

УДК 620.9 : 632.15

**ВЛИЯНИЕ ЭНЕРГЕТИКИ НА ГЕОЭКОЛОГИЮ РЕГИОНОВ
(РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ И РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ)**

Зорина Татьяна Геннадьевна

Д.э.н., доцент, зав. сектором «Экономика энергетики»,
Институт энергетики НАН Беларуси,
220072, г. Минск, ул. Академическая 15/2, e-mail: tanyazorina@tut.by

Александрович Сергей Александрович

Научный сотрудник лаборатории «Энергобезопасность»
Институт энергетики НАН Беларуси,
220072, г. Минск, ул. Академическая 15/2, e-mail: serje.alex@gmail.com

Майсюк Елена Петровна

К.э.н., ст. н. с. лаборатории энергоснабжения децентрализованных потребителей
Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН,
664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова 130, e-mail: maysyuk@isem.irk.ru

Массель Алексей Геннадьевич

К.т.н., ст. н. с. лаборатории «Информационные технологии в энергетике»,
Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН,
664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова 130, e-mail: amassel@isem.irk.ru

Аннотация. В статье рассмотрены результаты международного проекта «Методы и технологии оценки влияния энергетики на геоэкологию региона», выполняемого при содействии Евразийского фонда поддержки научных исследований (ЕАПИ) и поддержанного грантами РФФИ и БРФФИ. Представлена структура выбросов загрязняющих веществ от объектов энергетики в исследуемых регионах Российской Федерации и Республики Беларусь. Выявлены критически важные объекты исследуемых регионов. Приведены результаты предварительной проверки гипотезы о влиянии энергетики на качество жизни населения.

Ключевые слова: геоэкология, выбросы загрязняющих веществ, энергетические объекты.

Цитирование: Зорина Т.Г., Александрович С.А., Майсюк Е.П., Массель А.Г. Влияние энергетики на геоэкологию регионов (Российская Федерация и Республика Беларусь) // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2019. № 2 (14). С. 151–161. DOI: 10.25729/2413-0133-2019-2-14

Введение. В современных условиях возрастает влияние энергетики на геоэкологию региона. Устойчивое развитие промышленности невозможно без опережающего роста мощностей в электроэнергетике. Критически важные объекты энергетической инфраструктуры оказывают разнонаправленное воздействие на качество жизни населения и окружающую среду исследуемых территорий. Тепловые станции, работающие на твердом топливе, загрязняют атмосферу и отчуждают значительные площади под золошлаковые отходы. Гидростанции нарушают экосистему затоплением значительных территорий.

Исследования по оценке влияния энергетики на геоэкологию региона выполняются учеными из Республики Беларусь совместно с коллегами из Российской Федерации и Республики Армения в рамках международного проекта «Методы и технологии оценки влияния энергетики на геоэкологию региона» [5, 6]. Целью проекта является разработка методов и технологий оценки воздействия энергетики на геоэкологию региона [7, 16, 17].

Объектом исследования с Белорусской стороны является Витебская область, с Российской стороны – Байкальская природная территория. Статья посвящена характеристике исследуемых регионов с позиции выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от объектов энергетики.

1. Структура выбросов загрязняющих веществ от объектов энергетики Витебской области. Основными загрязнителями атмосферного воздуха в Беларуси являются мобильные источники, то есть передвижные транспортные средства, а также промышленные предприятия, в т.ч. теплоэлектростанции. (Табл. 1) [3, 8, 10]

Таблица 1. Выбросы загрязняющих веществ по отдельным ингредиентам в 2017 году

Вещества	Суммарные выбросы	в том числе:		из них от сжигания топлива на производство тепловой и электрической энергии	
		от мобильных источников	от стационарных источников	тыс. тонн	в % от суммарных выбросов по веществу
оксид углерода, CO	589,1	514,0	75,1	34,6	5,9 %
диоксид азота, NO₂	134,2	85,4	48,8	27,0	20,1 %
углеводороды	383,9	164,0	219,9	3,5	0,9 %
прочие	85,7	23,7	62,0	14,2	16,6 %
Всего:	1240,6	787,2	453,4	87,2	7,0 %

В ходе исследования был использован корреляционный анализ для предварительной проверки гипотезы о влиянии энергетики на качество жизни. Исследование динамических данных (2011-2017) о продолжительности жизни в Республике Беларусь и выбросах в атмосферный воздух от стационарных источников в региональном разрезе показало наличие сильной отрицательной связи (рис. 1). На протяжении исследуемого периода значения коэффициента корреляции изменялись от -0,33 (2016) до -0,78 (2015). При этом среднее значение коэффициента в исследуемом периоде составило -0,63.

