

А. А. АЮРЖАНАЕВ*, **С. Н. АЮШЕЕВА***, **В. С. БАТОМУНКУЕВ***,
И. А. БЕЛОЗЕРЦЕВА**, **А. Н. БЕШЕНЦЕВ***, **Д. А. ДАРБАЛАЕВА***,
З. С. ЕРЁМКО*, **А. С. МИХЕЕВА***, **С. Г. САНЖИЕВА***, **Б. З. ЦЫДЫПОВ***

*Байкальский институт природопользования СО РАН,
 670047, Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6, Россия, aaayurzhanayev@yandex.ru, ayuscheeva2010@yandex.ru,
 bvalentins@yandex.ru, abesh@mail.ru, darbalaeva@binm.bscnet.ru, zina--90@mail.ru, asmiheeva@binm.
 bscnet.ru, seseg_gd@mail.ru, bz61@mail.ru

**Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН,
 664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1, Россия, beloZIA@mail.ru

ИЗМЕНЕНИЕ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ БАЙКАЛЬСКОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ

Представлены результаты исследований, проведенных в ходе выполнения научно-исследовательской и конструкторской работы «Исследование негативного воздействия выбросов и сбросов вредных (загрязняющих) веществ на Байкальскую природную территорию и разработка научно обоснованных рекомендаций по их регулированию». Оценено изменение количества выбросов от организованных стационарных источников населенных пунктов Байкальской природной территории. Проведены расчеты выбросов автотранспорта в населенных пунктах и вдоль федеральной трассы Иркутск–Улан-Удэ. Определено, что в целом существенно увеличения выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников на указанной территории не наблюдается; выбросы от автотранспорта имеют тенденцию к увеличению в связи с ростом автопарка. Приведена оценка загрязнений по видам хозяйственной деятельности, оказывающих влияние на состояние атмосферного воздуха экосистемы оз. Байкал. Установлено, что наибольший удельный вес в выбросах загрязняющих веществ Байкальской природной территории приходится на производство и распределение электроэнергии, газа и воды, а также на транспорт и связь, обрабатывающие производства, добычу полезных ископаемых. Рассчитаны выбросы от печного отопления населенных пунктов, входящих в центральную экологическую зону исследуемой территории. Дана интегральная оценка объемов выпадения основных загрязняющих веществ на поверхность озера с использованием математических моделей и материалов снегосъемки.

Ключевые слова: атмосферные выбросы, автотранспорт, осадление, источники загрязнения, Байкальская природная территория.

A. A. AYURZHANAIEV*, **S. N. AYUSHEEVA***, **V. S. BATOMUNKUEV***,
I. A. BELOZERTSEVA**, **A. N. BESHENTSEV***, **D. A. DARBALAEVA***, **Z. S. EREMKO***,
A. S. MIKHIEVA*, **S. G. SANZHIEVA***, **AND B. Z. TSYDYPOV***

*Baikal Institute of Nature Management SB RAS,
 670047, Ulan-Ude, Sakhyanovoy str., 6, Russia, aaayurzhanayev@yandex.ru,
 ayuscheeva2010@yandex.ru, bvalentins@yandex.ru, abesh@mail.ru, darbalaeva@binm.bscnet.ru,
 zina--90@mail.ru, asmiheeva@binm.bscnet.ru, seseg_gd@mail.ru, bz61@mail.ru

**V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS,
 664033, Irkutsk, Ulan-Batorskaya str., 1, Russia, beloZIA@mail.ru

CHANGE IN ATMOSPHERIC EMISSIONS OF POLLUTANTS FOR THE BAIKAL NATURAL TERRITORY

Presented are the results of investigations made as part of the R&D program «Investigation of the negative impact of emissions and discharges of harmful (polluting) substances on the Baikal natural territory, and working-out of scientifically grounded recommendations for their regulation». An assessment is made of changes in the amount of emissions from the organized stationary sources in the settlements of the Baikal natural territory. Motor transport emissions are calculated for settlements and along the federal Irkutsk — Ulan-Ude motor road. It is determined that the, in general, study territory does not show any substantial increase in pollutants emissions from stationary sources; motor transport emissions tend to increase because of an increase of the automobile fleet. Pollutions are assessed for the types of economic activity affecting the state of the atmospheric air of Baikal's ecosystem. It is established that the largest contribution to pollutants emissions on the Baikal natural territory is made by the production and distribution of electric energy, gas and water as well as by transport and communication lines, manufacturing industries, and mining of minerals. We calculated the emissions from stove heating in settlements located in the central

ecological zone of the Baikal natural territory. Mathematical models and snow survey data have been used in assessing the volumes of main pollutants depositing on the lake surface.

Keywords: *atmospheric emissions, motor transport, deposition, pollution sources, Baikal natural territory.*

ВВЕДЕНИЕ

Мероприятия по охране оз. Байкал требуют совершенствования методов разработки нормативов предельно допустимых вредных воздействий на уникальную экологическую систему озера, а также определения допустимого объема выбросов и сбросов с использованием современных научных достижений как методического, так и технического характера. Необходимость пересмотра нормативов допустимых воздействий на экосистему Байкала, утвержденных приказом Минприроды России от 5 марта 2010 г. № 63 [1], возникла в связи со значительными изменениями, произошедшими в различных районах Байкальской природной территории (БПТ): ростом антропогенной (рекреационной) нагрузки от туристической отрасли, увеличением выбросов автотранспорта и др. Важнейшее событие — закрытие в 2013 г. ОАО «Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат» (БЦБК), что привело к существенному снижению техногенной нагрузки на Южную котловину Байкала.

В соответствии со статьей 14 Федерального закона «Об охране озера Байкал» [2], предельно допустимый объем сбросов и выбросов вредных веществ должен устанавливаться на основании результатов научных исследований и в целях уменьшения ежегодно пересматриваться с учетом состояния окружающей среды БПТ. При этом, безусловно, должен быть принят в расчет и накопленный опыт работ по установлению нормативов допустимого воздействия на экосистему, а также результаты оценки современного состояния окружающей среды и уровня техногенной нагрузки на Байкальской природной территории.

Для подготовки проекта нормативов предельно допустимого объема сбросов и выбросов вредных веществ, опасных для уникальной экологической системы оз. Байкал, предусматриваются три этапа исследований. На первом должен быть проведен мониторинг системы нормирования и изменения количества выбросов и сбросов загрязняющих веществ (ЗВ) на БПТ. Второй этап предполагает выполнение работ по оценке негативного воздействия выбросов и сбросов. Заключительный третий этап должен завершиться разработкой научно обоснованных нормативов предельно допустимых воздействий на уникальную экологическую систему оз. Байкал и методов их определения.

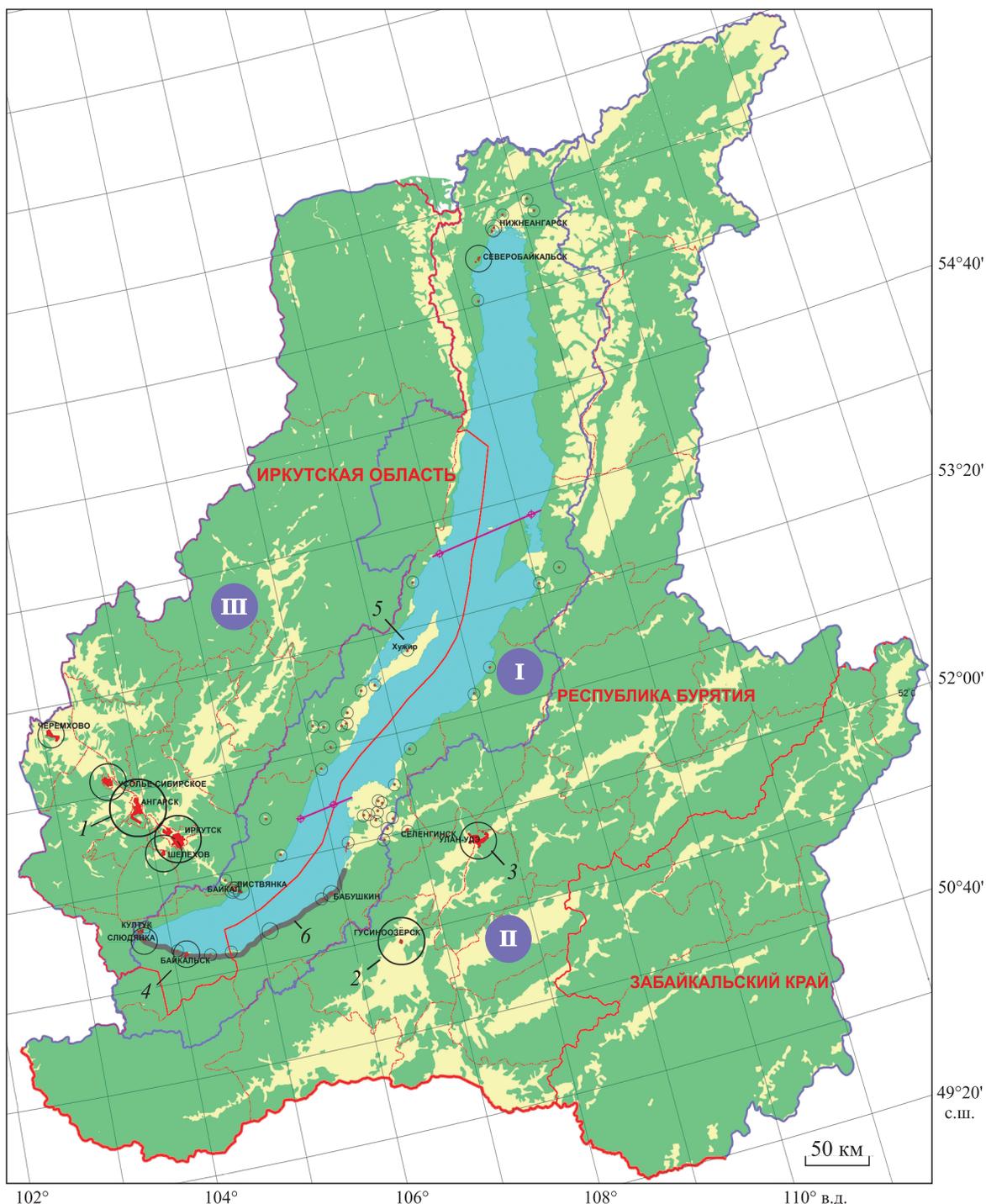
Цель настоящей работы — описание результатов, полученных путем оценки изменения количества выбросов и их негативного воздействия на территории БПТ, а именно:

- мониторинг изменений количества выбросов от организованных стационарных источников населенных пунктов БПТ;
- расчет выбросов автотранспорта в населенных пунктах БПТ и вдоль федеральной трассы Иркутск–Улан-Удэ;
- оценка загрязнений по видам хозяйственной деятельности, оказывающих влияние на состояние атмосферного воздуха экосистемы оз. Байкал;
- расчет выбросов от печного отопления в населенных пунктах, входящих в центральную экологическую зону (ЦЭЗ) БПТ;
- интегральная оценка объемов выпадения основных загрязняющих веществ на поверхность озера с использованием математических моделей и данных снегосъемки.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Байкальская природная территория — это территория, в состав которой входит оз. Байкал, прилегающие к нему водоохранная зона и особо охраняемые природные территории, водосборная площадь озера в пределах Российской Федерации, а также участок шириной до 200 км на запад и северо-запад от озера [1] (см. рисунок). Внутри БПТ выделены центральная экологическая зона, буферная экологическая зона (БЭЗ) и экологическая зона атмосферного влияния (ЭЗАВ) [2]. Границы БПТ утверждены распоряжением Правительства России от 27 ноября 2006 г. № 1641-р [3].

Для анализа изменения валового количества выбросов ЗВ в атмосферу, а также оценки вклада по видам хозяйственной деятельности использовались данные Федеральной службы государственной статистики и информация из ведомственных томов предельно допустимых выбросов ЗВ в атмосферу основных предприятий-загрязнителей.



Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу Байкальской природной территории.

Экологическая зона БПТ: I — центральная, II — буферная, III — атмосферного влияния. Источники выбросов с объемом, тыс. т/год: 1 — более 70, 2 — от 35 до 70, 3 — от 6 до 35, 4 — от 0,5 до 6, 5 — менее 0,5. 6 — участок федеральной трассы Иркутск–Улан-Удэ.

Расчет выбросов от автотранспорта для федеральной трассы Иркутск–Улан-Удэ проводился в соответствии с методикой [4]. Для оценки параметров потока автотранспорта по федеральной трассе «Байкал» использовали видеозаписи камер наружного видеонаблюдения с июля по декабрь 2014 г., поскольку записи видеокамер, находящихся в ведении ФКУ Управление федеральных автомобильных

дорог «Южный Байкал», хранятся в архиве только за последние полгода. Валовые выбросы автотранспорта на территории населенных пунктов рассчитывались согласно рекомендациям [5]. Данные по количеству автотранспортных средств представлены Управлением ГИБДД МВД по Республике Бурятия и Иркутской области.

Объем выбросов ЗВ в атмосферный воздух от печного отопления рассчитан в соответствии с [6] с учетом [7]. Используются средние параметры источников теплоснабжения и соотношение топлива, полученные в результате обследования частных домов [8]. Перенос, трансформация и осаждение атмосферных примесей вычислялись с помощью модели расчета осаждения примесей, разработанной в Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова. Эта модель предусматривает расчет сухого, влажного и полного (сухого плюс влажного) выпадения примесей на подстилающую поверхность в узлах регулярной сетки точек. Расчет осаждения производится фактически по тем же самым формулам и с использованием тех же алгоритмов, что и в модели вычисления долгопериодных средних концентраций [9]. Расчет влажного осаждения осуществляется с использованием модели Гениховича [10]. Исходными данными для него выступают значения валовых выбросов от стационарных источников и автотранспорта, параметры источников на выбросе, а также климатическая информация.

В зимний и весенний периоды 2015 г. сотрудниками Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН (ИГ СО РАН) проводился отбор проб снега в акватории оз. Байкал для определения накопления ЗВ в снежном покрове [11]. В научной литературе методика имеет один и тот же принцип [12], учитывающий средние концентрации химического элемента, поступающего на ледовую поверхность озера со снежным покровом за зимний период, и площадь самого водоема. Наблюдения с отбором проб образцов осуществляли по системе ключевых площадок и поперечных маршрутов с учетом источников атмосферного загрязнения и розы ветров в соответствии с требованиями ГОСТа 17.1.5.05-85 [13] и руководства [14]. Пробы снега отбирали снегомером ВС-43 на всю глубину снежного покрова с определением его высоты и плотности в конце февраля—марте. Около оз. Байкал и на прилегающей территории было отобрано 159 проб снега, период снегонакопления на тот момент составлял 131–140 дней. Аналитические работы проводили в лаборатории геохимии ландшафтов и географии почв, а также химико-аналитическом центре ИГ СО РАН в лабораторных условиях по стандартизованным методикам на современном аналитическом оборудовании.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Загрязнение атмосферного воздуха в городах и населенных пунктах БПТ обусловлено антропогенной деятельностью, естественными природными процессами, лесными пожарами, а также трансграничным переносом загрязненных воздушных масс. Антропогенное изменение воздушной среды происходит за счет выбросов загрязняющих веществ в результате производственной и иной деятельности предприятий, организаций и учреждений (стационарные и площадные источники), передвижных транспортных средств (автомобили, железнодорожный и авиационный транспорт), отопительных котельных и печей частного жилого сектора. Территориальное распределение антропогенного воздействия на атмосферный воздух БПТ обусловлено деятельностью промышленных узлов (Иркутско-Черемховский, Южно-Байкальский, Северо-Байкальский, Улан-Удэнский, Гусиноозерский, Нижне-селенгинский), где сосредоточены промышленно-производственные фонды, транспортные магистрали, население (см. рисунок).

Экологическая зона атмосферного влияния и буферная экологическая зона БПТ. Информация об изменениях количества выбросов основных загрязняющих веществ от стационарных источников БПТ в 2013 г. по сравнению с 2010 г. приведена в табл. 1. По данным Росстата, за период с 2010 по 2013 г. валовой выброс ЗВ увеличился в г. Ангарске на 15,6 тыс. т, в г. Иркутске — на 5, в г. Шелехове — на 1,7 тыс. т. В Иркутске и Ангарске увеличение произошло в основном за счет выброса диоксида серы, в Шелехове — оксида углерода. В городах Усолье-Сибирское и Черемхово за этот же период произошло незначительное (менее 1 тыс. т в каждом городе) уменьшение объема выбросов в результате снижения объема выбросов твердых веществ.

В ЭЗАВ БПТ наибольший объем выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников приходится на производство и распределение электроэнергии, газа и воды (48,0–54,1 %). Значительная его часть связана с обрабатывающими производствами (нефтехимическая отрасль, целлюлозно-бумажная промышленность, цветная металлургия), добычей топливно-энергетических полезных ископаемых. В Иркутске общее количество предприятий, отчитывающихся по выбросам ЗВ в атмо-

Таблица 1

Изменение выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников в 2013 г. по сравнению с 2010 г. на территории БПТ, тыс. т

Город	Всего выбросов	Твердые вещества	Газообразные и жидкие вещества						прочие газообразные и жидкие вещества
			всего	в том числе					
				диоксид серы	оксид углерода	оксиды азота	углеводороды (без ЛОС)	летучие органич. соед. (ЛОС)	
<i>Населенные пункты экологической зоны атмосферного влияния БПТ</i>									
Иркутск	5,04	0,28	4,76	5,75	0,03	-1,13	0,13	-0,03	0,01
Ангарск	15,60	-0,22	15,82	21,56	-0,22	-2,61	0,06	-2,99	0,02
Усолье-Сибирское	-0,20	-0,26	0,06	1,30	-0,10	-1,16	0,00	0,04	-0,03
Черемхово	-0,64	-1,27	0,63	-0,64	1,15	0,10	0,00	0,03	0
Шелехов	1,73	-0,16	1,90	-0,36	2,33	-0,03	0,00	-0,12	0,08
<i>Населенные пункты буферной экологической зоны БПТ</i>									
Улан-Удэ	-5,63	-6,853	1,13	-0,822	-0,378	0,573	1,612	0,145	0,093
Гусиноозерск	11,088	-1,753	12,837	15,369	-0,147	-2,408	0,014	0,009	0,004
Пос. Селенгинск	-0,698	-0,217	-0,481	-0,077	-0,221	-0,233	0,044	0,006	0
<i>Населенные пункты центральной экологической зоны БПТ</i>									
Северобайкальск	0,408	0,086	0,323	0,118	0,095	0,089	0,000029	0,01958	0
Пгт Нижнеангарск	0,034	-0,085	0,118	0,002	0,044	0,046	-0,000002	0,032	-0,006
Бабушкин	0,104	0,046	0,058	0,041	0,023	0,005	-0,008	-0,003	0,00011
Пос. Танхой	0,013	0,004	0,009	0,002	0,005	0,002	0,00034	0,002	0
Слюдянка	1,782	0,364	1,418	0,701	0,353	0,334	0,002	-0,007	-0,009
Байкальск	-0,776	-0,123	-0,652	-0,247	-0,023	-0,283	0,002	0,0042	0
Пгт Листвянка	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Пос. Порт Байкал	-0,016	-0,01	-0,0065	-0,002	-0,004	-0,0001	0	0	0

сферный воздух, увеличилось со 102 до 109 единиц, наибольший удельный вес в выбросах занимают обрабатывающие производства (7,8–9,2 %), небольшой вклад вносят такие отрасли, как транспорт и связь (1,5–1,8 %), и прочие виды экономической деятельности (0,9–3,0 %).

Рост числа предприятий наблюдается в г. Ангарске (с 55 до 59), наибольший удельный вес в выбросах имеют производство и распределение электроэнергии, газа и воды (61,7–79,6 %) и обрабатывающие производства (13,1–19,4 %). В г. Черемхово число предприятий, имеющих выбросы загрязняющих веществ, увеличилось с 17 до 19, наибольший удельный вес в выбросах занимают производство и распределение электроэнергии, газа и воды (49,6–61,2 %) и обрабатывающие производства (5,4–5,6 %).

В 2010 г. основной вклад в загрязнение атмосферного воздуха БЭЗ БПТ вносили промышленные города Гусиноозерск (39,2 %), Улан-Удэ — (33,7), а также пос. Селенгинск (3,5 %). В 2013 г. территориальная структура загрязнений несколько изменилась — 42,4; 23,2 и 2,3 % соответственно. За рассматриваемый период объем выбросов ЗВ по г. Улан-Удэ сократился на 5,63 тыс. т, в пос. Селенгинск — на 0,7, увеличение на 11,1 тыс. т произошло в г. Гусиноозерске.

В БЭЗ БПТ основной вклад в суммарные выбросы ЗВ от стационарных источников вносили предприятия по производству и распределению электроэнергии, газа и горячей воды — 72 %; обрабатывающие производства — 11,8; добыча полезных ископаемых — 5,1; добыча топливно-энергетических полезных ископаемых — 5,1; прочие виды экономической деятельности — 3,9 %. Объем выбросов ЗВ по республике увеличивается. Гусиноозерск — крупнейший загрязнитель атмосферного воздуха в БЭЗ БПТ, наибольший удельный вес в выбросах предприятий, расположенных на его территории, занимают производство и распределение электроэнергии, газа и воды (99,3 %), добыча полезных ископаемых и обрабатывающие производства — по 0,2 %.

В Улан-Удэ число предприятий увеличилось с 44 до 108, наибольший удельный вес в валовых выбросах занимают выбросы энергетики (65,5–73,2 %), затем обрабатывающих производств (13,4–23,8), транспорта и связи (1,2–3,2), государственное управление (3,1–9,9 %) и других видов деятельности.

Центральная экологическая зона БПТ. Очевидно, что за последние пять лет общий объем выбросов в ЦЭЗ БПТ существенно уменьшился, поскольку в последние годы БЦБК работал с остановками и не на полную мощность. В сентябре 2013 г. комбинат окончательно прекратил деятельность по варке целлюлозы. В 2009 г., когда производство не функционировало уже год, выбросы ТЭЦ БЦБК составили 1,38 тыс. т. По сравнению с 2012 г. суммарный выброс загрязняющих веществ снизился на 39 %, оксидов серы — на 45, оксидов азота — на 40 %. При этом производство товарной продукции уменьшилось на 63 %.

Тем не менее за период 2010–2013 гг. существенно вырос объем выбросов в атмосферный воздух в г. Бабушкине (более чем в 1,6 раза). Это связано с увеличением выбросов городской котельной (ООО «Комфорт»), удельный вес которых в общем объеме выбросов составил 83–86 %. В пос. Танхой наблюдается сравнительно небольшой рост общего объема выбросов на 17,3 % за счет увеличения выбросов от деятельности по обслуживанию и ремонту железнодорожных путей и введения в строй в поселке новой автозаправочной станции (АЗС № 40 ОАО «Бурятнефтепродукт»). В г. Северобайкальске с 2011 г. отмечается увеличение объема выбросов в атмосферу и незначительные колебания в течение последних трех лет. Численность предприятий возросла с 3 до 19, наибольший удельный вес в выбросах имеет производство и распределение электроэнергии, газа и воды (95,4–96,0 %), небольшой вклад вносит такой вид деятельности, как транспорт и связь (2,7–3,8 %), доля которого немного снизилась. В пгт Нижнеангарск объемы выбросов практически не изменились. Число предприятий увеличилось с 7 до 8, наибольший удельный вес в выбросах занимают производство и распределение электроэнергии, газа и воды (66,9 % в 2010 г., 95,6 % в 2012 г., 46,7 % в 2013 г.). Вероятно, что причиной таких скачков в показателях выступают недочеты в системе ведения статистического учета, такие как неполный охват предприятий, предоставляющих данные в Росстат, и недостаточный контроль со стороны надзорных органов. Анализ динамики выбросов по городам Бабушкин и Северобайкальск, пос. Танхой, пгт Нижнеангарск по основным группам веществ показывает, что в общей структуре выбросов наибольший объем составляют оксид углерода, твердые вещества и диоксид серы, что объясняется особенностями образования и выбросов загрязняющих веществ, связанных с выработкой тепловой энергии, обслуживанием железнодорожных магистралей и ремонтом автомобильных дорог.

Следует обратить внимание, что выбросы г. Слюдянка, согласно данным статистического учета, в 2013 г. по сравнению с 2012 г. выросли на 135 %, а в сравнении с 2010 г. — на 184 %, т. е. почти в 3 раза. Однако, по данным инвентаризации и натурных обследований, существенных изменений ни характеристик оборудования, ни количества и качества сжигаемого топлива не происходило. По проведенным расчетам, объем выбросов в Слюдянке по сравнению с 2010 г. вырос на 5,3 %, с 2012 г. — на 10,3 %. Межгодовые изменения вызваны в основном различием погодных условий в холодный период года. По данным Росстата, увеличение выбросов в г. Слюдянка в 2013 г. в целом связано с резким повышением выбросов от неорганизованных источников.

Результаты расчетов выбросов печного отопления частных домовладений показывают, что максимальный объем выбросов ЗВ от печного отопления частного сектора наблюдается в г. Улан-Удэ и в 2010 г. составил 1333,7 т. Суммарное увеличение объема выбросов поллютантов составило 51,4 т за рассматриваемый период и обусловлено постоянным миграционным приростом населения, выезжающего из сельских районов Республики Бурятия. Объем выбросов от печного отопления в г. Гусиноозерске в 2010 г. — 137,4 т, к 2013 г. он сократился до 130,5 т.

Всего проанализированы данные 30 городских и сельских поселений Республики Бурятия, из них в 22 населенных пунктах объемы выбросов ЗВ за четыре года снизились (города Гусиноозерск, Бабушкин, Северобайкальск; Кабанское, Селенгинское, Каменское, Ключевское, Выдринское, Ранжуровское, Гремячинское, Шергинское, Танхойское, Твороговское, Адамовское, Посольское, Красноярьское, Байкальское эвенкийское, Корсаковское, Верхнезаимское поселения; поселки городского типа Усть-Баргузин, Нижнеангарск; пос. Кичера), в шести поселениях — увеличились (г. Улан-Удэ, Туркинское, Сухинское, Оймурское, Нестеровское и Колесовское поселения) и в двух поселениях — остались без изменений (Байкало-Кударинское и Холодное эвенкийское). Среди шести населенных пунктов Иркутской области максимальный объем выбросов ЗВ отмечается в г. Слюдянка — 12,7 т в 2010 г. с незначительной отрицательной динамикой за последние четыре года. Другие поселения характеризуются малыми объемами выбросов и небольшими колебаниями в динамике. Валовые выбросы ЗВ в сельских поселениях не превышают значений для NO_2 — 2,9 т/год, NO — 0,5, C — 13, CO — 41,4, взвешенных веществ — 2,6 т/год.

Согласно руководству по контролю загрязнения атмосферы [14], влияние автомагистрали на содержание ЗВ в приземном слое атмосферы обнаруживается лишь в непосредственной близости от нее (50–100 м). Поэтому для расчета выбросов автотранспорта учитывался участок федеральной автодороги, проходящий вдоль береговой линии оз. Байкал от пгт Култук до пос. Боярский (см. рисунок). Полученные данные показали, что с 2010 г. произошло увеличение валового выброса по всем компонентам (в среднем на 19 % с 2010 по 2014 г.) (табл. 2). Годовой валовой выброс СО увеличился на 0,19 тыс. т/год, NO_x — на 0,22, СН — на 0,08, сажи — на 0,004, SO₂ — на 0,006, формальдегида — на 0,334 т/год, бенз(а)пирена — на 0,33 кг/год. Значения валовых выбросов для расчетного участка федеральной дороги сопоставимы с годовым выбросом от автотранспорта в пункте с населением 2–5 тыс. чел. (таких, например, как Листвянка, Култук, Бабушкин).

Значения валовых выбросов ЗВ от автотранспорта в населенных пунктах ЦЭЗ БПТ повышаются, что связано с увеличением автопарка. В среднем по основным ингредиентам (СО, NO_x, С, SO₂) рост составил: Слюдянка — 12,7 %, Байкальск — 17,2, Листвянка — 29,3, Култук — 18,5, Хужир — 37,7, Северобайкальск — 12,5, Нижнеангарск — 28,3, Бабушкин — 27,5, Танхой — 37,3 %. Ожидается, что выбросы атмосферных примесей от единицы автотехники будут уменьшаться в связи с планируемыми переходами на использование топлива стандарта Евро-4, Евро-5.

В результате математического моделирования осаждения атмосферных примесей определялся поток (плотность выпадения) ЗВ на акваторию оз. Байкал в единицах массы (для основных примесей — в тоннах) на квадратный километр в год. Затем этот поток интегрировался по поверхности Южной, Центральной и Северной котловин, а также по все поверхности оз. Байкал. Получено, что для Северной котловины суммарное выпадение NO_x (в пересчете на N) достигло 1050 т/год, SO₂ (в пересчете на S) — 204,4 т/год, что значительно ниже, чем в Южной и Центральной котловинах озера, где суммарные выпадения NO_x и SO₂ составили 3200, 922,7 и 3905, 914 т/год соответственно.

Опробование и химический анализ снежного покрова Южной котловины оз. Байкал и прилегающей территории выявили аномалии, приуроченные к долине р. Ангара 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, т. е. находятся в дефиците. Содержания NH₄, Pb, Be, Hg и нефтепродуктов в снеговой воде превышают ПДК соответственно в 24, 4, 6, 2, 3 раза. По комплексности и интенсивности аномалии этого наиболее развитого Южно-Байкальского промышленного узла относятся к техногенным и являются следствием выброса в атмосферу самых разнообразных производств химической, топливно-энергетической и металлургической промышленности.

Результаты проведенных в Средней котловине оз. Байкал работ также выявили три района аномальных концентраций химических веществ в снежном покрове. Первый локально распространен 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. Прибереговые оголенные бесснежные остепненные участки Приольхонья имеют относи-

Таблица 2

Валовой выброс загрязняющих веществ в атмосферу от автотранспорта на федеральной трассе Иркутск–Улан-Удэ для участка Култук–Боярский, тыс. т

Вещество	Код вещества	Годы				
		2010	2011	2012	2013	2014
СО	0337	0,494169	0,539137	0,546018	0,563998	0,589923
NO _x	0301	0,556653	0,607236	0,615012	0,634984	0,664164
СН	2704, 2732	0,218189	0,238058	0,241104	0,249138	0,260596
Сажа	0328	0,01149	0,012537	0,012698	0,013126	0,01373
SO ₂	0330	0,002827	0,003084	0,003124	0,003228	0,003376
Формальдегид	1325	0,000861	0,000939	0,000951	0,000983	0,001028
Бенз(а)пирен	0703	8,46·10 ⁻⁰⁷	9,23·10 ⁻⁰⁷	9,35·10 ⁻⁰⁷	9,66·10 ⁻⁰⁷	1,01·10 ⁻⁰⁶

**Расчетные поступления химических элементов и веществ на оз. Байкал через атмосферу
(по загрязнению снежного покрова), т/год (по данным снегосъемки 2015 г.)**

Химический компонент в водорастворимой форме	Котловина оз. Байкал			Всего по оз. Байкал
	Южная	Средняя	Северная	
S _{общ}	1231	440	1558	3229
N _{общ}	1280	410	398	2088
P _{общ}	4,54	3,28	4,06	11,88
Cu	5,30	3,74	3,26	12,30
Cd	1,68	2,50	2,40	6,58
Hg	0,55	0,46	0,50	1,51
Нефтепродукты	86,4	58,6	78,0	223,0

тельно большую площадь, с них на территорию, покрытую снегом, переносятся макро- и микрочастицы почв и пород сильными ветрами, характерными для данного региона. Такие загрязнения имеют локальный и природный характер. Второй район загрязнения снежного покрова приурочен к долине р. Селенги, по которой переносятся техногенные выбросы Селенгинского промышленного узла. Третий имеет локальное распространение в районе пос. Баргузин и пгт Усть-Баргузин. Максимальные коэффициенты концентрации химических элементов в снежном покрове 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. Содержания NH₄, Hg и нефтепродуктов в снеге превышают ПДК в 7, 3 и 3 раза соответственно.

Анализ работ, проведенных в Северной котловине оз. Байкал, выявил контрастные аномальные содержания SO₄, превышающие фоновые значения в 55 раз, NO₃ — в 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 — в 2,3 раза вблизи городов Нижнеангарск и Северобайкальск. Концентрации NH₄, Pb и нефтепродуктов в снеге превышают санитарно-гигиенические нормы в 2, 7 и 2 раза соответственно. Основной вклад в загрязнение вносят предприятия, изготавливающие строительные материалы, а также котельные и автотранспорт.

Учитывая запасы снега и площадь акватории оз. Байкал, рассчитано поступление химических элементов через атмосферу (табл. 3). Загрязнение атмосферного воздуха оз. Байкал по результатам снегомерных съемок и химико-аналитических работ отмечено вблизи прибрежных населенных пунктов Листвянка, Култук, Байкальск, Слюдянка, Усть-Баргузин, Северобайкальск, Нижнеангарск и в устье р. Селенга. Однако фоновые содержания изученных химических элементов и веществ в Байкальском регионе низкие, ниже ПДК в десятки и тысячи раз. Ощущается дефицит некоторых компонентов, например фтора, запас которого активно пополняется за счет развитой в регионе алюминиевой промышленности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценка изменения объемов выбросов загрязняющих веществ на Байкальской природной территории показала, что за последние годы существенного их увеличения не зафиксировано. Результаты полевых исследований и химико-аналитические работы согласно санитарно-гигиеническим требованиям свидетельствуют об относительно удовлетворительном современном состоянии окружающей среды ЦЭЗ БПТ по сравнению с развитыми индустриальными районами страны.

Следует отметить, что для объективной оценки воздействия антропогенных факторов на состояние экосистемы оз. Байкал в целом необходимо совершенствование государственной системы мониторинга окружающей среды, привлечение принципиально новых средств и методов наблюдения, автоматизация мониторинга водных объектов с созданием банка данных результатов наблюдений и многопользовательских информационных систем доступа в рамках единого информационного пространства; модернизация государственной системы учета источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух; определение порядка квотирования выбросов ЗВ для хозяйствующих субъектов, расположенных в границах БПТ; разработка и введение в действие экологических нормативов качества атмосферного воздуха по его химическим свойствам, поскольку загрязняющие вещества,

находящиеся в воздухе в концентрациях на уровне действующих санитарно-гигиенических ПДК, могут оказывать вредное воздействие на другие элементы экосистемы, помимо человека; определение экологических нормативов для БПТ с проведением лабораторных и полевых испытаний на модельных площадках, расположенных в различных ландшафтных зонах, с использованием широкого спектра аналитического оборудования.

Работа выполнена в рамках федеральной целевой программы «Охрана озера Байкал и социально-экономическое развитие Байкальской природной территории на 2012–2020 годы».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Приказ** Министерства природных ресурсов России от 5 марта 2010 г. № 63 «Об утверждении нормативов предельно допустимых воздействий на уникальную экологическую систему озера Байкал и перечня вредных веществ, в том числе веществ, относящихся к категориям особо опасных, высокоопасных, опасных и умеренно опасных для уникальной экологической системы озера Байкал» [Электронный ресурс]. — <http://base.garant.ru/12176656> (дата обращения 25.12.2014).
2. **Федеральный закон** от 1 мая 1999 г. № 94-ФЗ, в редакции от 22.08.2004 № 122-ФЗ «Об охране озера Байкал» [Электронный ресурс]. — <http://base.garant.ru/2157025> (дата обращения 25.12.2014).
3. **Распоряжение** Правительства России от 27 ноября 2006 г. № 1641-р «Об утверждении границ Байкальской природной территории и ее экологических зон» [Электронный ресурс]. — <http://docs.cntd.ru/document/902016700> (дата обращения 25.12.2014).
4. **Методика** определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов. — СПб.: НИИ Атмосфера, 2010. — 15 с.
5. **Рекомендации** по составлению Обзора выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух на территории республики (края, области, автономного округа) за 2010 год. — СПб.: НИИ Атмосфера, 2010. — 34 с.
6. **Методика** определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 30 тонн пара в час, или менее 20 Гкал в час. — М.: НИИ Атмосфера, 1999. — 39 с.
7. **Методическое письмо** НИИ Атмосфера № 335/33-07 от 17 мая 2000 г. «О проведении расчетов выбросов вредных веществ в атмосферу по “Методике определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 30 тонн пара в час, или менее 20 Гкал в час”» [Электронный ресурс]. — <http://docs.cntd.ru/document/1200008291> (дата обращения 25.12.2014).
8. **Общегородской** сводный том «Охрана атмосферы и предельно допустимые выбросы (ПДВ) г. Улан-Удэ». — СПб.: Ин-т прикл. экологии и гигиены, 2013. — 473 с.
9. **Генихович Е. Л., Берлянд М. Е., Грачёва И. Г., Елисеев В. С., Зив А. Д., Оникул Р. И., Филатова Е. Н., Хуршудян Л. Г., Чичерин С. С., Яковлева Е. А.** Оперативная модель расчета долгопериодных средних концентраций // Труды ГГО. — 1998. — Вып. 549. — С. 11–13.
10. **Генихович Е. Л.** Оценка количества примеси, вымываемой осадками из дымового факела // Труды ГГО. — 1984. — Вып. 479. — С. 30–38.
11. **Белозерцева И. А., Воробьёва И. Б., Власова Н. В., Лопатина Д. Н., Янчук М. С.** Загрязнение атмосферы и содержание фтора в снеге акватории оз. Байкал // Современ. пробл. науки и образования. — 2015. — № 2, ч. 2. — С. 735.
12. **Методические рекомендации** по геохимической оценке загрязнения территории химическими элементами. — М.: Изд-во Ин-та минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов, 1982. — С. 112.
13. **ГОСТ 17.1.5.05-85.** Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков (дождь, роса, снег, град, изморозь). — М.: Гос. комитет России по гидрометеорологии и контролю природной среды [Электронный ресурс]. — <http://www.docload.ru/Bases-doc/9/9215/index.htm> (дата обращения 25.12.2014).
14. **РД 52.04.186-89.** Руководство по контролю загрязнения атмосферы [Электронный ресурс]. — <http://docs.cntd.ru/document/1200036406> (дата обращения 25.12.2014).

Поступила в редакцию 31 августа 2016 г.