

**Е. П. МАЙСЮК**Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева СО РАН,  
ул. Лермонтова, 130, Иркутск, 664033, Россия, maysyuk@isem.irk.ru**РОЛЬ ЭНЕРГЕТИКИ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ  
БАЙКАЛЬСКОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ**

*Представлен анализ экологического состояния Байкальской природной территории. Выявлены основные источники воздействия на элементы природной среды. Для каждой экологической зоны оценен вклад предприятий энергетики в выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Показано, что в экологической зоне атмосферного влияния основное воздействие оказывают крупные энергопредприятия — тепловые электростанции Иркутско-Черемховского промышленного центра, в центральной экологической зоне — многочисленные крупные и мелкие котельные, расположенные в прибрежной зоне оз. Байкал на территории как Иркутской области, так и Республики Бурятия. В буферной зоне основные источники выбросов — крупные тепловые электростанции Гусиноозерская ГРЭС и Улан-Удэнские ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2. Проведенная оценка вклада объектов энергетики в выбросы в атмосферу показала, что в экологической зоне атмосферного влияния первоочередным направлением снижения антропогенной нагрузки на атмосферу должно стать уменьшение эмиссии оксидов серы, в центральной — уменьшение количества выбросов твердых веществ (зола, сажа), поступающих от котельных непосредственно в приземный слой атмосферы, а в буферной необходимо обеспечить мониторинг выбросов загрязняющих веществ высоких энергоисточников с целью выявления возможности включаться в дальний перенос газообразных выбросов. Полученные оценки показывают, что в целом по Байкальской природной территории вклад объектов энергетики в выбросы загрязняющих веществ в атмосферу составляет от 60 до 70 %. Предложены основные направления снижения антропогенного воздействия объектов энергетики на природную среду исследуемой территории.*

Ключевые слова: объекты энергетики, экологические зоны, антропогенное воздействие, выброс в атмосферу, экологическая оценка, природоохранные мероприятия.

**Е. P. MAISYUK**Melentiev Energy Systems Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,  
ul. Lermontova, 130, Irkutsk, 664033, Russia, maysyuk@isem.irk.ru**ROLE OF THE POWER INDUSTRY IN THE ECOLOGICAL STATUS  
OF THE BAIKAL NATURAL TERRITORY**

*An analysis is made of the ecological status of the Baikal natural territory. The main sources of influence on natural environment components. The role of the power industry in atmospheric emissions of pollutants is assessed for each ecological zone. It is shown that in the ecological zone of atmospheric influence the main influence comes from large power generation enterprises, i.e. thermal power stations of the Irkutsk-Cheremkhovo industrial center; in the central ecological zone, they are represented by numerous large and small boilers located in the coastal zone of Lake Baikal both on the territory of Irkutsk oblast and in the Republic of Buryatia. In the buffer zone, the main sources of emissions include large thermal power stations: Gusinoozersk GRES, and Ulan-Ude CHI-1 and CHI-2. An assessment of the contribution from the power generation facilities to atmospheric emissions showed that a decrease in emissions of sulfur oxides must be the priority direction of minimizing the anthropogenic load on the atmosphere in the ecological zone of atmospheric influence, and a decrease in the amount of solids (ash and black carbon) emitted by the boilers directly into the ground layer of air in the central ecological zone; in the buffer zone, it is necessary to arrange a monitoring of pollutants emissions from high energy sources in order to explore the possibility that they can be involved in the distant transport of gaseous emissions. The estimates obtained show that for the Baikal natural territory as a whole, the contribution from the power generation facilities to the pollutants emissions into the atmosphere varies from 60 to 70 %. Main directions are suggested for minimizing the anthropogenic impact of the power generation facilities on the natural environment of the study territory.*

Keywords: power generation facilities, ecological zones, anthropogenic impact, atmospheric emission, ecological assessment, environmental measures.

## ВВЕДЕНИЕ

Сохранение уникальной экосистемы оз. Байкал представляет собой одну из важнейших задач современного общества. В настоящее время необходимо оценить состояние экосистемы, выявить основные экологические проблемы и источники антропогенного воздействия на нее. Федеральным законом № 94 от 01.05.1999 «Об охране озера Байкал» определено понятие Байкальской природной территории (БПТ), установлены ее границы и выделены три экологические зоны [1, 2]. Правительством России принято решение об ограничении и запрете некоторых видов хозяйственной деятельности, оказывающих негативное воздействие на систему оз. Байкал, и наиболее жесткие экологические требования определены для центральной экологической зоны, в которой запрещено использование угля в котельных. В связи с этим требуются тщательное изучение сложившейся экологической ситуации и определение роли энергетики в загрязнении природной среды Байкальской природной территории. Для каждой экологической зоны проведена оценка вклада энергетических предприятий в воздействие на природную среду БПТ. Исследование позволит выявить экологические проблемы энергетики и разработать основные направления природоохранной деятельности на данной территории.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объекты исследования в аспекте оценки влияния на состояние природной среды БПТ представляют собой предприятия энергетической отрасли, к которым отнесены тепловые электростанции и котельные на органическом топливе.

Для оценки негативного воздействия энергетических предприятий на природную среду в настоящее время разработаны различные методические подходы: экологические экспертизы (оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС)), оценки рисков и ущербов, определение индикаторов устойчивого развития, комбинированные методы. Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки и может применяться в зависимости от задачи, которую необходимо решить.

Для проведения исследования и получения оценок воздействия энергетики на природную среду наиболее целесообразно сочетание различных методов, что позволяет выявлять конкретные экологические проблемы региона и разрабатывать соответствующие природоохранные меры.

К основным методам оценки влияния объектов энергетики на природную среду относятся официально утвержденные методики расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу электростанциями и котельными установками различной мощности.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

*Экологическая зона атмосферного влияния* — территория шириной до 200 км на запад и северо-запад от оз. Байкал, практически полностью располагается на территории Иркутской области (99 % площади), лишь в северной части в границы зоны попадает небольшая территория Северо-Байкальского района Республики Бурятия (1 %) [3].

В соответствии с зонированием, в экологической зоне атмосферного влияния преимущественно расположены предприятия Иркутско-Черемховского промышленного центра в пяти наиболее крупных городах Иркутской области — Иркутске, Ангарске, Усолье-Сибирском, Черемхово и Шелехове.

По данным Государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2014 году» [3], в зоне атмосферного влияния экстремально высокого загрязнения воздуха не зарегистрировано. Однако в крупных городах уровень загрязнения оценивался как очень высокий (Иркутск и Шелехов), высокий (Усолье-Сибирское и Черемхово), повышенный (Ангарск) [3, 4]. Источник выбросов в атмосферу — это объекты энергетики, машиностроения и металлообработки, предприятия по производству строительных материалов, транспорта, строительства и жилищного хозяйства.

С учетом данных о выбросах по районам Иркутской области, входящим в экологическую зону атмосферного влияния, в 2014 г. от стационарных источников в атмосферу поступило 330,5 тыс. т загрязняющих веществ [3]. При этом эмиссия вредных веществ только в пяти вышеупомянутых городах составила 324,5 тыс. т, или 98 % от всего выброса предприятий в данной зоне.

Во всех городах функционируют тепловые электростанции, объем выбросов которых составляет от 97,4 до 46,9 % от суммарной эмиссии загрязняющих веществ, за исключением г. Шелехова — 17,8 % (табл. 1.) В целом вклад объектов энергетики в выбросы в воздушный бассейн экологической зоны атмосферного влияния в 2014 г. составил 61,5 %.

Таблица 1

**Вклад объектов энергетики в выброс загрязняющих веществ в атмосферу крупных городов экологической зоны атмосферного влияния (2014 г.)**

Город	Выброс, тыс. т/год		Вклад объектов энергетики, %
	Всего	Объекты энергетики	
Иркутск	68,0	51,3	75,4
Ангарск	192,2	116,5	60,6
Шелехов	34,9	6,2	17,8
Усолье-Сибирское	23,0	22,4	97,4
Черемхово	6,4	3,0	46,9
Всего	324,5	199,4	61,5

Все тепловые электростанции представляют собой предприятия ОАО «Иркутскэнерго»: в Ангарске — участок № 1 ТЭЦ-9, ТЭЦ-9 (бывшая ТЭЦ-1), ТЭЦ-10; в Иркутске — Ново-Иркутская ТЭЦ; в Шелехове — Шелеховский участок Ново-Иркутской ТЭЦ; в Усолье-Сибирском — ТЭЦ-11; в Черемхово — ТЭЦ-12.

Динамика выбросов загрязняющих веществ и вклад объектов энергетики в период с 2010 по 2014 г. представлены на рис. 1. С 2012 по 2014 г. произошло снижение объема выбросов, что обусловлено уменьшением количества сжигаемого топлива, а также выполнением природоохранных мероприятий.

Как и в предыдущие годы, больше всего загрязняющих веществ поступает в атмосферу от Ангарских ТЭЦ-9 и ТЭЦ-10 и Ново-Иркутской ТЭЦ — в сумме 167,8 тыс. т, или 84 % от выбросов всех ТЭЦ. В целом по станциям ОАО «Иркутскэнерго» эта цифра достигает 139,7 тыс. т, или 70 % от суммарной эмиссии станций. Ингредиентная структура выбросов характеризуется преобладанием оксидов серы, и лишь на Шелеховском участке Ново-Иркутской ТЭЦ преобладают твердые вещества (табл. 2).

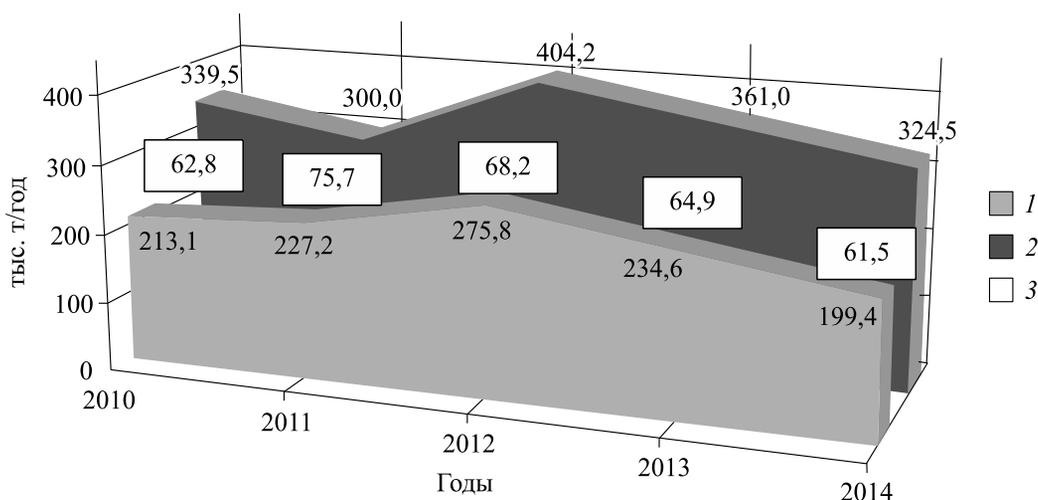


Рис. 1. Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу экологической зоны атмосферного влияния и вклад энергетики в период с 2010 по 2014 г.

Выброс загрязняющих веществ: 1 — объектов энергетики, 2 — суммарный от всех стационарных источников; 3 — вклад в общий выброс объектов энергетики, %.

Таблица 2

**Ингредиентная структура выбросов по объектам энергетики (2014 г.)**

Энергетическое предприятие	Выброс, тыс. т/год				
	Всего	Твердые вещества	Диоксид серы	Оксиды азота	Прочие
Участок № 1 ТЭЦ-9	17,4	4,2	10,7	2,5	0,01
ТЭЦ-9	52,8	8,0	39,4	5,4	0,03
ТЭЦ-10	46,3	6,7	32,7	6,9	0,003
Ново-Иркутская ТЭЦ	51,3	6,1	36,8	8,3	0,06
Шелеховский участок Ново-Иркутской ТЭЦ	6,2	3,8	1,3	1,1	0,03
ТЭЦ-11	22,4	4,6	14,7	3,1	0,03
ТЭЦ-12	3,0	0,8	1,6	0,5	0,05
В целом по ОАО «Иркутскэнерго»	199,4	31,7	139,7	27,8	0,2

Негативное влияние на всю БПТ, а также акваторию оз. Байкал связано не только с существенными объемами выбросов электростанций, но и с условиями поступления примесей в атмосферу, в том числе высотой выброса более 100 м, при которой загрязняющие вещества поступают за пределы приземного слоя, включаясь в процессы дальнего переноса. Максимальная загрузка станций происходит в зимний период, когда на территории региона господствуют ветра западного и северо-западного направлений, способные переносить газообразные выбросы в южную котловину озера.

По данным многолетнего мониторинга атмосферы и атмосферных выпадений, который круглогодично проводится на станции обсерватории Института солнечно-земной физики СО РАН в пгт Листвянка [5], газообразные выбросы крупных тепловых электростанций вступают в дальний перенос и появляются в виде шлейфов в прибрежных районах южной части оз. Байкал.

В экологической зоне атмосферного влияния оценка сброса сточных вод объектами энергетики не проводилась, поскольку сточные воды в акваторию оз. Байкал не поступают. Оценка вклада энергетики в образование отходов производства и потребления в экологической зоне атмосферного влияния нецелесообразна по той же причине.

*Центральная экологическая зона (ЦЭЗ)* БПТ непосредственно примыкает к Байкалу и имеет особый природоохранный и социально-экономический статус. Она включает в себя оз. Байкал, прилегающие к озеру острова (Ольхон, Ушканьи и др.), водоохранную зону и особо охраняемые природные территории.

Большая часть населения ЦЭЗ проживает в трех крупных городах — Северобайкальске (24,6 тыс. чел), Слюдянке (18,8), Байкальске (15,4 тыс. чел.) [4]. Сельское население проживает в многочисленных малых селах, сконцентрированных в прибрежной полосе. С экологических позиций такое расселение фактически и сформировало характерные районы воздействия на природную среду: в южной и северной частях центральной экологической зоны, а также в локальных прибрежных участках.

В южной части ЦЭЗ расположены города Слюдянка, Байкальск, Бабушкин, пгт Култук, несколько крупных и малых поселений, а также множество дачных поселков. Соответственно, здесь и сконцентрированы промышленные объекты, оказывающие негативное влияние на природную среду. Основные из них — горнодобывающие и горнообрабатывающие предприятия, лесоперерабатывающие организации, а также объекты пищевой промышленности, жилищно-коммунального хозяйства, автомобильный и железнодорожный транспорт.

В северной части исследуемой зоны основные источники воздействия на природную среду — это промышленные объекты, расположенные вдоль трассы БАМ и в двух крупных населенных пунктах (г. Северобайкальск и пгт Нижнеангарск). Здесь функционируют транспортные и строительные предприятия, объекты пищевой промышленности, крупные и мелкие котельные.

К локальным прибрежным участкам воздействия отнесены предприятия социальной инфраструктуры, расположенные вдоль побережья Байкала на территориях Баргузинского, Кабанского и Прибайкальского муниципальных районов Республики Бурятия, а также Иркутского и Ольхонского районов Иркутской области.

Наблюдения за состоянием атмосферного воздуха в ЦЭЗ осуществляются лишь в четырех населенных пунктах Иркутской области (г. Байкальск, г. Слюдянка, пгт Култук, пгт Листвянка), а в Республике Бурятия — только в Северобайкальске. Согласно статистическим данным [3, 4, 6], в существующих пунктах наблюдения в 2014 г. уровень загрязнения атмосферного воздуха характеризовался как низкий.

Для оценки вклада энергетики в загрязнение атмосферы ЦЭЗ проведен мониторинг существующих на данной территории энергоисточников. К объектам энергетики отнесены предприятия по производству и распределению электроэнергии, воды и пара — ТЭЦ г. Байкальска, а также крупные и мелкие котельные с установленной мощностью от 0,5 до 3 Гкал/ч.

В 2014 г. на территории ЦЭЗ действовали 84 котельных, из них 65 угольных, 4 работающих на дровах и 15 электродкотельных [7, 8]. Исходя из годовой потребности котельных в угле (295,1 тыс. т) и в соответствии с существующими методиками расчета [9, 10] определен объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу — 25,8 тыс. т, в том числе в Иркутской области — 10,9 тыс. т, в Республике Бурятия — 14,9 тыс. т.

Котельные, работающие на твердом топливе, интенсивно выбрасывают в атмосферу продукты сжигания угля: летучую золу, частицы несгоревшего топлива (сажу), окислы серы и азота. Ингредиентная структура выбросов характеризуется доминирующим (до 85 % от суммарных выбросов) количеством золы и сажи.

С учетом данных о выбросах ТЭЦ г. Байкальск в 2014 г. (0,87 тыс. т) [3], суммарная эмиссия загрязняющих веществ в атмосферу объектов энергетики составила 26,7 тыс. т.

Проведенные расчеты показали, что предприятия энергетической отрасли вносят существенный вклад в загрязнение воздуха, но, по данным Государственного доклада «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2014 году» [4], выбросы на территории ЦЭЗ составляют не более 5,25 тыс. т. Следует отметить, что здесь учтены выбросы от стационарных источников лишь южной части Иркутской области и г. Северобайкальск. При этом официальной статистикой не охвачена такая категория источников эмиссии, как мелкие котельные и дома с печным отоплением. Неучтенными остаются источники эмиссии, расположенные вдоль восточного побережья Байкала в Республике Бурятия и локальные районы вдоль побережья Малого моря на территории Иркутской области. Проведенные расчеты показали, что реальный выброс в 5 раз превышает объемы, указанные в Государственном докладе.

Кроме объектов энергетики свой вклад в загрязнение атмосферы вносят промышленные предприятия и частные дома, для отопления которых используются уголь и дрова, а также лесные пожары (более 520 случаев в год [4]).

Важной проблемой центральной экологической зоны является сброс загрязненных стоков в поверхностные водоемы (реки, ручьи) и непосредственно в воды оз. Байкал. В официальной статистике представлены лишь данные об объемах сброса сточных вод (без градации на очищенные, неочищенные, загрязненные и т. д.) и только по городам Слюдянке (1,2 млн м<sup>3</sup>), Байкальску (1,77), Северобайкальску (0,86), а также по Кабанскому району в целом (0,91 млн м<sup>3</sup>). В 2014 г. объем сбросов сточных вод составил около 4,7 млн м<sup>3</sup> [3]. Необходимо обеспечить мониторинг загрязненных сточных вод не только во всех городах, но и в мелких населенных пунктах, расположенных в прибрежной 500-метровой полосе [11]. Особенно актуальным становится строительство очистных сооружений в связи со стихийным ростом многочисленных туристических баз в прибрежной зоне оз. Байкал.

В ЦЭЗ наблюдается существенный рост образования отходов производства. Такой мониторинг ведется в городах Слюдянке (908,88 тыс. т), Байкальске (13,35) и Северобайкальске (118,9 тыс. т). Объем отходов в 2014 г. составил 1041 тыс. т, по сравнению с 2013 г. он вырос в 1,3 раза за счет увеличения объемов вскрышных пород предприятия «Карьер Перевал» в Слюдянском районе [4]. Кроме того, очень опасные отходы накоплены за 50 лет работы БЦБК. Определить вклад энергопредприятий в образование отходов достаточно сложно, но объем золошлаковых отходов котельных и ТЭЦ, вероятно, составляет не более 5–10 % всех отходов производства и потребления в центральной экологической зоне.

*Буферная экологическая зона* находится за пределами ЦЭЗ и включает в себя водосборную площадь оз. Байкал на территории Российской Федерации. Эта зона охватывает 75 % площади Республики Бурятия и 25 % территории Забайкальского края. В границах Республики Бурятия в данной зоне расположены 11 из 23 муниципальных образований (в нее не входят Баунтовский эвенкийский и Муйский районы и юго-западная часть Еравнинского). В Забайкальском крае в буферную экологическую зону полностью входят три района — Хилокский, Красночикийский, Петровск-Забайкальский, частично Читинский (три населенных пункта) и Улетовский (один населенный пункт) районы.

Главный промышленный и характерный для буферной экологической зоны сельскохозяйственный потенциалы сосредоточены на территории двух промышленных районов Республики Бурятия (Селенгинском и в г. Улан-Удэ) и в Петровск-Забайкальском районе Забайкальского края. В 2014 г. уровень загрязнения воздуха здесь оценивался как очень высокий [4, 6, 12]. Основные источники загрязнения — предприятия энергетики, машиностроения, строительной, деревообрабатывающей и целлюлозной промышленности, автомобильный и железнодорожный транспорт.

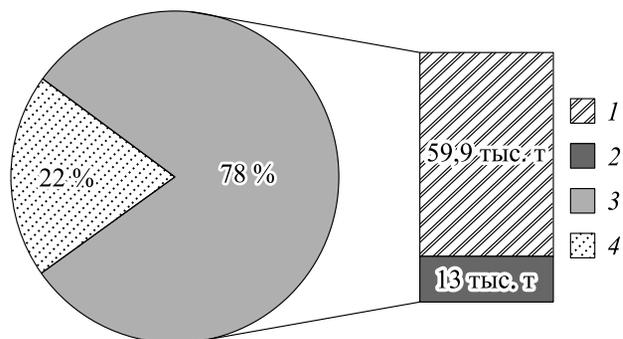
В районах Забайкальского края, входящих в состав буферной экологической зоны, промышленность развита слабо. Население Красночикийского района занято преимущественно сельским хозяйством, также здесь распространены таежные промыслы; в Хилокском районе градообразующей отраслью является железная дорога [13–15].

При оценке объема выбросов в атмосферу мы пренебрегли эмиссией Читинского и Улетовского районов Забайкальского края (3,6 тыс. т [12]), поскольку в буферную экологическую зону входят лишь четыре сельских поселения на их территории.

По данным государственных докладов о состоянии природной среды в Республике Бурятия и Забайкальском крае в 2014 г. [6, 12], в атмосферу буферной экологической зоны поступило 91,1 тыс. т загрязняющих веществ. Выброс предприятий Республики Бурятия составил 84,6 тыс. т, или 92,9 % от суммарного выброса, Забайкальского края — 6,5 тыс. т, или 7,1 %.

Рис. 2. Оценка выбросов загрязняющих веществ объектами энергетики в буферной экологической зоне в 2014 г.

Выброс загрязняющих веществ: 1 — ТЭЦ и ГРЭС, 2 — котельных; вклад в выброс: 3 — объектов энергетики, 4 — прочих предприятий.



Среди предприятий г. Улан-Удэ и Селенгинского района наибольший вклад в загрязнение атмосферы вносят объекты энергетики. В г. Улан-Удэ это филиалы ПАО «Территориальной генерирующей компании № 14» «Генерация Бурятии» в составе двух станций ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2, а также филиал Улан-Удэнского энергетического комплекса, в состав которого входят 36 муниципальных котельных. По годовому отчету ПАО «Территориальная генерирующая компания № 14» за 2014 г. [16], эмиссия энергообъектов г. Улан-Удэ составила 17,4 тыс. т. В Селенгинском районе основным источником загрязняющих веществ является Гусиноозерская ГРЭС, выброс которой в 2014 г. оценивался в 42,5 тыс. т.

Исследования по выявлению источников выбросов в других муниципальных районах и образованиях Республики Бурятия и Забайкальского края показали, что от 60 до 70 % загрязняющих веществ в атмосферу поставляют объекты ЖКХ, в частности многочисленные котельные. Выбросы котельных в буферной зоне в 2014 г. оцениваются в 12–13,5 тыс. т. Таким образом, объекты энергетики поставили в атмосферу от 71 до 73 тыс. т загрязняющих веществ: крупные ТЭЦ и ГРЭС — до 59,9 тыс. т, или 83 %, а котельные районов исследуемых субъектов — до 17 %.

В целом вклад энергетики в выброс в атмосферу буферной экологической зоны в 2014 г. оценивается в 78–80 % (рис. 2).

В рамках проведенных исследований и с целью выявления возможности влияния крупных энергообъектов буферной экологической зоны непосредственно на акваторию оз. Байкал большой интерес представляют оценки, связанные с включением выбросов от высоких энергоисточников в воздушный перенос. В связи с этим необходимо провести детальные расчеты распространения выбросов с учетом климатических характеристик и условий, повторяемости и направления ветров, рельефных особенностей территорий расположения Улан-Удэнских ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2, а также Гусиноозерской ГРЭС.

Мониторинг сброса сточных вод в буферной экологической зоне осуществляется в Улан-Удэ (22,2 млн м<sup>3</sup>), Гусиноозерске (403,5) и Забайкальском крае (1,6 млн м<sup>3</sup>), а в сумме в 2014 г. — 427,3 млн м<sup>3</sup> [4]. Сброс сточных вод предприятиями энергетики в Улан-Удэ осуществляется в р. Уду (приток р. Селенги) с чаши осветленной воды золошлакоотвала Улан-Удэнской ТЭЦ-1 в количестве 100 тыс. т в 2014 г. Стоки Гусиноозерска — это преимущественно подогретые и нормативно чистые воды, которые сбрасываются Гусиноозерской ГРЭС в оз. Гусиное. Сточные воды всех энергопредприятий буферной экологической зоны непосредственно не поступают в оз. Байкал и могут оказывать лишь косвенное влияние на его экологическое состояние.

В 2014 г. в буферной зоне образовалось 22,2 млн т отходов производства и потребления: в г. Улан-Удэ — 0,3 млн т, в Селенгинском районе — 21,9 млн т [4]. В основном это отходы предприятий по добыче полезных ископаемых (в том числе угледобыче), золошлаковые отходы составляют не более 5 %.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование позволило выявить роль предприятий энергетической отрасли в воздействии на окружающую среду Байкальской природной территории. Во всех экологических зонах они оказывают существенное влияние на атмосферу. В целом по БПТ вклад объектов энергетики в суммарный выброс всех стационарных источников загрязняющих веществ, равный 441,9 тыс. т, составляет 298,7 тыс. т, или 67,6 %. В экологической зоне атмосферного влияния эмиссия энергопредприятий составляет 199,4 тыс. т, или 61,5 % от суммарного выброса, в центральной экологической зоне — 26,3 тыс. т (практически весь выброс осуществляется объектами энергетики), в буферной зоне — 73 тыс. т, или 80,1 %.

В экологической зоне атмосферного влияния первоочередным направлением уменьшения антропогенной нагрузки на атмосферу должно стать снижение эмиссии оксидов серы, способных вклю-

чаться в дальний перенос, а в центральной — уменьшение количества выбросов твердых веществ (зола, сажи), поступающих от котельных. В буферной экологической зоне необходимо обеспечить мониторинг эмиссии высоких энергоисточников с целью выявления возможности газообразных выбросов участвовать в дальнем переносе и выпадать в виде кислотных осадков.

Снижения объемов газообразных выбросов крупных ТЭЦ можно добиться несколькими путями: заменой угля на экологически чистые виды топлива (например, природный газ), обессериванием угля до его сжигания или использованием низкосернистых углей, а также внедрением инновационных технологий очистки уходящих газов от оксидов серы и азота. Каждый из предложенных путей требует проведения тщательного анализа и экономического обоснования.

Для котельных экологичным топливом является природный газ, что позволит не только уменьшить выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, но и прекратить образование золошлаковых отходов. Проводимые оценки целесообразности использования природного газа в Байкальском регионе показали, что газификация котельных в ЦЭЗ возможна лишь в случае прохождения магистрального газопровода вдоль побережья оз. Байкал. В других вариантах для перевода котельных на газовое топливо целесообразно рассматривать схему автономной газификации с использованием сжиженного природного либо углеводородного газа [17].

Уменьшить антропогенную нагрузку на атмосферу в ряде населенных пунктов ЦЭЗ возможно путем использования местных видов топлива, в частности отходов лесопиления и деревообработки (пеллеты, брикеты), как в частном секторе, так и в котельных.

Учитывая незагруженность электросетевой инфраструктуры и режим особого природопользования на БПТ, для сокращения выбросов и устранения золошлаковых отходов целесообразно активное использование электроэнергии на цели теплоснабжения. Другое перспективное направление снижения воздействия на природную среду — использование возобновляемых источников энергии. Исследования показали, что территория центральной экологической зоны располагает значительным потенциалом различных видов возобновляемых природных энергоресурсов, отличаясь наилучшими показателями в Байкальском регионе [17].

Благополучие населения и качество природной среды в значительной мере зависят от уровня энергообеспеченности территории. На Байкальской природной территории с особым статусом природопользования необходимо внедрять и развивать передовые инновационные энергетические технологии с минимальным воздействием на элементы природной среды.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Правительства Иркутской области (14–48–04139–р\_сибирь\_а).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Федеральный закон** № 94-ФЗ от 01.05.1999 г. «Об охране озера Байкал (ред. от 14.07.2008) [Электронный ресурс]. — [http://www.baikalfund.ru/library/law/index.wbp?doc\\_id=03856c6f-5a86-4152-baa6-92407ef26116](http://www.baikalfund.ru/library/law/index.wbp?doc_id=03856c6f-5a86-4152-baa6-92407ef26116) (дата обращения 07.11.2014).
2. **Распоряжение** Правительства РФ № 1641-р от 27.11.2006 г. «О границах Байкальской природной территории» [Электронный ресурс]. — <http://www.tanhoi.ru/DOC/russia/1641r/pdf> (дата обращения 20.12.2015).
3. **Государственный доклад** «О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2014 году». — Иркутск: Форвард, 2015. — 328 с.
4. **Государственный доклад** «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2014 году». — Иркутск: Сиб. фил. ФГУНПП «Росгеолфонд», 2015. — 436 с.
5. **Оболкин В. А., Потёмкин В. Л., Макухин В. Л., Мариняте И. И., Чипанина Е. В.** Особенности пространственного распределения диоксида серы в Прибайкалье по данным маршрутных измерений и численных экспериментов // Метеорология и гидрология. — 2014. — № 12. — С. 35–41.
6. **Государственный доклад** «О состоянии и охране окружающей среды Республики Бурятия в 2014 году». — Улан-Удэ: Мин-во природных ресурсов Республики Бурятия, 2015. — 192 с.
7. **Форма** статистической отчетности Росстат 11-ТЭР «Сведения об использовании топливно-энергетических ресурсов» за 2010–2014 гг. — М.: Росстат, 2015.
8. **Форма** статистической отчетности Росстат 4-ТЭР «Сведения об остатках, поступлении и расходе топливно-энергетических ресурсов, сборе и использовании отработанных нефтепродуктов» за 2010–2014 гг. — М.: Росстат, 2015.
9. **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.: Гос. комитет по охране окружающей среды Российской федерации (при участии фирмы «Интеграл», Санкт-Петербург), 1999. — 53 с.

10. **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» (М., 1999). — СПб.: НИИ Атмосфера, 2000. — 20 с.
11. **Муниципальные** образования и населенные пункты в Центральной экологической зоне БПТ [Электронный ресурс]. — [http://www.geol.irk.ru/baikal/baikal/map\\_cez\\_2012/pdf/municipal.pdf](http://www.geol.irk.ru/baikal/baikal/map_cez_2012/pdf/municipal.pdf) (дата обращения 10.03.2016).
12. **Доклад** об экологической ситуации в Забайкальском крае за 2014 год. Правительство Забайкальского края. Министерство природных ресурсов и промышленной политики Забайкальского края. — Чита: Гос. бюджет. учреждение «Забайкальский краевой экологический центр», 2015. — 208 с.
13. **Официальный** сайт Петровск-Забайкальского района [Электронный ресурс]. — <http://петровзаб.забкрай.рф/otchet.html> (дата обращения 21.01.2016).
14. **Официальный** сайт Красночикойского района [Электронный ресурс]. — [http://чикой.забайкальскийкрай.рф/ekonomicheskoe\\_gazvitie.html](http://чикой.забайкальскийкрай.рф/ekonomicheskoe_gazvitie.html) (дата обращения 21.01.2016).
15. **Официальный** сайт Хилокского района [Электронный ресурс]. — <http://хилок.забайкальскийкрай.рф/ekonomikaipromyuschlennost/socialnoekonomicheskoeerazvitie.html> (дата обращения 21.01.2016).
16. **Годовой** отчет ПАО «Территориальная генерирующая компания № 14» за 2014 г. [Электронный ресурс]. — [www.tgk-14.com/upload/finances/files/otchet/2014.pdf](http://www.tgk-14.com/upload/finances/files/otchet/2014.pdf) (дата обращения 22.01.2016).
17. **Топливо-энергетический** комплекс Байкальского региона: современное состояние, перспективы развития / Под ред. Б. Г. Санеева. — Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2015. — 176 с.

*Поступила в редакцию 12 июля 2016 г.*