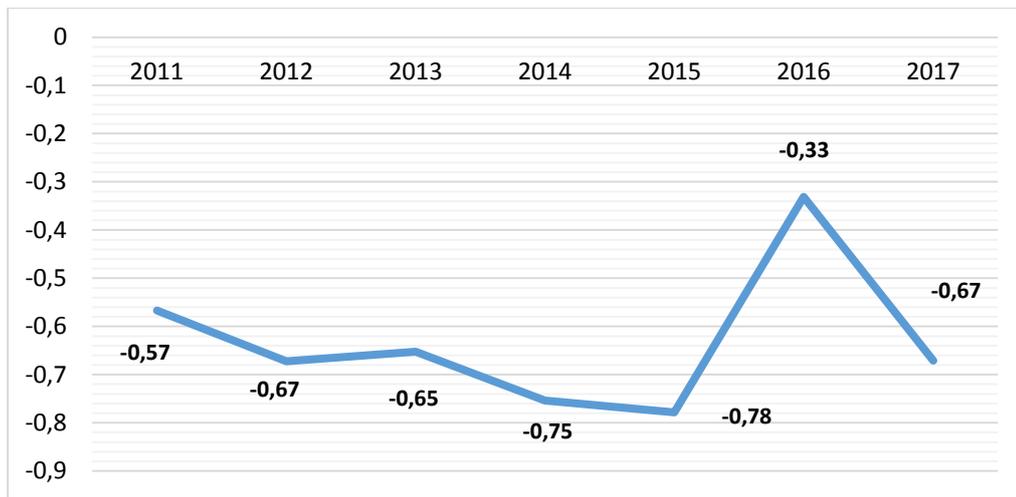


Рис. 1. Динамика изменения коэффициента корреляции продолжительности жизни в Республике Беларусь и выбросах в атмосферный воздух от стационарных источников в региональном разрезе

На основе проведенного корреляционного анализа можно сделать вывод, что функционирование энергетических объектов (с точки зрения выбросов) оказывает влияние на продолжительность жизни, а, следовательно, и на качество жизни населения.

В таблице 2 представлены данные по выбросам загрязняющих веществ в атмосферный воздух по областям Республики Беларусь.

Таблица 2. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух по областям Республики Беларусь за 2017 г. [4, 15]

Наименование показателя	Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, тыс. тонн		
	От стационарных источников	От мобильных источников	Всего
Республика Беларусь	453.4	787.2	1240.6
Области и г. Минск			
Брестская	50.6	116.1	166.7
Витебская	102.3	88.3	190.6
Гомельская	105.6	97.8	203.4
Гродненская	60.3	94.2	154.5
г. Минск	18.3	136.8	155.1
Минская	68.6	178.6	247.2
Могилевская	47.7	75.4	123.1

Изучив пространственную структуру выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (табл. 2), можно сделать вывод, что наибольшее количество выбросов приходится на Минскую (19.9 %), Гомельскую (16.4 %) и Витебскую область (15.4 %)

Основными источниками выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в Витебской области являются предприятия теплоэнергетики Республиканского унитарного предприятия (РУП) «Витебскэнерго» (табл. 3), предприятия химической промышленности и автотранспорт. Большое влияние на состояние атмосферного воздуха городов оказывают выбросы предприятий Новополоцкого промышленного узла (табл. 4).

Таблица 3. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу объектами РУП «Витебскэнерго» за 2017 г. [11]

Наименование предприятия	Выбросы загрязняющих веществ, тонн					
	Диоксид серы	Углерод оксид	Оксиды азота	НМЛОС	Твёрдые	Всего
Лукомльская ГРЭС	88,06	2813,15	4787,37	1541,27	4,15	9234,00
Новополоцкая ТЭЦ	29,35	182,33	1256,70	3,75	0,51	1472,64
Витебская ТЭЦ	6,80	44,49	249,74	1,39	0,15	302,57
Оршанская ТЭЦ	51,29	46,65	343,14	157,57	18,35	617,00

Таблица 4. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу предприятием ОАО «Нафтан» за 2017 г. [9]

Наименование загрязняющего вещества	Выбросы, тонн
Диоксид серы	17840,51
Углерод оксид	1162,31
Оксиды азота	1952,36
НМЛОС	17786,95
Твёрдые	52,62
Прочие	252,07
Всего	39046,82

Целесообразность выбора Витебской области в качестве объекта исследования обусловлена высокой концентрацией и разнообразием энергетических объектов, а также высоким объемом выбросов.

Критически важными объектами Витебской области, которые оказывают значительное влияние на геоэкологию региона и качество жизни населения являются:

- РУП «Витебскэнерго» – на территории Витебской области расположено 38,03 % установленной мощности Белорусской энергетической системы, которые осуществляют выработку 34,2 % электрической энергии в Республике Беларусь;
- ОАО «Нафтан» – около половины обрабатывающей промышленности Витебской области приходится на производство кокса и продуктов нефтепереработки;
- основные транспортные магистрали – Витебская область граничит с тремя странами и имеет развитую дорожную инфраструктуру, через регион проходят несколько автомобильных дорог международного значения.

Таким образом, влияние именно этих объектов инфраструктуры на геоэкологию региона и будет рассмотрено при построении геоинформационной системы для оценки влияния энергетики на геоэкологию региона.

2. Структура выбросов загрязняющих веществ от объектов энергетики РФ и Байкальской природной территории. Основными загрязняющими веществами атмосферного воздуха в Российской Федерации являются оксид углерода (СО), диоксид серы (SO₂) и оксиды азота. На протяжении 2011-2017 годов выбросы диоксида серы сократились

на 15% и составили в 2017 г. 11,83 % в общем объеме выбросов, выбросы оксидов азота сократились на 3,13 % и составили 11,02 % в общем объеме выбросов, выбросы оксида углерода возросли на 2,08 % и составили 50,42 % в общем объеме выбросов [14].

Результаты предварительной проверки гипотезы о влиянии энергетики на качество жизни населения в Российской Федерации показали, что существует взаимосвязь между продолжительностью жизни и объемом выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников (включая энергетические объекты). На основе динамических данных (2011-2017) о продолжительности жизни в Российской Федерации и выбросах в атмосферный воздух от стационарных источников была построена диаграмма рассеивания (рис. 2). Коэффициент корреляции составил $-0,79$, что свидетельствует о наличии сильной отрицательной связи.

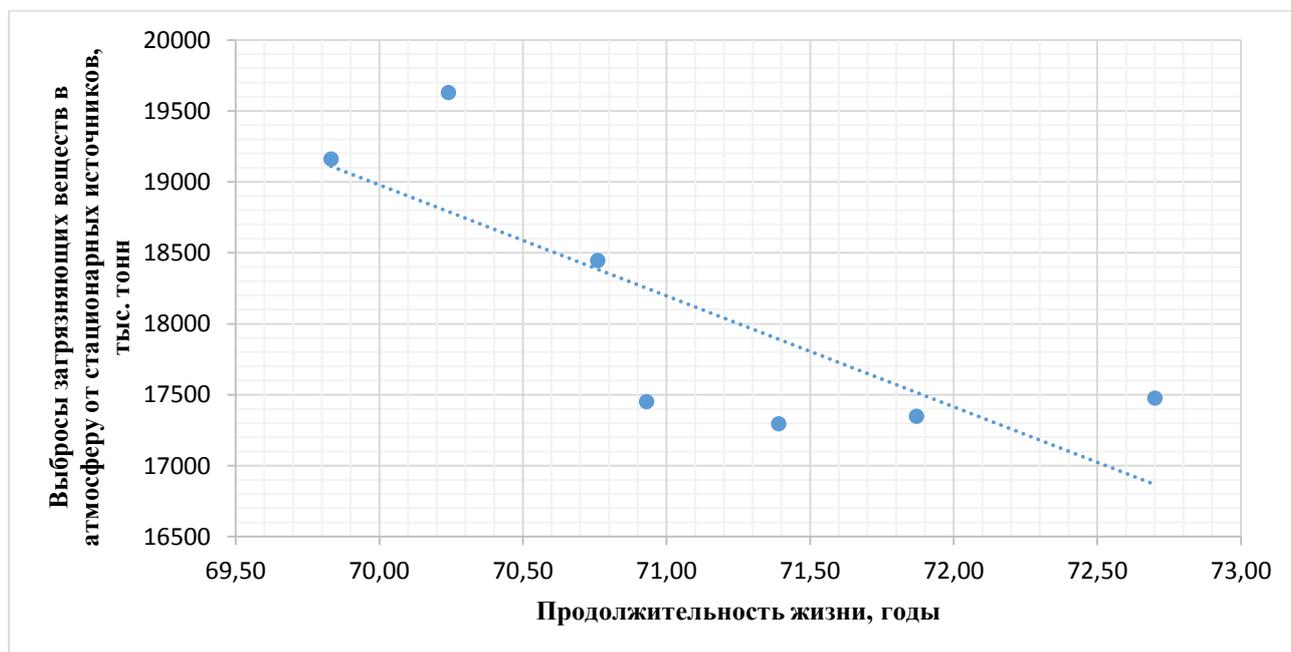


Рис. 2. Диаграмма рассеивания данных о продолжительности жизни и выбросах в атмосферный воздух от стационарных источников в Российской Федерации в 2011-2017

Основными источниками загрязнений на территории Российской Федерации в 2017 являлись мобильные источники (45,5 %), а также предприятия обрабатывающей промышленности и энергетики. Наибольший урон для атмосферного воздуха Российской Федерации наносят предприятия добывающей отрасли (28,1 %), обрабатывающей отрасли (33,2 %) и энергетики (20,3 %) (Табл. 5). Однако, отдельные регионы Российской Федерации отличаются структурой выбросов стационарными источниками по видам экономической деятельности. В частности, на территории Байкальского региона 52 % выбросов загрязняющих веществ стационарными источниками приходится на обеспечение электрической энергией, газом и паром, кондиционирование воздуха. Это свидетельствует о значительном негативном влиянии энергетических объектов на геоэкологию Байкальского региона [14].

Таблица 5. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух Российской Федерации от стационарных источников по видам экономической деятельности за 2017 г.

Наименование показателя	Российская Федерация, всего		Республика Бурятия		Иркутская область		Забайкальский край		Итого по Байкальскому региону	
	тыс. тонн	%	тыс. тонн	%	тыс. тонн	%	тыс. тонн	%	тыс. тонн	%
Добыча полезных ископаемых	4918,9	28,1	5,49	4,84	111,6	16,9	15,67	11,68	154,6	14,0
Обрабатывающие производства	5803,5	33,2	12,6	11,1	178,9	27,1	21,01	15,66	250,8	22,6
Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха	3542,6	20,3	82,4	72,7	304,8	46,2	70,06	52,22	576,1	52,0

Основной вклад в загрязнение атмосферного воздуха в экологической зоне атмосферного влияния Байкальской природной территории (Далее – ЭЗАВ БПТ) вносят предприятия теплоэнергетики, к которым относятся филиалы ПАО «Иркутскэнерго» (рис. 3):

- ТЭЦ-9 и участок № 1 ТЭЦ-9 (ТЭЦ-1);
- ТЭЦ-10 (г. Ангарск);
- Ново-Иркутская ТЭЦ (г. Иркутск);
- ТЭЦ-11 (г. Усолье-Сибирское);
- ТЭЦ-12 (г. Черемхово);
- Шелеховский участок Ново-Иркутской ТЭЦ (г. Шелехов).

В 2017 году выбросы в атмосферу от источников предприятий теплоэнергетики ПАО «Иркутскэнерго» в границах ЭЗАВ БПТ составили 210,308 тыс. тонн загрязняющих веществ, (табл. 6) [1, 2].

Таблица 6. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от источников предприятий теплоэнергетики в границах ЭЗАВ БПТ в 2011 – 2017 гг.

Наименование загрязняющих веществ	Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, тыс. тонн							Изменение к 2016 году	
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	тыс. тонн	%
Твёрдые	43,103	46,210	39,018	31,711	31,747	31,637	33,867	2,23	7,0
Диоксид серы	145,03	189,30	162,04	139,65	152,63	140,48	149,49	9,01	6,4
Оксиды азота	38,836	40,096	33,326	27,870	29,051	28,870	26,647	-2,22	-7,7
Прочие	0,215	0,198	0,230	0,191	0,312	0,288	0,307	0,02	6,6
Всего	227,2	275,8	234,6	199,4	213,7	201,3	210,3	9,0	4,5

По данным таблицы 6 видно, что общий валовый выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух предприятиями ПАО «Иркутскэнерго», расположенными в ЭЗАВ БПТ,

в 2017 году увеличился на 9,0 тыс. тонн (на 4,5%) по сравнению с 2016 годом. Увеличение выбросов на 4,5 % обусловлено увеличением сожженного на ТЭЦ топлива на 8,2 % для выработки электроэнергии на тепловых электрических станциях на покрытие региональных и межрегиональных нагрузок.

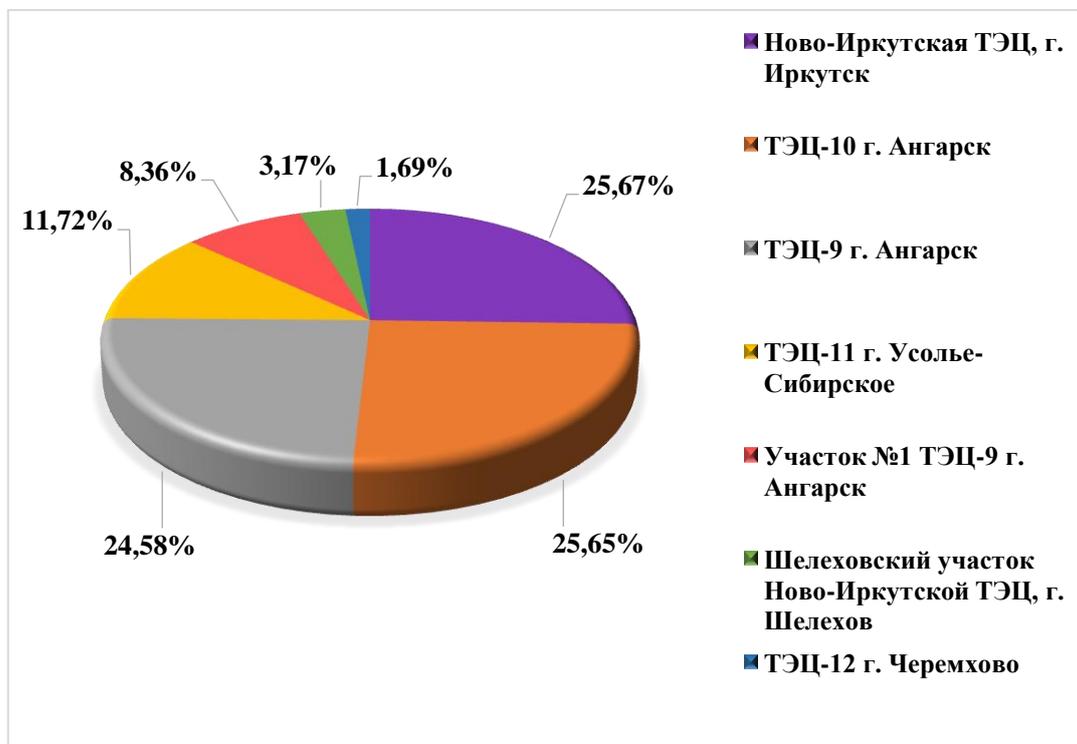


Рис. 3. Структура выбросов загрязняющих веществ в атмосферу по предприятиям ПАО «Иркутскэнерго», расположенных в ЭