

ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ И СОДЕРЖАНИЕ ФТОРА В СНЕГЕ НА АКВАТОРИИ ОЗ. БАЙКАЛ

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

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, belozia@mail.ru;

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Иркутский государственный университет»

В работе дан обзор научной литературы по загрязнению атмосферы и снега Байкальского региона. Дана характеристика основных источников и приоритетных загрязнителей, расположенных в центральной зоне Байкальской природной территории (БПТ). Приводятся данные многолетних исследований авторов техногенного воздействия на окружающую среду вблизи алюминиевого производства, а также многолетние геоэкологические исследования в Южной акватории оз. Байкал. В 2015 г. авторами проведена снегохимическая съемка центральной зоны БПТ. По этим данным построена карта загрязнения атмосферы БПТ. На ней показаны зоны загрязнения среды с 2- и 10-кратным превышением фона, валовые выбросы, промышленные источники и их вклад в загрязнение атмосферы. Загрязнение атмосферного воздуха акватории оз. Байкал по результатам снегомерных съемок и химико-аналитических работ отмечается вблизи прибрежных населенных пунктов Листвянка, Култук, Байкальск, Слюдянка, Усть-Баргузин, Северобайкальск, Нижнеангарск и в устье р. Селенга. Однако фоновые содержания большинства изученных химических элементов и веществ в Байкальском регионе низкие, ниже ПДК в десятки и тысячи раз.

Ключевые слова: оз. Байкал, техногенез, загрязнение атмосферы и снега

POLLUTION OF AN ATMOSPHERE AND THE MAINTENANCE OF FLUORINE IN A SNOW OF LAKE BAIKAL WATER AREA

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

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

²Irkutsk state university, Irkutsk, Russia

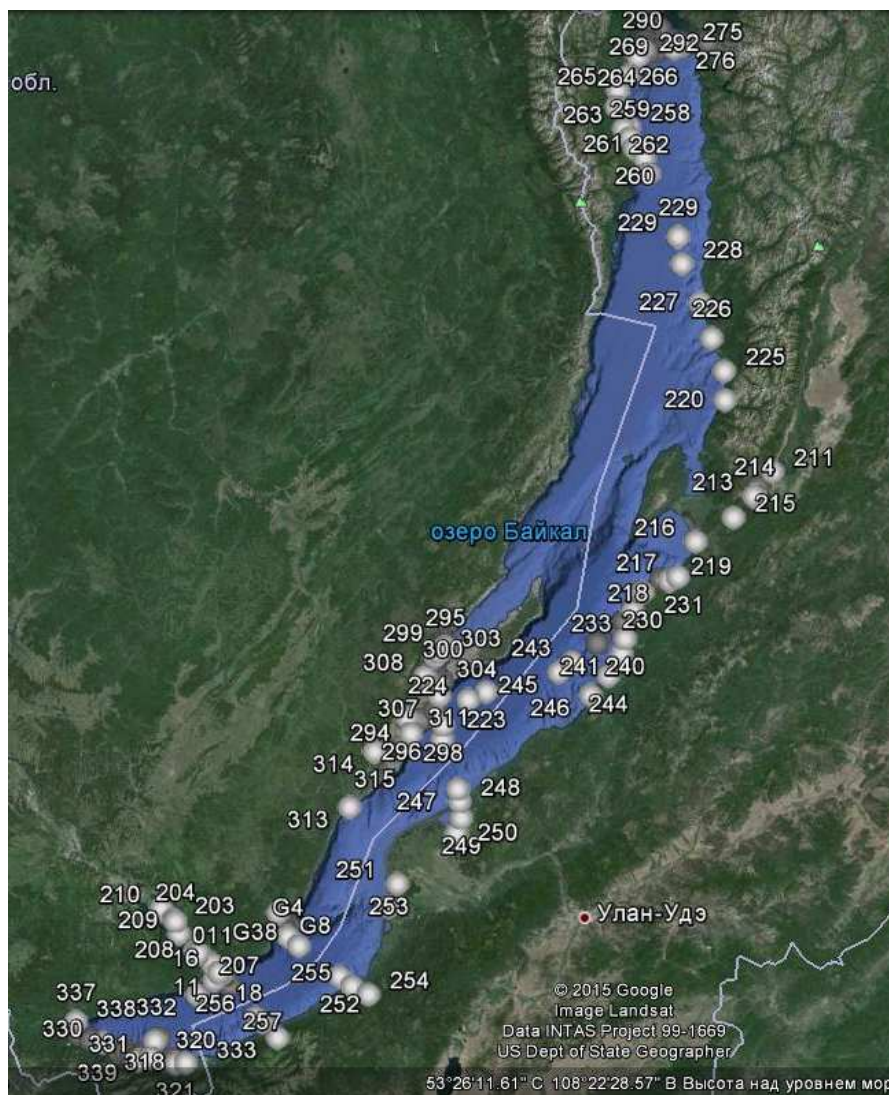
There is the review of the scientific literature about pollution of an atmosphere and a snow of the Baikal region in this work. There is a characteristic of the basic sources and priority pollution, located in the central zone of the Baikal natural territory (BNT). There are data of long-term researches of authors of technogenic influence on an environment near to aluminium manufacture, and also long-term geoecological researches in Southern water area of lake Baikal. Per 2015 authors lead snow and chemical shooting of central zone BNT. On these data the card of atmosphere pollution of BNT is constructed. On these zones of environmental pollution with 2 and 10-fold excess of a background, total emissions, industrial sources and their contribution to atmospheric pollution are shown. Pollution of atmospheric air of lake Baikal water area by results of snow shootings and chemical-analytical works is marked near to coastal settlements Listvjanka, Kultuk, Baikalsk, Slyudyanka, Ust-Barguzin, Severobajkalsk, Nizhneangarsk and in a mouth river Selenga. However, background maintenances of the studied chemical elements and substances in the Baikal region are low, and below maximum concentration limits in tens - thousand times.

Keywords: Lake Baikal, technogenesis, pollution of an atmosphere and a snow

Материалы и методы исследований

Снежный покров, обладающий высокой сорбционной способностью, представляется наиболее информативным объектом при выявлении техногенного загрязнения атмосферы. В зимний и весенний периоды 2015 г. авторами проведен отбор проб снега с целью выявления загрязнения атмосферного воздуха в центральной зоне Байкальской природной территории. Наблюдения с отбором проб образцов осуществлялись по системе ключевых площадок с учетом источников атмосферного загрязнения и розы ветров. Всего отобрано 159 проб снега

оз. Байкал и с прилегающей территории. На момент отбора проб период снегонакопления составил 131–140 дней. В таблице 1 приведены сведения о координатах точек отбора проб, а также содержание фтора в снеговой воде. Места отбора проб показаны на рисунке 1.



● — ключевой участок отбора проб снега; 238 – номер площадки.

Рис. 1. Схема ключевых площадок (февраль-март 2015 г.)

