.9	451	напротив Байкальска, оз. Байкал
325	N51 31 47.6 E104 09 01.3	457	Байкальск, центральная часть, парк
326	N51 31 97.8 E104 11 57.6	451	напротив Байкальска, оз. Байкал
327	N51 32 09.9 E104 05 57.1	457	Бабха, берег оз. Байкал
328	N51 33 19.6 E104 03 20.4	454	Утулик, оз. Байкал
329	N51 33 34.1 E104 00 17.3	406	200 м от ст. Ореховая падь, оз. Байкал
330	N51 36 27.1 E103 53 59.3	449	Мангутай, оз. Байкал
331	N51 30 28.9 E104 14 16.5	450	В 7 км от Байкальска на Восток
332	N51 46 18.5 E104 39 82.6	450	По старой железной дороге, оз. Байкал
333	N51 36 40.6 E103 51 02.7	467	долина р. Переемной
334	N51 36 40.6 E103 51 02.7	452	устье р. Переемной
335	N51 37 42.6 E103 48 28.9	450	400 м от ст. Садовая, оз. Байкал
336	N51 39 56.4 E103 43 08.3	452	Слюдянка, оз. Байкал
337	N51 43 26.0 E103 43 09.7	460	п. Кулгук ул. Набережная, оз. Байкал
338	N51 43 03.3 E103 42 42.1	457	п. Кулгук, в 500 м от метеостанции, оз. Байкал
339	N51 51 30.8 E104 82 38.6	456	Байкальск
340	N51 51 31.2 E104 85 07.5	453	ТЭЦ на территории бывшего БЦБК

Таблица 2

Величина рН, содержание нефтепродуктов и основных ионов в снеговой воде
Южной котловины оз. Байкал, март 2015 г.

№ п/п	рН	Анионы						
		F ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻
		мг/дм ³						
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	6,35	0,105	3,66	3,15	0,11	0,029	0,502	0,002
5	6,48	0,156	3,05	2,95	5,50	0,010	0,010	0,001
10	6,22	0,025	6,10	5,25	0,11	0,015	0,010	0,001
010	6,31	0,291	6,10	2,63	0,11	0,031	0,750	0,002
11	6,17	0,110	3,66	2,63	0,11	0,030	5,650	0,018
011	6,20	0,141	2,56	2,59	0,22	0,020	3,200	0,015
16	6,85	0,200	0,61	3,50	0,11	0,015	0,807	0,012
18	6,37	0,029	3,66	4,20	0,11	0,010	0,010	0,001
38	6,30	0,165	3,56	3,33	0,22	0,020	0,001	0,002
41	6,26	0,102	4,88	3,15	0,11	0,010	0,010	0,006
G3	6,10	0,093	2,44	2,54	0,11	0,030	0,010	0,018
G4	6,06	0,074	3,09	2,10	0,33	0,025	0,001	0,001
G5	6,69	0,022	3,05	3,15	0,11	0,010	0,001	0,003
G7	6,33	0,216	7,32	3,85	0,55	0,020	0,010	0,001
G8	6,32	0,033	4,27	4,03	0,11	0,010	0,012	0,001
G37	6,30	0,032	2,44	2,80	0,22	0,010	0,011	0,001
G38	6,25	0,029	4,27	4,38	17,60	0,029	0,001	0,008
G39	6,25	0,094	4,88	3,05	0,11	0,033	0,010	0,005
201	6,30	0,159	4,20	3,15	0,11	0,025	0,010	0,002
202	6,49	0,155	4,27	5,25	0,11	0,029	0,014	0,001
203	6,84	0,149	4,27	2,98	0,11	0,029	0,013	0,001
204	6,18	0,245	2,44	4,03	0,11	0,031	0,010	0,073
205	6,13	0,284	3,66	3,15	9,90	0,009	0,001	0,001
206	6,16	0,230	5,49	4,90	0,11	0,031	0,010	0,001
207	6,38	0,113	4,27	4,38	0,11	0,040	0,001	0,002
208	6,27	0,350	1,83	4,73	0,11	0,008	0,001	0,001
209	6,20	0,462	4,88	6,65	2,75	0,072	0,404	0,001
210	6,37	0,380	1,83	3,50	0,11	0,032	0,350	0,005
317	6,41	0,020	3,66	3,33	0,11	0,022	0,280	0,001
318	6,80	0,026	9,76	2,80	0,11	0,022	0,010	0,001
319	6,20	0,038	3,66	2,98	0,66	0,022	0,016	0,001
320	6,29	0,068	2,44	3,85	0,11	0,040	0,404	0,002
321	6,33	0,097	2,44	3,33	0,55	0,063	0,150	0,001
322	6,49	0,105	6,71	3,15	0,22	0,044	0,018	0,001
323	6,44	0,047	3,66	4,20	0,22	0,040	0,250	0,001
324	6,40	0,030	2,45	3,61	0,33	0,035	0,010	0,002
325	6,93	0,040	12,20	3,68	0,11	0,030	0,016	0,001
326	6,38	0,026	1,22	3,85	0,22	0,040	0,001	0,001
327	6,36	0,091	3,66	3,33	0,11	0,044	0,205	0,001
328	6,54	0,074	2,44	1,75	15,4	0,050	0,804	0,001
329	6,54	0,060	3,66	3,15	0,11	0,001	0,045	0,001
330	7,02	0,048	5,49	2,45	0,99	0,050	0,070	0,001
331	6,32	0,950	7,32	2,10	19,25	0,510	0,850	0,002
332	7,00	0,060	3,56	2,15	0,11	0,041	0,045	0,003
333	6,59	0,029	3,58	2,05	0,33	0,038	0,024	0,005
334	6,45	0,030	3,64	2,10	0,99	0,035	0,010	0,002
335	6,29	0,035	4,27	2,63	0,11	0,029	0,150	0,001
336	6,84	0,111	6,10	3,68	5,50	0,013	0,010	0,001
337	6,43	0,030	4,27	3,15	16,50	0,009	0,005	0,001
338	6,65	0,032	4,27	4,20	0,11	0,025	0,008	0,001
339	6,94	0,066	3,66	2,80	4,95	0,038	0,010	0,012
340	7,14	0,060	3,05	2,90	4,95	0,041	0,011	0,001
среднее	6,44	0,127	4,11	3,37	2,09	0,04	0,29	0,004
max	7,14	0,950	12,20	6,65	19,25	0,51	5,65	0,073
min	6,06	0,020	0,61	1,75	0,11	0,001	0,001	0,001
ПДК, ОДК		0,7-1,5	-	350	500	-	130	0,001

Окончание табл. 2							
Ca ²⁺	Катионы				Взвешенное вещество, г/дм ³	Минерализа- ция, мг/дм ³	Нефтепродук- ты, мг/дм ³
	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺			
мг/дм ³							
10	11	12	13	14	15	16	17
0,93	0,24	0,169	0,229	0,01	0,023	9,14	0,048
0,48	0,12	0,051	4,427	0,01	0,022	16,77	0,034
0,77	0,25	0,209	0,287	0,01	0,003	13,04	0,054
2,77	0,66	0,341	1,377	0,80	0,109	15,86	0,066
0,94	0,23	1,163	0,468	0,01	0,089	15,02	0,034
1,00	0,20	1,020	0,450	0,02	0,091	11,44	0,025
0,59	0,12	0,287	0,336	0,80	0,001	7,39	0,016
0,55	0,13	0,256	0,356	0,01	0,038	9,32	0,008
0,98	0,16	0,289	0,354	0,001	0,030	9,08	0,056
2,80	0,13	0,395	0,463	0,06	0,032	12,12	0,064
0,65	0,17	0,142	0,891	9,60	0,120	16,70	0,095
0,63	0,15	0,135	0,560	0,001	0,035	7,10	0,064
0,62	0,14	0,132	0,390	0,001	0,039	7,63	0,034
1,42	0,37	0,552	1,019	0,01	0,016	15,34	0,029
0,84	0,12	0,182	0,450	0,01	0,024	10,07	0,018
0,75	0,20	0,306	0,499	0,01	0,003	7,28	0,023
0,73	0,17	0,117	0,199	0,001	0,039	27,53	0,025
3,00	1,24	0,726	0,172	0,01	0,210	13,33	0,038
1,21	0,23	0,040	0,171	0,01	0,065	9,32	0,015
1,21	0,24	0,037	0,169	0,01	0,069	11,50	0,081
1,68	0,31	0,043	0,279	0,01	0,071	9,87	0,112
1,99	0,38	0,157	0,492	0,70	0,113	10,66	0,120
1,99	0,36	0,876	0,898	0,001	0,098	21,13	0,051
1,85	0,42	0,403	0,504	0,01	0,009	13,96	0,202
2,63	0,38	0,604	1,339	0,001	0,106	13,87	0,117
2,25	0,43	0,591	1,180	0,001	0,147	11,48	0,139
3,54	0,53	0,603	0,703	2,00	0,185	22,60	0,135
3,41	0,59	0,904	1,227	0,50	0,559	12,84	0,201
0,28	0,09	0,049	0,160	0,001	0,085	8,00	0,029
0,81	0,06	0,385	0,798	0,002	0,039	14,78	0,024
0,42	0,10	0,123	0,224	0,009	0,042	8,25	0,029
1,28	0,73	0,303	0,429	0,001	0,063	9,66	0,040
0,37	0,10	0,051	0,148	0,15	0,194	7,45	0,030
0,62	0,15	0,112	0,309	0,10	0,047	11,54	0,027
0,75	0,14	0,156	0,365	0,15	0,066	9,98	0,027
0,40	0,10	0,100	0,250	0,10	0,054	7,42	0,026
0,30	0,10	0,066	0,212	0,11	0,038	16,87	0,025
0,38	0,10	0,060	0,142	0,001	0,067	6,04	0,011
0,45	0,101	0,098	0,225	0,001	0,070	8,32	0,035
0,38	0,10	0,059	0,157	1,00	0,005	22,22	0,024
0,91	0,16	0,505	0,898	0,10	0,035	9,60	0,034
0,52	0,10	0,126	1,929	0,01	0,070	11,78	0,041
1,78	0,83	0,403	0,324	0,01	0,017	34,33	0,018
0,60	0,56	0,200	0,205	0,10	0,035	7,63	0,025
0,56	0,35	0,102	0,156	0,02	0,031	7,24	0,020
0,45	0,20	0,090	0,146	0,03	0,025	7,72	0,025
0,47	0,11	0,055	0,158	0,01	0,020	8,03	0,029
0,72	0,16	0,126	0,317	0,02	0,039	16,76	0,062
0,85	0,15	0,189	0,379	0,01	0,029	25,54	0,013
0,62	0,16	0,078	0,146	0,03	0,146	9,68	0,062
2,07	0,25	0,026	0,149	0,01	0,017	14,04	0,046
1,45	0,25	0,004	0,118	0,01	0,062	12,85	0,047
1,15	0,27	0,270	0,540	0,32	0,070	10,8	0,050
3,54	1,24	1,163	4,427	9,60	0,559	20,1	0,202
0,28	0,06	0,004	0,118	0,001	0,001	5,84	0,008
180	50	40-50	120-200	0,40	-	-	0,050

Примечание: ПДК, ОДК вод для питьевых и рыбохозяйственных нужд ГОСТ 2874-82, ГН 2.1.5.1315-03; прочерк – ПДК и ОДК не установлены.

Таблица 3

Содержание макро- и микроэлементов в снеговой воде Южной котловины оз. Байкал, март 2015 г.

№ пл.	Mo	Mn	Ba	Al	Pb	Ni	Cu	Be	V
	мг/дм ³								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	0,002	0,002	0,003	0,008	0,001	0,001	0,006	0,001	0,001
5	0,001	0,005	0,001	0,004	0,001	0,001	0,007	0,001	0,001
10	0,009	0,008	0,001	0,010	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001
010	0,018	0,025	0,014	0,097	0,001	0,001	0,005	0,002	0,006
11	0,005	0,004	0,002	0,007	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
011	0,005	0,010	0,005	0,050	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
16	0,001	0,008	0,001	0,001	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001
18	0,005	0,001	0,001	0,008	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
38	0,006	0,024	0,006	0,071	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002
41	0,006	0,005	0,002	0,015	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
G3	0,005	0,054	0,008	0,063	0,005	0,001	0,007	0,001	0,001
G4	0,002	0,003	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
G5	0,001	0,004	0,001	0,004	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
G7	0,001	0,006	0,004	0,007	0,002	0,001	0,003	0,001	0,003
G8	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,004	0,004	0,001
G37	0,001	0,009	0,001	0,002	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001
G38	0,009	0,002	0,002	0,008	0,001	0,001	0,005	0,001	0,001
G39	0,001	0,008	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
201	0,005	0,016	0,014	0,012	0,005	0,002	0,006	0,002	0,001
202	0,015	0,006	0,004	0,010	0,004	0,002	0,006	0,002	0,001
203	0,001	0,021	0,011	0,021	0,001	0,001	0,006	0,001	0,001
204	0,002	0,013	0,014	0,036	0,001	0,001	0,004	0,001	0,001
205	0,011	0,016	0,007	0,043	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
206	0,014	0,019	0,062	0,051	0,001	0,002	0,004	0,002	0,001
207	0,007	0,020	0,007	0,036	0,001	0,001	0,001	0,001	0,004
208	0,003	0,027	0,009	0,041	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001
209	0,001	0,030	0,009	0,061	0,001	0,002	0,001	0,002	0,003
210	0,005	0,020	0,013	0,066	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001
317	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001
318	0,010	0,002	0,002	0,014	0,005	0,002	0,001	0,002	0,001
319	0,006	0,003	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,003
320	0,002	0,001	0,002	0,013	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
321	0,006	0,005	0,002	0,003	0,001	0,001	0,005	0,001	0,001
322	0,001	0,001	0,001	0,008	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
323	0,021	0,005	0,003	0,019	0,006	0,001	0,002	0,001	0,002
324	0,006	0,001	0,001	0,006	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
325	0,009	0,001	0,001	0,008	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
326	0,001	0,001	0,001	0,009	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
327	0,010	0,002	0,003	0,012	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
328	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001
329	0,010	0,002	0,002	0,014	0,005	0,002	0,001	0,002	0,001
330	0,006	0,003	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,003
331	0,021	0,005	0,003	0,029	0,005	0,002	0,002	0,002	0,002
332	0,001	0,001	0,001	0,003	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001
333	0,005	0,005	0,002	0,005	0,002	0,003	0,005	0,002	0,002
334	0,005	0,006	0,003	0,004	0,002	0,002	0,004	0,002	0,002
335	0,006	0,005	0,002	0,003	0,001	0,001	0,005	0,001	0,001
336	0,001	0,001	0,001	0,008	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
337	0,002	0,001	0,002	0,013	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001
338	0,001	0,001	0,001	0,008	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001
339	0,001	0,004	0,007	0,003	0,004	0,002	0,009	0,001	0,001
340	0,001	0,006	0,004	0,004	0,001	0,001	0,008	0,001	0,001
среднее	0,005	0,008	0,005	0,018	0,002	0,001	0,003	0,001	0,001
max	0,021	0,054	0,062	0,097	0,006	0,003	0,009	0,004	0,006
min	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
ПДК, ОДК	0,25	0,1	0,7	0,5	0,001	0,02	1,0	0,002	-

Окончание табл. 3								
Cr	Fe	Si	Zn	Sr	Ti	Co	Cd	Hg
мг/дм ³								мкг/дм ³
11	12	13	14	15	16	17	18	19
0,001	0,004	0,001	0,011	0,006	0,001	0,001	0,001	0,40
0,001	0,003	0,026	0,003	0,003	0,001	0,001	0,001	0,50
0,001	0,019	0,016	0,004	0,006	0,001	0,002	0,002	0,40
0,001	0,042	0,093	0,009	0,028	0,005	0,002	0,002	0,81
0,002	0,001	0,002	0,010	0,004	0,002	0,002	0,002	0,20
0,002	0,003	0,006	0,003	0,006	0,004	0,002	0,002	0,51
0,001	0,001	0,008	0,001	0,003	0,001	0,002	0,001	0,85
0,001	0,001	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	0,16
0,001	0,066	0,405	0,004	0,014	0,007	0,001	0,001	0,45
0,001	0,001	0,001	0,018	0,005	0,001	0,001	0,001	0,21
0,001	0,050	0,299	0,026	0,014	0,002	0,001	0,001	0,15
0,002	0,003	0,020	0,005	0,003	0,002	0,002	0,002	0,20
0,001	0,002	0,032	0,006	0,003	0,001	0,001	0,001	0,14
0,001	0,008	0,001	0,010	0,009	0,001	0,001	0,001	0,10
0,001	0,001	0,033	0,001	0,004	0,001	0,001	0,001	0,12
0,001	0,006	0,017	0,004	0,004	0,001	0,001	0,001	0,16
0,001	0,007	0,017	0,014	0,004	0,001	0,001	0,001	0,10
0,002	0,005	0,005	0,001	0,004	0,001	0,002	0,002	0,25
0,002	0,010	0,080	0,001	0,011	0,001	0,002	0,002	0,40
0,002	0,007	0,083	0,001	0,010	0,001	0,002	0,002	0,45
0,001	0,013	0,075	0,003	0,014	0,001	0,001	0,001	0,50
0,001	0,021	0,091	0,005	0,020	0,002	0,001	0,001	0,42
0,001	0,008	0,001	0,008	0,017	0,001	0,001	0,001	0,43
0,001	0,024	0,139	0,003	0,016	0,002	0,001	0,001	0,45
0,001	0,010	1,716	0,002	0,020	0,001	0,002	0,002	0,50
0,001	0,009	0,001	0,002	0,020	0,001	0,001	0,001	0,41
0,002	0,018	2,107	0,003	0,031	0,002	0,002	0,002	0,40
0,002	0,027	0,066	0,009	0,027	0,002	0,002	0,002	0,45
0,001	0,001	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	0,21
0,002	0,005	0,001	0,004	0,004	0,001	0,002	0,002	0,20
0,001	0,001	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	0,25
0,001	0,007	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	0,50
0,001	0,004	0,006	0,001	0,003	0,001	0,002	0,001	0,29
0,001	0,004	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	0,28
0,002	0,012	0,001	0,003	0,011	0,002	0,001	0,001	0,20
0,001	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,24
0,001	0,001	0,001	0,003	0,003	0,001	0,001	0,001	0,32
0,001	0,003	0,001	0,001	0,004	0,001	0,001	0,001	0,26
0,001	0,001	0,001	0,003	0,003	0,001	0,001	0,001	0,20
0,001	0,001	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	0,30
0,002	0,005	0,001	0,004	0,004	0,001	0,002	0,002	0,25
0,001	0,001	0,031	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	0,40
0,002	0,022	0,001	0,003	0,016	0,002	0,002	0,002	0,26
0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,30
0,002	0,003	0,004	0,002	0,004	0,002	0,002	0,002	0,25
0,002	0,004	0,010	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,20
0,001	0,004	0,016	0,001	0,003	0,001	0,002	0,001	0,21
0,001	0,004	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	0,24
0,001	0,007	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	0,20
0,001	0,002	0,168	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	0,31
0,001	0,004	0,001	0,001	0,009	0,001	0,002	0,002	0,84
0,001	0,006	0,001	0,001	0,009	0,001	0,002	0,001	0,30
0,001	0,009	0,108	0,004	0,008	0,002	0,001	0,001	0,32
0,002	0,066	2,107	0,026	0,031	0,007	0,002	0,002	0,85
0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,10
0,05	0,3	10	5,0-1,0	7	-	0,1	0,001-0,005	0,3-0,5

На территории г. Иркутска в снеговом покрове преобладают полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), серебро, цинк, ртуть, свинец, медь, бериллий, хром. Город Шелехов характеризуется преобладанием ПАУ, фтора, свинца, меди, ртути, серебра, никеля, ванадия, лития; г. Ангарск – ПАУ, кобальта, ванадия, хрома, марганца, меди, никеля.

При сопоставлении химического состава снеговых вод Иркутско-Черемховского промышленного узла [1, 6, 7] с данными для Южного Байкала, в участках удаленных от промышленных центров [3, 5, 8, 10, 11], можно сделать вывод: загрязнение территории от локальных источников распространяется на десятки км по преобладающему направлению ветра и на юге Байкала сменяется региональным, где осадки меньше загрязнены элементами, свойственными для окрестности Иркутско-Черемховского промышленного узла. В его формировании участвуют выбросы данного промышленного района.

Таким образом, наибольший вклад в загрязнение атмосферы над Южным Байкалом с превышением максимальных разовых ПДК вносят предприятия Слюдянки и Байкальска. Вследствие удаленности и наличия орографических препятствий влияние Иркутско-Черемховского комплекса на загрязнение атмосферы над Южным Байкалом намного меньше и не превышает средних суточных концентраций для выбрасываемых в атмосферу твердых примесей.

Для Южного Прибайкалья в декабре и апреле образуются противоположные условия для рассеивания примесей. В декабре усиливается азиатский антициклон. Примеси от приподнятых источников выбросов концентрируются преимущественно вблизи них. Однако из-за больших температурных перепадов водной поверхности и суши в районе Южного Байкала возникают ветры сильной муссонной составляющей, которая обеспечивает перенос примесей в сторону Байкала от близлежащих предприятий Култук, Слюдянки и Байкальска.

В конце зимы происходит постепенная разрушение азиатского антициклона, скорость ветра достигает максимума в апреле – мае. В этот период антропогенные примеси перемещаются на более дальние расстояния, что приводит к наложению полей загрязнения от предприятий, расположенных в зоне атмосферного влияния.

Южнобайкальский промышленный узел

Наиболее значительное влияние на экосистему оз. Байкал и центральную зону Байкальского региона оказывает Южнобайкальский промышленный узел. Аэропромвыбросы от предприятий, расположенных в этом узле, имеют высокую вероятность попадания в озеро. В атмосферный воздух выбрасываются следующие загрязняющие вещества: сероводород, диметилсульфид, диметилдисульфид, двуокись хлора, метилмеркаптан, скипидар и др. Ареал данного промышленного узла охватывает юго-западное побережье оз. Байкал вдоль Транссибирской железнодорожной магистрали. Здесь имеются крупные транспортно-промышленные узлы – г. Байкальск и Слюдянка, а также ряд поселков и железнодорожных станций. Самым крупным загрязнителем природной среды выступают предприятия Слюдянки и Байкальска.

Суммарный выброс загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных и передвижных источников города **Байкальск** составил 6,5 тыс. тонн. Вклад авто-

транспорта в суммарный выброс – 1,3 тыс. т (12,4%). Основной вклад в загрязнение вносят ТЭЦ бывшего ОАО БЦБК и котельные. По сравнению с 2010 годом произошло уменьшение выбросов на 5,6 тыс. тонн за счет приостановки работы ОАО БЦБК.

Для г. Байкальска характерны значительные колебания величин рН осадков от 4,11 в июне до 7,14 в марте (табл. 2). Средние содержания в осадках минеральных веществ (16,77 мг/л) и взвешенных веществ (62,30 мг/л) близки к фоновым для Южной котловины оз. Байкал. Максимальные концентрации суммы минеральных веществ, сульфатов, нитратов, нитритов, гидрокарбонатов и натрия превышают фон в 2, 9, 3, 13, 5 и 4 раза соответственно, что в 2,6 раз меньше по сравнению с 2010 г. Концентрации ртути в талой воде колебались от 0,02 до 0,08 мкг/л, нефтепродуктов от 0,01 до 0,06 мг/л (табл. 3).

Средняя концентрация сульфатов – 8,8 мг/л. Максимальные концентрации в талой воде нефтепродуктов, взвешенных веществ, сульфатов, нитратов, свинца, ртути и нефтепродуктов наблюдались на побережье, вблизи ТЭЦ бывшего ОАО БЦБК и черте г. Байкальск. Содержания Pb и Hg в снеговой воде превышают значения ПДК в 4 и 8 раз.

Площадь загрязнения взвешенными веществами и сульфатами составила около 45 км². По сравнению с 2011 годом площадь загрязнения взвешенными веществами снизилась в 2,1 раза, сульфатами в 1,7 раз. По сравнению с 2010 годом в талой воде возросло процентное отношение концентрации минеральных веществ, азота нитритного и нитратного, сульфатов, натрия, нефтепродуктов; снизилось содержание взвешенных веществ, аммония, фосфора.

В Слюдянском районе в 2013 году в атмосферу поступило 7,4 тыс. т загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников (в 2,8 раз меньше, чем в 2011 г.). В районе расположено 15 предприятий. Основной вклад в выбросы от стационарных источников вносят три предприятия строительных материалов (49%) и шесть предприятий транспорта (35%). Также источниками выбросов загрязняющих веществ являются дымовые трубы мелких котельных, работающих на твердом топливе. Степень улавливания загрязняющих веществ на ряде предприятий составляет менее 50%, а на предприятиях пищевой промышленности и транспорте они выбрасываются в атмосферу без очистки.

Город **Слюдянка** расположен на юго-западном берегу оз. Байкал в его крутой излучине. Производственная основа города – предприятия промышленности строительных материалов, металлообработки. Здесь находится одна из крупных вагоно-пассажирских станций, много мелких котельных и домов частного сектора с печным отоплением. Автотранспорт является дополнительным источником загрязнения воздуха. Суммарные выбросы в атмосферу в 2013 г. от предприятий и автотранспорта составили 1,22 тыс. т. Основными источниками загрязнения воздушного бассейна в г. Слюдянке являются предприятия строительной индустрии (карьер «Перевал», Слюдянский рудоуправление, асфальтобитумный завод); дополнительными источниками являются отопительные котельные (59 ед.), частный сектор с печным отоплением и автотранспорт (свыше 15 тыс. ед.). Слюдянский карьер «Перевал» осуществляет добычу мрамора для производства цемента. Технологические процессы (взрывные работы, бурение, погрузка и выгрузка горной массы дробление и т.д.) сопровождаются ин-

тенсивным пыле- и газовойделением. Среднегодовой валовой выброс устойчив в последние годы и составляет около 4500 т/г, из них пыли – 3500 т/г. Предприятие расположено за городской чертой на расстоянии 2500 км от жилой застройки.

Слюдянское рудоуправление осуществляет добычу бело-розовых мраморов открытым способом. Предприятие имеет 68 источников загрязнения, в том числе 20 организованных, из которых 15 оборудованы пылегазоулавливающими установками с КПД 58,5%. Участки предприятия, технологические процессы которых сопровождаются интенсивным пылевыведением, располагаются на удалении 3000 м от жилых районов. Валовой выброс загрязняющих веществ составляет около 650 т/г, из них пыли 280 т/г.

Асфальтобитумный завод производит асфальтобетон для дорожных работ. Он удален от жилой застройки на 1500 м. Валовой выброс загрязняющих веществ составляет 17 т/г, из них пыли 50%.

Максимальные концентрации определяемых химических элементов и веществ в снежном покрове превышали установленные нормы только по нефтепродуктам в 1,2 раза. Коэффициент концентрации сульфатов по отношению к фону составил – 7,9.

Существенный вклад в загрязнение снежного покрова и поверхностных вод притоков оз. Байкала на участке Слюдянка – Выдрино вносит Восточно-Сибирская железная дорога. Содержание взвешенных веществ, нитритов и меди в снеговой воде превышали значения в контрольных точках в 2,7; 1,6 и 1,7 раз. Концентрации нефтепродуктов, отличались от контрольных в 1,2 раза. Загрязняющие вещества с железнодорожного полотна попадают в оз. Байкал в результате таяния снега и смыва атмосферными осадками.

Показатель кислотности (рН) талого снега 2015 г. на территории г. Слюдянка составил 6,8; на территории п. Култук – 6,7; в фоновом районе – 6,4. Зона загрязнения снежного покрова для г. Слюдянка проходит в радиусе от 0 до 5 км. На территории города Слюдянка среднее содержание сульфатов составило 2,6 фона.

Поселок **Листвянка** расположен на северо-западном берегу южного Байкала вблизи истока Ангары. Население составляет 2,3 тыс. человек. Промышленные предприятия со значительными выбросами отсутствуют. Влияние на загрязнение атмосферного воздуха оказывает судоверфь, мелкие котельные, печное отопление жилого сектора и выбросы автотранспорта. Суммарные выбросы в атмосферу от этих предприятий в пределах 40 – 50 т/год. Среднегодовые концентрации токсических веществ ПДК не достигали. Максимальные разовые концентрации в отдельные дни достигали: по взвешенным веществам в 2,2 ПДК, диоксиду азота – 8,1 ПДК, диоксиду серы – 8,1 ПДК.

Величина рН снега 2015 г. варьирует от 5,8 до 6,3. Минерализация талой воды достигает 14,9 мг/л. Содержания хлоридов в талой воде колеблется от 2,59 до 5,25 мг/л; натрия – от 0,34 до 1,38; калия – от 0,3 до 1,2; кальция от 0,6 до 2,8 мг/л; магния от 0,12 до 0,23 мг/л.

По результатам снегогеохимической съемки установлены достаточно высокие содержания хлоридов, нитратов, калия и натрия в снеге по отношению к фону (Кк = 1,4; 14; 4; 4,7 соответственно), что свидетельствует о поступлении их соединений из атмосферы, аэрозоли которых оседают на поверхность, поскольку в поселке в основном печное отопление.

При сопоставлении современного ионного состава этих компонентов с имеющимися литературными данными гидрохимической структуры атмосферных осадков п. Листвянка за 5-летний период (Воробьева и др., 2010) установлен значительный рост абсолютных и относительных значений концентрации хлоридов, сульфатов, нитратов, калия и натрия. Этот современный тренд формируется преимущественно под воздействием техногенных потоков от промышленных районов Верхнего Приангарья.

Основными предприятиями п. **Култук** являются Култукский мясокомбинат, автотранспортное предприятие и нефтебаза. Ежегодное количество выбросов в атмосферу колеблется в пределах 416 т. Атмосферный воздух в наибольшей степени загрязнен пылью. Среднегодовые концентрации токсических веществ ПДК не достигали. Максимальная концентрация взвешенных веществ в отдельные дни достигала 2,8 ПДК.

В районе пос. Култук – г. Слюдянка основными, загрязняющими снежный покров на озере и побережье, как и в предыдущие годы, остаются техногенная пыль (взвешенное вещество) и сульфаты. На территории п. Култук среднее значение загрязнения сульфатами снежного покрова составляло 7,9 фона. Высокий уровень содержания этих веществ сохранялся в снежном покрове вдоль трассы г. Байкальск – г. Кабанск. В районе пос. Култук – г. Слюдянка концентрации нефтепродуктов вблизи п. Култук колебались от 0,01 до 0,06 мг/л, взвешенных веществ от 17 до 146 мг/л достигая максимума на прибрежной к берегу точке в районе Култука и Слюдянки. Содержание железа и бария в талых водах снега в черте п. Култук превышали фоновое значение в 18,7 и 1,6 раз. По сравнению с прошлым годом уменьшилось содержание хлора в снежном покрове.

В целом, экосистема южной части озера и побережья Байкала продолжает находиться под сильным влиянием выбросов в атмосферу предприятий Байкальска, Листвянки, Слюдянки и транспортной магистрали, пролегающей вдоль побережья.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты опробования и химического анализа снежного покрова Южной котловины оз. Байкал и прилегающей территории выявили аномалии, приуроченные к долине р. Ангары и прибрежным населенным пунктам (Листвянка, Слюдянка, Култук, Байкальск) с повышенными коэффициентами контрастности для следующих химических элементов и веществ: F – 7,5; Cl – 2,0; SO₄ – 9,2; NO₂ – 12,8; NO₃ – 19,5; PO₄ – 18,3; K – 4,3; Na – 8,2; NH₄ – 30; Mo – 4,2; Mn – 6,8; Ba – 12,4; Al – 5,4; Pb – 3; Ni – 3; Cu – 3; Be – 4; V – 6; Fe – 7,3; Si – 19,5; Zn – 6,6; Sr – 3,9; Ti – 3,5; Hg – 2,7; нефтепродукты – 4 (превышение фона). Следует отметить, что фоновые концентрации большинства химических элементов очень низкие, ниже ПДК в десятки – тысячи раз. По некоторым компонентам, например, фтор ощущается дефицит, который активно пополняется за счет развитой алюминиевой промышлен-

ности в регионе. Содержания NH_4 , Pb, Be, Hg и нефтепродуктов в снеговой воде превышают ПДК соответственно в 24, 4, 6, 2, 3 раза.

По комплексности и интенсивности аномалии наиболее развитых Иркутско-Черемховского и Южнобайкальского промышленных узлов относятся к техногенным и являются следствием выброса в атмосферу самых разнообразных производств химической, топливно-энергетической и металлургической промышленности. Вблизи п. Листвянка наблюдается повышенное содержание ионов фтора и некоторых тяжелых металлов в снеговой воде, которые свойственны техногенным выбросам алюминиевой промышленности. Однако вблизи самого алюминиевого завода концентрации этих химических элементов в жидкой фазе снега выше, чем в п. Листвянка в десятки и сотни раз (более 90%). Следовательно в прибрежной зоне поселка преобладает локальное загрязнение, свойственное печному отоплению, а региональное – составляет не более 10%.

Сравнивая данные за пятилетний период можно сделать вывод, что наблюдается тенденция увеличения содержания сульфатов, нитратов, фтора и некоторых тяжелых металлов, при некотором снижении концентрации кальция, магния и калия в снеговой воде акватории оз. Байкал. Из данных видно, что за последние 5 лет произошло небольшое увеличение регионального загрязнения (в 1,1 – 2 раза по отдельным компонентам). Хотя данные за последние 15 лет показывают, что в конце 1990-х и начале 2000-х годов происходило уменьшение загрязнения в 2 раза, что было связано со

спадом промышленного производства [2, 3, 10, 11 и др.].

Список литературы

1. Белозерцева И.А. Мониторинг загрязнения окружающей среды в зоне воздействия ИркАЗа // Вода: химия и экология. – 2013. – № 10. – С. 33-38.
2. Белозерцева И.А., Матушкина О.А. Загрязнение атмосферы // Экологически ориентированное планирование землепользования в Байкальском регионе. Байкальская природная территория. – Иркутск: ИГ СО РАН, 2002. – С. 31-37.
3. Ветров В.А., Кузнецова А.И. Микроэлементы в природных средах региона озера Байкал. – Новосибирск: Наука, 1997. – 237 с.
4. Воробьева И.Б., Напрасникова Е.В., Власова Н.В. Исследование гидрогеогенных компонентов Юго-Западного побережья Байкала (эколого-геохимический аспект). Лед и снег. – 2010. – № 2. – С. 56-60.
5. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2011-2013 году». Министерство природных ресурсов и экологии РФ, 2012-2014. <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/list.php?part=1101>.
6. Киселев В.Я. Карты загрязнения снежного покрова в Иркутской области и на Южном Байкале: Вклейка. Волна. – 1997. – № 2(11). – С. 30.
7. Коваль П.В., Гребенщикова В.И., Китаев Н.А. и др. Геохимия окружающей среды Прибайкалья // Геология и геофизика. – 2000. – Т. 41, № 4. – С. 571-577.
8. Кузьмин В.А. О химическом составе верховых торфяников и снега Южного Прибайкалья (в связи с проблемой загрязнения окружающей среды) // География и природные ресурсы. – 1999. – № 3. – С. 59-65.
9. Ломоносов И.С., Гапон А.З., Арсентьева Л.Г. Иркутский промышленный район – г. Иркутск, Ангарск, Шелехов // Экогеохимия городов Восточной Сибири. – Якутск: Институт мерзлотоведения СО РАН, 1993. – С. 25-37.
10. Оболкин В.А., Нецветаева О.Г., Голобокова Л.П., Потемкин В.Л., Зимник Е.А., Филиппова У.Г., Ходжер Т.В. Результаты многолетних исследований кислотных выпадений в районе Южного Байкала // География и природные ресурсы. – 2013. – № 2. – С. 66-73.
11. Ходжер Т.В., Сороковикова Л.М. Оценка поступления растворимых веществ из атмосферы и с речным стоком в озеро Байкал // География и природные ресурсы. – 2007. – № 3. – С. 185-191.