Таблица 1

Местоположение площадок отбора проб и содержание фтора в снеговой воде

№ пл	Местоположение	Содержание F ⁻ , мг/дм ³
2	2 км на Ю-В от п. Листвянка, оз. Байкал	0,105
5	1 км на Ю-В от п. Листвянка, берег оз. Байкал	0,156
10	напротив п. Листвянка, оз. Байкал	0,025
010	исток р. Ангара	0,291
11	напротив п. Листвянка, оз. Байкал	0,110
011	п. Никола, трасса Иркутск - Листвянка	0,141
16	1 км на С-З от п. Листвянка, оз. Байкал	0,200
18	напротив п. Листвянка, оз. Байкал	0,029
38	п. Листвянка, берег оз. Байкал	0,165
41	п. Листвянка	0,102
G3	падь Семениха, Бол. Голоустное	0,093
G4	п. Бол. Голоустное, оз. Байкал	0,074
G5	2 км на Ю-З от Бол. Голоустного	0,022
G7	Бол. Голоустное, берег оз. Байкал	0,216
G8	по трассе Иркутск - Бол. Голоустное	0,033

G37	п. Бол. Готоустное, оз. Байкал	0,032
G38	п. Бол. Готоустное, оз. Байкал	0,029
G39	2 км на Ю-В от Бол. Голоустного	0,094
20	0,5 км на Ю-В от Иркутского алюминиевого завода (ИрКАЗ)	60,050
21	1 км на Ю-В от ИрКАЗа	52, 005
22	2 км на Ю-В от ИрКАЗа	18, 020
23	6 км на Ю-В от ИрКАЗа	2,400
24	20 км на Ю-В от ИрКАЗа	2,120
201	около дач Лебединка по трассе Иркутск — Листвянка	0,159
202	пойма р. Королок по трассе Иркутск — Листвянка	0,155
203	пойма р. Королок по трассе Иркутск Листвянка	0,149
204	водораздел м/у р. Королок и Бурдаковка по трассе Иркутск — Листвянка	0,245
205	за границей пос. Никола по трассе Иркутск — Листвянка	0,284
206	дач. п. Ангарские Хутора по трассе Иркутск — Листвянка	0,230
207	около д. Б. Речка по трассе Иркутск — Листвянка	0,113
208	водораздел м/у р. Черна и Щеглова по трассе Иркутск — Листвянка	0,350
209	пойма р. Бурдугуз по трассе Иркутск — Листвянка	0,462
210	Патроны по трассе Иркутск — Листвянка	0,380
211	р. Нестериха (Баргузинская котловина)	0,131
212	р. Гремячая (Баргузинская котловина)	0,070
213	р. Баргузин (русло, Баргузинская котловина)	0,055
214	109 м от пл. № 213 (Баргузинская котловина)	0,052
215	м/у Зорино и Адамово (Баргузинская котловина)	0,058
216	Усть-Баргузин (дельта р. Баргузин)	0,061
217	Склон к долине р. Духовная	0,099
218	источник на берегу Байкала	0,120
219	окраина с. Максимиха, оз. Байкал	0,135
220	Устье р. Бол. Черемшанка	0,095
221	12 км на З от о. Ольхон, оз. Байкал	0,076
222	мыс в 3 км от с. Максимиха, берег	0,079
223	За о. Ольхон, оз. Байкал	0,050
224	Ольхонские ворота, за о. Ольхон, оз. Байкал	0,060
225	устье р. Кулдалды, оз. Байкал	0,077
226	устье р. Сосновка	0,072
227	устье р. Большая	0,061
228	напротив устья р. Кабанья, оз. Байкал	0,068
229	профиль в северной части оз. Байкал	0,082
230	мыс Телегина, берег	0,075
231	мыс Телегина, берег	0,072
232	с. Катково, оз. Байкал	0,070
233	долина р. Переемная	0,083
234	долина р. Переемная	0,080
235	7 км Ю-З от Катково, берег	0,060
236	залив мыс Катково, оз. Байкал	0,048
237	залив мыс Катково, берег	0,050
238	залив мыс Катково, оз. Байкал	0,045
239	залив мыс Катково, берег	0,074
240	р. Безымянка	0,061
241	Горячинск, оз. Байкал	0,093
242	с.Турка, оз. Байкал	0,098
243	напротив с. Турки, оз. Байкал	0,060
244	7 км от Турки, берег	0,067
245	напротив мыса Гремячински, оз. Байкал	0,082
246	мыс Гремячински 3 км от с Гремячинск, берег	0,073
247	12 км от д.Дулан, оз. Байкал	0,121
248	10 км от д.Дулан, берег	0,080
249	д. Оймур на против впадения р. Оймур, оз. Байкал	0,122
250	д. Оймур, оз. Байкал	0,054
251	с. Итомино, оз. Байкал	0,104
252	м\у Бабушкиным и Ключевкой, оз. Байкал	0,102
253	перед с Посольское, берег	0,133
254	За с. Бабашкин, оз. Байкал	0,155
255	м\у Бабушкиным и Ключевкой, оз. Байкал	0,092
256	напротив устья р. Переемной, оз. Байкал	0,130
257	в 100 м от устья р. Переемной, оз. Байкал	0,116

258	с Байкальское, оз. Байкал	0,025
259	мыс Котельниковский, оз. Байкал	0,016
260	15 км от мыса Котельниковский	0,022
261	20 км от Горячей губы	0,020
262	напротив Горячинской губы, на оз.Байкал в 30 км	0,070
263	река Рель	0,027
264	озеро Слюдяное	0,047
265	Онокочанская губа, оз. Байкал	0,090
266	Онокочанская губа, берег	0,081
267	губа Сеногда, оз. Байкал	0,105
268	губа Сеногда, берег	0,093
269	около пионер. лагеря, напротив пос Заречный, оз. Байкал	0,095
270	коло пионер. лагеря, напротив пос Заречный, оз. Байкал	0,090
271	по дороге от Байкала к пос Заречный 500 метров от предыдущей точки	0,091
272	Дагарская губа, берег	0,028
273	Дагарская губа, оз. Байкал	0,025
274	напротив Дагарской губы, оз. Байкал	0,078
275	напротив Дагарской губы, оз. Байкал	0,082
276	напротив Дагарской губы, оз. Байкал	0,036
277	Нижнеангарск, Ярки	0,030
278	южная граница Нижнеангарска по дороге Нижнеангарск – Северобайкальск, оз. Байкал	0,020
279	южная граница Нижнеангарска по дороге Нижнеангарск – Северобайкальск, берег	0,019
280	по дороге Нижнеангарск – Северобайкальск, оз. Байкал	0,125
281	по дороге Нижнеангарск – Северобайкальск, берег	0,095
282	по дороге Нижнеангарск – Северобайкальск, оз. Байкал	0,090
283	по дороге Нижнеангарск – Северобайкальск, оз. Байкал	0,085
284	по дороге Нижнеангарск – Северобайкальск, берег	0,070
285	между Нижнеангарском и Северобайкальском, оз. Байкал	0,075
286	между Нижнеангарском и Северобайкальском, оз. Байкал	0,093
287	между Нижнеангарском и Северобайкальском, оз. Байкал	0,021
288	по дороге Нижнеангарск – Северобайкальск	0,018
289	по дороге Нижнеангарск – Северобайкальск, оз. Байкал	0,064
290	по дороге Нижнеангарск – Северобайкальск, берег	0,060
291	по дороге Нижнеангарск – Северобайкальск, оз. Байкал	0,062
292	северная граница Северобайкальска, оз. Байкал	0,095
292-1	северная граница Северобайкальска, оз. Байкал	0,090
293	северная оконечность оз. Курма, оз. Байкал	0,059
294	20 км от пр. Ольхонские ворота	0,100
295	Курминский залив, оз. Байкал	0,090
296	За Малым морем, оз. Байкал	0,100
297	Курминский залив, берег	0,078
298	За Малым морем, оз. Байкал	0,088
299	Курминский залив, берег	0,084
300	м/ м. Уюга и Хадарта, залив Хагдан-Далай, оз. Байкал	0,080
301	мыс Хадарта, оз. Байкал	0,085
302	Малое море, берег	0,103
303	Малое море, берег	0,022
304	Малое море, оз. Байкал	0,097
305	Малое море, берег	0,029
306	18 км от пр. Ольхонские ворота	0,029
307	За Малым морем, оз. Байкал	0,064
308	Шида	0,015
309	ур. Кулура (Байкал)	0,016
310	пролив Ольхонские ворота (Байкал)	0,045
311	оз. Холбо-Нур	0,080
312	оз. Шадар-Нур	0,082
313	Бугульдейка, оз. Байкал	0,020
314	Приморский хребет	0,027
315	Приморский хребет	0,022
316	Приморский хребет	0,019
317	Байкальск, оз. Байкал	0,020
318	д. Паньковка, оз. Байкал	0,026
319	д. Мурино, оз. Байкал	0,038

320	напротив Байкальска, оз. Байкал	0,068
321	1,5 км от д. Муринов в сторону трассы М 55, ж/д	0,097
322	ост пункт 5358, оз. Байкал	0,105
323	Байкальск, около БЦБК, оз. Байкал	0,047
324	напротив Байкальска, оз. Байкал	0,030
325	Байкальск, центральная часть, парк	0,040
326	напротив Байкальска, оз. Байкал	0,026
327	Бабха, берег оз. Байкал	0,091
328	Утулик, оз. Байкал	0,074
329	200 м от ст. Ореховая падь, оз. Байкал	0,060
330	Мангутай, оз. Байкал	0,048
331	В 7 км от Байкальска на Восток	0,950
332	По старой железной дороге, оз. Байкал	0,060
333	долина р. Переемной	0,029
334	устье р. Переемной	0,030
335	400 м от ст Садовая, оз. Байкал	0,035
336	Слюдянка, оз. Байкал	0,111
337	п. Култук ул. Набережная, оз. Байкал	0,030
338	п. Култук, в 500 м от метеостанции, оз. Байкал	0,032
339	Байкальск	0,066
340	ТЭЦ на территории бывшего БЦБК	0,060

Аналитические работы проводились в Институте географии им. В.Б. Сочавы СО РАН в лабораторных условиях по стандартизованным методикам на современном аналитическом оборудовании, имеющем государственный сертификат. Концентрации основных анионов и катионов в снеговой воде определены стандартными химическими методами с учетом требований ГОСТов, поступление химических элементов в центральную зону Байкальской природной территории через атмосферу за зимний период рассчитано с учетом запасов снежного покрова. Содержание подвижных форм металлов установлено количественным атомно-эмиссионным спектральным методом на приборе Optima 2000DV. Содержание фтора измерялось на иономере Н-120 с применением фтор-селективного электрода. Нефтепродукты определены на флюорате. Содержание ртути определили в лаборатории экологического мониторинга природных и техногенных сред ИрГТУ.

При зонировании учитывались опубликованные работы сотрудников ИГ СО РАН: Воробьевой и др. [8-10], Снытко и Афониной [40], Нечаевой и др. [35,36], Нечаевой и Макарова [34], Щетникова [46], Белозерцевой и Матушкиной [5], Белозерцевой [3, 4], Башалхановой [1] и др.; Лимнологического института СО РАН: Ходжер [43], Ходжер и Сорокиной [44], Оболкина и др. [37], Грачева [18, 19] и др.; института Геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН: Гребенщиковой и др. [11], Коваль и др. [26, 47], Коваль и Белоголовой [25], Королевой и др. [28], Ветрова, Кузнецовой [7]; ПГО «Сосновгеологии»: Киселева [24], Ломоносова и др. [30]; Байкальского института рационального природопользования СО РАН: Михеевой [32, 33], Тулохонова [42]; Белоголова [2] и др., материалы комитетов природных ресурсов по Иркутской, Читинской областям и Республики Бурятия, Бурятского республиканского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Читинского территориального управления по гидрометеорологии и

мониторингу окружающей среды, Министерства природных ресурсов и экологии Иркутской области, России [12-17, 41].

По данным исследования снегосъемки 2015 г. с привлечением материалов авторов, проведенных ранее, а также опубликованных работ сотрудников различных исследовательских институтов, перечисленных выше, была построена карта атмосферного загрязнения Байкальской природной территории (рис. 2).

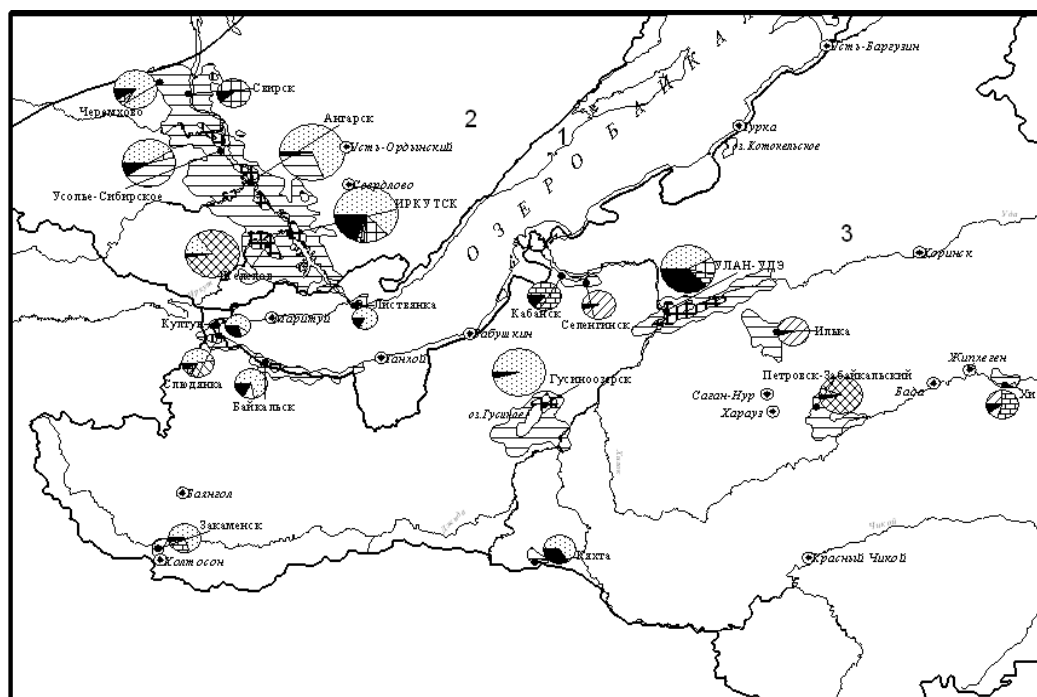
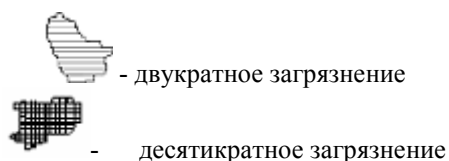
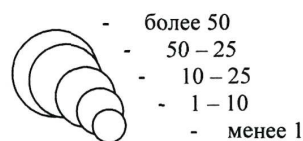


Рис. 2. Загрязнение атмосферы Байкальской природной территории

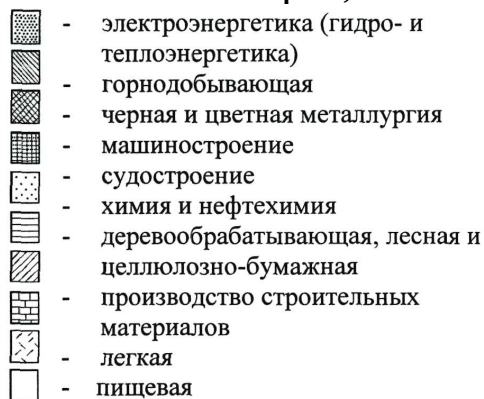
Загрязняемые площади



Выбросы в атмосферу, тыс. тонн в год



Вклад различных отраслей промышленности в валовые выбросы, %



■ вклад автотранспорта в валовые выбросы, %

⊙ немасштабные условные знаки ореолов загрязнения (1–10 км²)

— границы зон Байкальской природной территории (БПТ)

Зоны БПТ:

- 1 – центральная
- 2 – атмосферного влияния
- 3 – буферная

На карте показаны зоны загрязнения атмосферы Байкальской природной территории по снежному покрову с 2- и 10-кратным превышением фона, валовые выбросы, промышленные источники и их вклад в загрязнение атмосферы. Ореолы оконтурены изолинией загрязненности, в 2 и 10 раз превышающей значения на ближнем фоне по сумме пяти приоритетных элементов. На карте количество выбросов в атмосферу отмечено круговой диаграммой для источников с выбросами более 1 тыс. т/год. В диаграмме показана доля (%) различных отраслей промышленности в валовых выбросах. Ореолы с источниками выбросов менее 1 тыс. т/год имеют незначительную площадь в данном масштабе (от 1 до 10 км², кроме пос. Листвянка, Култук) и обозначены отдельными условными знаками. Немасштабное загрязнение менее 1 км², которое приурочено в основном к поселкам, не отмечено, так как не оказывает существенного влияния на Байкальскую природную территорию.

Основные источники атмосферного воздействия на оз. Байкал – это расположенные в бассейне и по берегам озера промышленные предприятия, участки Транссибирской и Байкало-Амурской железнодорожной магистрали, воздушный перенос загрязнений из Иркутско-Черемховского промузла. Самую высокую вероятность (от 10 до 100%) попадания в озеро имеют воздушные выбросы предприятий и котельных городов Байкальска, Слюдянки, Северобайкальска, Нижнеангарска и поселков, расположенных в котловине Байкала. По многочисленным исследованиям в последние годы выявлено, что значительно меньшую часть общего объема загрязнения атмосферы над Байкалом представляют продукты воздушного переноса от Иркутско-Черемховской агломерации [19] из-за удаленности, большого количества штилей и туманов. Однако наблюдаются локальные

загрязнения при неблагоприятных метеорологических условиях, и создается опасная экологическая ситуация в городах данного промузла. Негативное влияние на экологическую ситуацию оказывают выбросы диоксида серы, оксидов азота, серо- и углеводорода, метилмеркаптана, формальдегида, фенола, производимые прибрежными предприятиями.

Промышленные предприятия и котельные городов Улан-Удэ, Гусиноозерск, Петровск-Забайкальск, Кяхта и других, расположенных в буферной зоне БПТ, существенного влияния на озеро Байкал не оказывают вследствие удаленности, особенностей метеорологических условий и орографических препятствий. Но они имеют влияние на экосистему всего Байкальского региона. Селенгинский целлюлозно-картонный комбинат имеет существенное влияние на озеро Байкал не воздушным путем, а непосредственно по речным стокам.

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 неблагополучной 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. Слабая ветровая активность (среднегодовая скорость 1–3 м/с) также ухудшает 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 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 [20].

По данным проведенной снегогеохимической съемки, а также Иркутского территориального управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды [12-17] сотрудников различных организаций: И.Б. Воробьевой и др. [8-10]; Т.В. Ходжер, Л.М. Сорокиной [44]; В.А. Оболкина и др. [37]; И.С. Ломоносова и др. [30]; Е.Г. Нечаевой, С.А. Макарова [34]; В.Я. Киселева [24]; П.В. Коваль и др. [26,47]; П.В. Коваль, Г.А. Белоголовой [25]; А.И. Щетникова [46]; И.А. Белозерцевой [3, 4] 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, приходится на окрестности Иркутска, Култука и Слюдянки, растворимого остатка – на Усолье и Байкальске. 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).

При сопоставлении химического состава снеговых вод Иркутско-Черемховского промышленного узла [3, 4, 24, 25, 26, 34] с данными для Южного Байкала в участках, удаленных от промышленных центров [7, 16, 29, 37, 44], можно сделать вывод: загрязнение территории от локальных источников распространяется на десятки километров 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 Култука, Слюдянки и Байкальска. В конце зимы происходит постепенное 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.

Байкальск. Суммарный выброс загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных и передвижных источников города составил 6,5 тыс. т. Вклад автотранспорта в суммарный выброс – 1,3 тыс. т (12,4%). Основной вклад в загрязнение вносят ТЭЦ бывшего ОАО БЦБК и котельные. По сравнению с 2010 г. произошло уменьшение выбросов на 5,6 тыс. т за счет приостановки работы ОАО БЦБК.

Для г. Байкальска характерны значительные колебания величин pH осадков от 4,11 в июне до 7,14 в марте. 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 (табл. 2, 3), 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. 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.

Таблица 3

Фоновое содержание основных ионов и нефтепродуктов в снеговой воде акватории оз. Байкал и прилегающей территории, март 2015 (мг/дм³)

Компонент	Анионы							Катионы					Иниреризация,	Нефте-продукты,
	F ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺		
	мг/дм³													
Среднее содержание	0,074	4,02	3,82	4,66	-	0,001	-	2,87	0,57	0,51	0,97	-	23,7	0,037
ПДК, ОДК ГОСТ 2874-82, ГН 2.1.5.1315-03	0,7-1,5	-	350	500	-	130	0,001	180	50	40-50	120-200	0,40	-	0,050

Таблица 4

Фоновое содержание макро- и микроэлементов в снеговой воде акватории оз. Байкал и прилегающей территории, март 2015 (мг/дм³, мкг/дм³)

Хим. элемент	Mo	Mn	Ba	Al	Pb	Ni	Cu	Be	V	Cr	Fe	Si	Zn	Sr	Ti	Co	Cd	Hg
	мг/дм ³																	мкг/дм ³
Среднее содержание	0,005	0,008	0,004	0,018	0,0015	0,001	0,002	0,001	0,002	0,002	0,0116	0,088	0,005	0,010	0,002	0,001	0,001	0,25
ПДК, ОДК ГОСТ 2874-82, ГН 2.1.5.1315-03	0,25	0,1	0,7	0,5	0,001	0,02	1,0	0,002	-	0,05	0,3	10	5,0-1,0	7	-	0,1	0,001-0,005	0,3-0,5

Площадь загрязнения взвешенными веществами и сульфатами составила около 45 км². По сравнению с 2011 г. площадь загрязнения взвешенными веществами снизилась в 2,1 раза, сульфатами — в 1,7 раз. По сравнению с 2010 г. 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 г. 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.

Слюдянка. Этот город расположен на юго-западном берегу оз. Байкал в его крутой излучине. Производственная основа города – предприятия промышленности строительных материалов, металлообработки. Здесь находится одна из крупных вагонопассажирских 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», Слюдянское 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 интенсивным пыле- и газовыделением. 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 м 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 в 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.

Листвянка. 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 оказывают судоверфь, мелкие котельные, печное отопление жилого сектора и выбросы автотранспорта. Суммарные выбросы в атмосферу от этих предприятий составляют в пределах 40–50 т/год. Среднегодовые концентрации токсических веществ ПДК

не достигали. Максимальные разовые концентрации в отдельные дни достигали: по взвешенным веществам — 2,2 ПДК, диоксиду азота – 8,1 ПДК, диоксиду серы – 8,1 ПДК.

Величина pH снега 2015 г. варьирует от 5,8 до 6,3. Минерализация талой воды достигает 14,9 мг/л. Содержание 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 установлено достаточно высокое содержание хлоридов, нитратов, калия и натрия в снеге по отношению к фону ($K_k = 1,4; 14; 4; 4,7$ 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 [9, 10] 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.

Поселок **Култук**. Основными предприятиями 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 веществами, 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 превышало фоновое значение в 18,7 и 1,6 раз соответственно. 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.

Нижнеселенгинский промышленный узел

Формирование на территории Бурятии высокого уровня загрязнения атмосферы обусловлено выбросами предприятий энергетики, целлюлозно-бумажной промышленности, а также наличием в холодный период года длительных периодов с неблагоприятными для рассеивания примесей метеорологическими условиями, которые создаются на территории Забайкалья, чаще в зимний период при действии антициклона, когда мощные инверсии температуры образуют задерживающий слой, распространяющийся на сотни километров и препятствующий переносу примесей в верхние слои атмосферы.

Ареал Нижнеселенгинского промузла занимает западную часть Кабанского района Бурятии, и вытянут вдоль левобережья р. Селенги. Здесь имеются два крупных промышленных центра – поселки Селенгинск и Кабанск.

Основной вклад в выбросы загрязняющих веществ в атмосферу в п. **Селенгинск** вносит ОАО «Селенгинский целлюлозно-картонный комбинат», который составляет более 90%. Сероуглерод и формальдегид в выбросах ОАО «Селенгинский ЦКК» не содержатся. Источниками загрязнения атмосферы пылегазовыбросами служат цехи самого комбината, локомотивы и автотранспорт. Выбросы вредных веществ в атмосферу от стационарных источников загрязнения составляют 3,2 тыс. т в год, в том числе твердых взвешенных веществ 1,3 тыс. т; диоксида серы 0,8 тыс. т; окиси углерода 0,8 тыс. т; окислов азота – 0,2 тыс. т; углеводов – 0,004 тыс. т. Основной вклад в загрязнение атмосферного воздуха вносит Селенгинский ЦКК (около 100%). Приоритетными загрязнителями явились сероуглерод (2,5 ПДК), формальдегид (2,9 ПДК), фенол (1,1 ПДК). От предприятий ЖКХ, транспорта, материально-технического снабжения загрязняющие вещества поступают в атмосферу без очистки.

В поселке Каменск в 2013 г. выбросы вредных веществ в атмосферу от стационарных источников составили 3,9 тыс. т (2012 г. – 3,8 тыс. т) в том числе: твердых веществ – 1,8 тыс. т; диоксида серы – 0,5 тыс. т; окиси углерода – 1,2 тыс. т; окислов азота – 0,3 тыс. т. Основной вклад в загрязнение атмосферного воздуха от стационарных источников вносят предприятия производства прочих неметаллических минеральных ресурсов (74,8%) и ОАО ТГК-14 «Генерация Бурятии» Тимлюйская ТЭЦ (17,8%).

Общая степень улавливания вредных веществ составляет 94,3%, в том числе на предприятиях производства, передачи и распределения электроэнергии, газа, пара и горячей воды – 84,7%, на предприятиях производства прочих неметаллических минеральных продуктов – 95,3%. По сравнению с предыдущим годом увеличились выбросы на предприятиях производства, передачи и распределения электроэнергии, газа, пара и горячей

воды на 0,12 тыс. т, на предприятиях прочих неметаллических минеральных продуктов уменьшились на 0,003 тыс. т.

Реакция снеговых вод (рН) вблизи Селенгинского промышленного узла варьирует от 6,3 до 7,2; содержание HCO_3 , Ca, K, Na, Mo, Mn, Pb, Fe, Zn и Sr превышает фоновые значения в 4, 7, 4, 4, 9, 3, 2, 3, 6 и 2 раза соответственно.

Северобайкальский промышленный узел

Ареал промышленного узла охватывает часть территории Северобайкальского района Бурятии и вытянут в широтном направлении вдоль трассы Байкало-Амурской магистрали. В 1974 г. на северном побережье Байкала построен город Северобайкальск, восточнее его – крупные поселки: Новый Уоян, Ангоя, Янгунан. В целом Северобайкальский район стал огромной строительной площадкой БАМа. Были проведены большие объемы работ с разрушением естественного природного ландшафта. На территории района разработаны 176 карьеров, и лишь 30% из них частично рекультивированы. Строительство поселков велось также без предварительного ввода очистных сооружений, шлакозолоотвалов и т.д. Поселки постоянных жителей района (Нижнеангарск, Уоян и др.) в настоящее время испытывают проблемы с точки зрения экологии и благоустройства.

Очевидно, что г. **Северобайкальск** расположен на БАМе крайне неудачно в экологическом отношении. Промзона, включающая такие объекты, как локомотивное депо, вагонное хозяйство, котельную, площадки разгрузки угля и иное, расположена в непосредственной близости от Байкала (менее чем в 300 м). Экологически не защищена прибрежная полоса вдоль железной дороги по долине рек Тья, Гоуджекит.

Резервов электроэнергетики практически нет. Использование угля ведет к дополнительному загрязнению воздуха. В воздухе Северного Байкала присутствует масса вредных элементов, характерных для крупных промышленных городов Сибири. В г. Северобайкальске – центре промузла – основными загрязнителями атмосферного воздуха являются стационарные источники «Нижнеангарскстрой», ПМК, «ЛенБАМстрой», асфальтобетонный завод.

Значительный объем загрязнения атмосферы города исходит от 26 котельных в связи с повышенным расходом топлива и низким КПД его сжигания. Очистные агрегаты на стационарных источниках выбросов практически отсутствуют. В среднем за год в атмосферу от стационарных источников предприятий г. Северобайкальска поступает 3,1 тыс. т загрязняющих веществ в том числе: твердых веществ – 1,1 тыс. т; окислов азота – 0,2 тыс. т; углеводородов – 0,0005 тыс. т. В атмосферном воздухе города среднегодовая концентрация диоксида азота составила 1,2 ПДК, взвешенных веществ — 1,1 ПДК, по диоксиду серы и оксиду углерода ПДК не превышались. Основной вклад в выбросы диоксида азота в

атмосферу вносят НГИ – 10, локомотивное депо, Северобайкальский ДРСУп (85,8%), Горкоммунэнерго (12,2%). Вклад автотранспорта в валовые выбросы загрязняющих веществ составляет 6,5%.

В п. **Нижнеангарск** валовой выброс вредных веществ в среднем за год составляет около 3 тыс. т/г. В поселке функционирует 22 котельные, в которых сжигается черемховский уголь. При ежегодном расходе около 18 тыс. т угля в атмосферу ежесуточно выбрасывается 5,3 т золы, 2,5 т оксида углерода, 1,3 т диоксида серы.

По данным снегогеохимического опробования снежный покров Северобайкальского промышленного узла имеет преимущественно нейтральную среду: pH изменяется от 6,4 до 7,0, минерализация составляет от 11 до 27 мг/л. Установлены повышенные содержания SO_4 , NO_3 , PO_4 , K, Na, NH_4 , Mo, Mn, Ba, Al, Pb, Ni, Cu, V, Cr, Fe, Si, Sr и нефтепродуктов, превышающие фоновые значения в 55, 6, 12, 4, 6, 9, 3, 5, 3, 4, 4, 8, 3, 3, 5, 5, 14, 6 и 2 раза соответственно. Высокое содержание нитритов, сульфатов, фосфора, калия и натрия установлено на побережье Байкала от устья р. Турка до Баргузинского залива, превышающее фон в 20, 12, 8 и 3 раза.

По данным опубликованных материалов [2, 17, 33, 41, 44] наибольшее загрязнение снежного покрова Республики Бурятия наблюдается рядом с промышленными предприятиями и котельными городов Улан-Удэ, Гусиноозерск, Петровск-Забайкальск, Кяхта и иных, расположенных в буферной зоне БПТ. Однако существенного влияния непосредственно через атмосферу на озеро Байкал они не имеют вследствие удаленности, особенностей метеорологических условий и орографических препятствий.

Таким образом, на северном побережье оз. Байкал формируется единая зона распространения атмосферных загрязнений, вытянутая вдоль оз. Байкал. Площадь ее для города Северобайкальска ориентировочно составляет 150 км, а для п. Нижнеангарск – 60 км. Несмотря на то что содержание отдельных примесей имеет тенденцию к снижению, уровень загрязнения воздушного бассейна республики Бурятия продолжает оставаться высоким.

Основные результаты

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; SO_4 – 9,2; NO_2 – 12,8; NO_3 – 19,5; PO_4 – 18,3; K – 4,3; Na – 8,2; NH_4 – 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, т.е.

находятся в дефиците. Содержание NH_4 , Pb, Be, Hg и нефтепродуктов в снеговой воде превышает ПДК соответственно в 24, 4, 6, 2, 3 раза. Их максимальные концентрации приурочены к береговой зоне акватории озера.

По комплексности и интенсивности аномалии наиболее развитого Южнобайкальского промышленного узла относятся к техногенным и являются следствием выброса в атмосферу самых разнообразных производств химической, топливно-энергетической и металлургической промышленности. В таблице 5 приведены данные поступления фтора через атмосферу в центральную зону Байкальской природной территории.

Таблица 4

Величина pH, минерализация, содержание взвешенных веществ и фтора в снеге акватории оз. Байкал и прилегающей территории

Регион	Содержание	pH	F- мг/дм ³	Взвешенное вещество г/дм ³	Минерализация, мг/дм ³
Снеговая вода, март 2015 (159)*					
Южная котловина оз. Байкал	среднее	6,44	0,127	0,070	10,8
	max	7,14	0,950	0,559	20,1
	min	6,06	0,020	0,001	5,84
Средняя котловина оз. Байкал	среднее	6,42	0,075	0,130	10,9
	max	7,39	0,155	0,690	28,3
	min	6,00	0,015	0,003	5,47
Северная котловина оз. Байкал	среднее	6,44	0,064	0,070	11,8
	max	7,03	0,125	0,192	27,2
	min	5,88	0,016	0,001	5,95
В целом, оз. Байкал	среднее	6,43	0,089	0,09	11,1
Снеговая вода, март 2013 (82)*					
Южная котловина оз. Байкал	среднее	6,20	0,125	0,100	20,8
	max	6,91	0,650	0,190	51,3
	min	4,92	0,010	0,021	5,6
Снеговая вода, март 2010 (85)*					
Южная котловина оз. Байкал	среднее	6,01	0,102	0,103	18,9
	max	6,50	0,305	0,180	42,3
	min	4,92	0,020	0,025	5,9
ПДК, ОДК вод для питьевых и рыбохозяйственных нужд ГОСТ 2874-82, ГН 2.1.5.1315-03			0,7-1,5	-	-

Таблица 5

Поступление химических элементов и веществ в центральную зону Байкальской природной территории через атмосферу за зимний период 2015 г.

Регион	Содержание	F- мг/м ²	Взвешенное вещество г/м ²	Минерализация, мг/м ²
Южная котловина оз. Байкал	среднее	12,7	11,04	1,08
	max	95,0	41,21	2,01
	min	2,0	0,25	0,58
Средняя котловина оз. Байкал	среднее	7,5	15,49	1,09
	max	15,5	80,83	2,83
	min	1,5	0,09	0,55
Северная котловина оз. Байкал	среднее	6,4	15,13	1,18
	max	12,5	70,46	2,72
	min	1,6	0,10	0,60

В целом, оз. Байкал	среднее	8,9	13,94	1,11
------------------------	---------	-----	-------	------

Вблизи п. Листвянка наблюдается повышенное содержание ионов фтора в снеговой воде, что свойственно техногенным выбросам алюминиевой промышленности. Однако вблизи самого алюминиевого завода концентрации фтора 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%.

Результаты проведенных работ в Средней котловине оз. Байкал выявили три района аномальных концентраций химических веществ в снежном покрове. Первый имеет локальное распространение в прибрежной зоне Приольхонья, где наблюдается повышенное содержание химических элементов в снеге, что, по нашему мнению, связано не только с антропогенной нагрузкой вблизи населенных пунктов и турбаз, но и с терригенной пылью пород и почв. Снег легко выдувается на остепненных участках. Оголенные бесснежные остепненные участки Приольхонья, расположенные вдоль берега, имеют относительно большую площадь, с которой сильными ветрами переносятся макро- и микрочастицы почв и пород, характерных для данного региона, на акваторию озера. Данное загрязнение имеет локальный и природный характер. Второй район регионального загрязнения снежного покрова приурочен к долине р. Селенга, по которой переносятся техногенные выбросы Селенгинского промышленного узла. Третий район имеет локальное распространение в районе п. Баргузина и Усть-Баргузина.

Максимальные коэффициенты концентрации химических элементов в снежном покрове Средней котловины оз. Байкал по отношению к фону имеют следующие значения: F – 2,1; SO₄ – 4,4; NO₃ – 9; PO₄ – 20; K – 7; Na – 3,8; NH₄ – 35; Mo – 4,6; Mn – 6,8; Ba – 2,3; Al – 3,5; Pb – 10; Ni – 3; V – 2,3; Cr – 13; Fe – 2,3; Si – 10; Zn – 4,8; Sr – 4,6; Ti – 5; Hg – 3,5; нефтепродукты – 3,5. Содержание NH₄, Hg и нефтепродуктов в снеге превышает ПДК в 7, 3 и 3 раза. Максимальные значения химических элементов имеют локальный характер и приурочены к береговой зоне.

Анализ проведенных работ в Северной котловине оз. Байкал выявил небольшие превышения содержания ионов фтора в снеговой воде (в 1,95 раз), что может считаться в пределах естественных флуктуаций для региона.

Однако выявлены контрастные аномальные содержания SO₄, превышающие фоновые значения в 55 раз; NO₃ – 5,9; PO₄ – 11,6; K – 3,7; Na – 6,1; NH₄ – 8,9; Mo – 2,7; Mn – 4,6; Ba – 3,4; Al – 4,2; Pb – 3,5; Ni – 8; Cu – 3; V – 2,5; Cr – 5; Fe – 5,4; Si – 14; Sr – 6,1; нефтепродуктов — 2,3 раза вблизи гг. Нижнеангарск и Северобайкальск, которые приурочены к береговой зоне. Концентрации NH₄, Pb и нефтепродуктов в снеге превышают санитарно-гигиенические

нормы в 2, 7 и 2 раза соответственно. Основной вклад в загрязнение атмосферы вносят предприятия строительных материалов, котельные и автотранспорт. Загрязнение имеет локальный характер.

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 гг. происходило уменьшение загрязнения в 2 раза, что было связано со спадом промышленного производства [5, 7, 37, 44].

Учитывая поступление химических элементов со снегом (мг/м^2) за зимний период и площадь акватории оз. Байкал, было рассчитано поступление химических элементов через атмосферу (по загрязнению снежного покрова). В таблице 6 показаны данные о содержании взвешенных веществ в воде оз. Байкала и расчетные поступления фтора и пыли из атмосферы.

Таблица 6

Расчетные поступления фтора и пыли на акваторию оз. Байкал
через атмосферу, тонн за зимний период 2015 г. (по загрязнению снежного покрова)

Компонент	Котловина оз. Байкал			Общее кол-во (Σ) оз. Байкал	Общее содержание в воде оз. Байкал, т (Грачёв, 2013)
	Южная	Средняя	Северная		
F	93	75	83	251	-
Пыль (взвешенное нерастворимое вещество)	80861	81016	71726	233603	$1,24 \times 10^{10}$ *

По поступлению нитратов, нитритов, аммония, фосфатов, фтора, алюминия, натрия, бария, молибдена, марганца, свинца, меди, цинка, стронция, ртути и нефтепродуктов на акваторию озера через атмосферу лидирует южная котловина, несмотря на то, что она по площади почти в 2 раза меньше, чем северная. Однако сульфатов, гидрокарбонатов, хлора, кальция, магния, калия поступает немного больше в северную котловину, а бериллия, ванадия, хрома, кобальта — в среднюю, что связано с деятельностью прибрежных предприятий, котельных, ТЭЦ, печным отоплением, выбросами автотранспорта и природным переносом пыли в малозаснеженных районах средней котловины. Из ранее приведенных данных балансовых соотношений химического состава снега видно, что в южной и средней котловинах наблюдается небольшая доля регионального загрязнения (менее 10%). Однако преобладает локальное загрязнение. В северной котловине наблюдается локальное загрязнение.

Рассмотренные материалы свидетельствуют о существенном воздействии промышленных производств на окружающую среду оз. Байкал, проявляющемся на региональном и локальном уровнях. Загрязнение атмосферного воздуха акватории оз. Байкал по результатам снегомерных съемок и химико-аналитических работ отмечается вблизи прибрежных населенных пунктов Листвянка, Култук, Байкальск, Слюдянка, Усть-Баргузин, Северобайкальск, Нижнеангарск и в устье р. Селенга. Однако фоновые содержания большинства изученных химических элементов и веществ в Байкальском регионе низкие, ниже ПДК в десятки и тысячи раз. По некоторым компонентам (например, фтору) ощущается дефицит, который активно пополняется за счет развитой алюминиевой промышленности в регионе.

В общем результаты полевых исследований и химико-аналитические работы согласно санитарно-гигиеническим требованиям показывают относительно удовлетворительное современное состояние окружающей среды Центральной зоны Байкальской природной территории по сравнению с развитыми индустриальными районами страны.

Список литературы

1. Башалханова Л.Б., Буфал В.В., Линевич Н.Л., Трофимова И.Е. Оценка ресурсов климата Забайкалья // VII научное совещание по прикладной географии. Мат. науч. конф. – Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 2001. С. 231–233.
2. Белоголовов В.Ф. Геохимический атлас г. Улан-Удэ. —Улан-Удэ. — Бурят. кн. изд-во, 1989. 52 с.
3. Белозерцева И.А. Техногенное воздействие на снежный покров Верхнего Приангарья // География и природные ресурсы. 1999. № 2. С. 46–51.
4. Белозерцева И.А. Мониторинг загрязнения окружающей среды в зоне воздействия ИркАЗа // Вода: химия и экология. 2013, № 10. С. 33–38.
5. 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.
6. Богданов Ю.А., Купцов В.М., Шевченко В.П. и др. Современные потоки химических элементов из водной толщи в донные осадки озера Байкал // Доклады РАН. 1997. Т. 352, № 1. С. 100–104.
7. Ветров В.А., Кузнецова А.И. Микроэлементы в природных средах региона озера Байкал. Новосибирск: Наука, 1997. 237 с.

8. Воробьёва И.Б., Ломоносов И.С., Гапон А.В., Арсентьева А.Т. Техногенные загрязнения снега и почв // Геоэкологическая характеристика городов Сибири. Иркутск: ИГ СО РАН, 1990. С. 61–71.
9. Воробьёва И.Б., Напрасникова Е.В., Власова Н.В. Эколого-геохимическая оценка системы: снег на льду – лед – подледная вода оз. Байкал // Ледовые и термические процессы на водных объектах России. Архангельск, Институт водных проблем РАН, 2007. С. 87–90.
10. Воробьёва 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.
11. Гребенщикова В.И., Лустенберг Э.Е., Китаев Н.А., Ломоносов И.С. Геохимия окружающей среды Прибайкалья (Байкальский геоэкологический полигон) / Науч. ред. акад. М.И. Кузьмин; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т геохимии им. А.П. Виноградова. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2008. 234 с.
12. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды в Иркутской области в 1991–2002 гг. Иркутск, 1992—2003.
13. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей природной среды Иркутской области в 2003 г. Главное управление природных ресурсов и охраны окружающей среды МПР России по Иркутской области. – Иркутск: Облмашинформ, 2004. — 296 с.
14. Государственный доклад о состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2004 г. МПР РФ, Федеральная служба по надзору в сфере природопользования. – М. – Иркутск: Оперативная типография «На Чехова». 2005. — 350 с.
15. Государственный доклад о состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2005 г. МПР РФ, Федеральная служба по надзору в сфере природопользования. – М.—Иркутск: Оперативная типография «На Чехова». 2006. — 338 с.
16. Государственный доклад о состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2006 г. МПР РФ, Федеральная служба по надзору в сфере природопользования. – М.—Иркутск: Сибирский филиал ФРУНПП «Росгеофонд». 2007. 420 с.
17. 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>
18. Грачёв М.А. О современном состоянии экологической системы озера Байкал. Новосибирск: Изд-во СОРАН, 2002. 156 с.
19. Грачёв М.А. Стратегия охраны озера Байкал и Закон «Об охране озера Байкал». Москва. Лимнологический институт СО РАН. 2013. 36 с. <http://libbabr.com/ext/20798.pdf>

20. Грушко Я.М. Вредные неорганические соединения в промышленных выбросах в атмосферу. Справочник. Ленинградское отделение «Химия». – Ленинград. 1987. 190 с.
21. Зоны хронического загрязнения вокруг городских поселений и вдоль дорог по республикам, краям и областям Российской Федерации: Справочник. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 188 с.
22. Исаев А.А. Экологическая климатология. – М.: Научный мир, 2001. 470 с.
23. Исаченко А.Г. Экологическая география России. – СПб.: Издательский дом СПбГУ, 2001. 328 с.
24. Киселёв В.Я. Карты загрязнения снежного покрова в Иркутской области и на Южном Байкале: Вклейка. Волна. 1997. № 2(11). С. 30.
25. Коваль Г.П., Белоголова Г.А. Антропогенная трансформация природных геохимических распределений Прибайкалья // Глобальные изменения природной среды. – Новосибирск: Наука, 1998. — С. 248–257.
26. 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.
27. Колокольцева Э.М. Морфометрические характеристики Байкала // Мезозойские и кайнозойские озера Сибири. / Под ред. Н.А. Флоренсова, Г.И. Галазия, Г.А. Дмитриевой, А.П. Жузе. М.: Наука, 1968. С. 183–188.
28. Королёва Г.П., Горшков А.Г., Виноградов Т.П., Бутаков Е.В., Маринайте И.И., Ходжер Т.В. Исследование загрязнения снегового покрова как депонирующей среды // Химия в интересах устойчивого развития. М.: Наука, 1998. — С. 227–237.
29. 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.
30. Ломоносов И.С., Гапон А.З., Арсентьева Л.Г. Иркутский промышленный район – гг. Иркутск, Ангарск, Шелехов // Экогеохимия городов Восточной Сибири. Якутск: Институт мерзлотоведения СО РАН, 1993. — С. 25–37.
31. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территории химическими элементами. М.: Изд-во ИМГРЭ, 1982. — С. 112.
32. Михеева А.С. Территориальные особенности антропогенного воздействия на качество атмосферного воздуха (Республика Бурятия). Диссертация.. канд. геогр. наук, Улан-Удэ, 1999. 248 с.
33. Михеева А.С. Загрязнение атмосферы // Антропогенная трансформация природных систем и социально-экономические последствия в бассейне реки Селенги. Министерство

образования и науки Российской Федерации, Бурятский государственный университет, Байкальский институт природопользования СО РАН. Улан-Удэ, 2012. С. 124–133.

34. Нечаева Е.Г., Макаров С.А. Снежный покров как объект регионального мониторинга среды обитания // География и природные ресурсы, 1996, №2. С. 43–48.

35. Нечаева Е.Г., Давыдова Н.Д., Щетников А.И., Кузьмин В.А., Напрасникова Е.В., Семенова Л.Н., Воробьева И.Б., Белозерцева И.А., Дубынина С.С., Антоненко А.М. Тренды ландшафтно-геохимических процессов в геосистемах Юга Сибири. Новосибирск: НАУКА, 2004. 184 с.

36. Нечаева Е.Г., Белозерцева И.А., Напрасникова Е.В., Воробьева И.Б., Дубынина С.С., Давыдова Н.Д., Власова Н.В. Мониторинг и прогнозирование вещественно-динамического состояния геосистем сибирских регионов. Новосибирск: НАУКА, 2010. 315 с.

37. Оболкин В.А., Нецветаева О.Г., Голобокова Л.П., Потемкин В.Л., Зимник Е.А., Филлипова У.Г., Ходжер Т.В. Результаты многолетних исследований кислотных выпадений в районе Южного Байкала // География и природные ресурсы. 2013. № 2. — С. 66–73.

38. Отнесение химических веществ, попадающих в почву из выбросов, сбросов, отходов к классам опасности (по ГОСТ 17.4.1.02-83 «Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения» Госстандарт, М., 1983 г.).

39. Природопользование / География Сибири в начале XXI века: в 6 т. Т. 4. / Под ред. Л.А. Безрукова, Л.М. Корытного. Ин-т географии им. В.Б. Сочавы СО РАН. — Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2014. 494 с.

40. Снытко В.А., Афолина Т.Е. Техногенные потоки углеводородных соединений в геосистемах бассейна оз. Байкал // География и природные ресурсы. 1993, № 2. — С. 68–72.

41. Состояние окружающей природной среды и природоохранная деятельность в Республике Бурятия в 1991–2003 гг. Улан-Удэ, 1992. — 2004.

42. Тулохонов А.К. Байкальский регион: Проблемы устойчивого развития. – Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма Российской Академии наук, 1996. 208 с.

43. Ходжер Т.В. Исследование состава атмосферных выпадений и их воздействия на экосистемы байкальской природной территории. Диссертация на соискание науч. степени доктора географических наук по специальности: 25.00.30. Москва, Лимнологический институт СО РАН. 2005. 305 с.

44. Ходжер Т.В., Сорокикова Л.М. Оценка поступления растворимых веществ из атмосферы и с речным стоком в озеро Байкал // География и природные ресурсы. 2007. № 3. — С. 185–191.

45. Чебаненко Б.Б., Майсюк Е.П. Байкальский регион: пределы устойчивости. – Новосибирск: Наука, 2002. 160 с.

46. Щетников А.И. Геохимический риск: сущность, понятие, оценка // Экологический риск: анализ, оценка, прогноз: Мат. Всероссийск. конф. – Иркутск: ИГ СО РАН, 1998. С. 49–50.
47. Koval P.V., Belogolova G.A., Burenkov E.K., Pampura V.D. The Baikal poligon: international and national projects of geochemical mapping and monitoring of the environment // Russ. Geol. 1993. V. 34, № 10-11. P. 207–220.

Рецензенты:

Напрасников А.Т., д.г.н., профессор кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов Иркутского государственного университета, г. Иркутск;

Абалаков А.Д., д.т.н., профессор Иркутского государственного университета, ведущий научный сотрудник ИГ СО РАН, г. Иркутск.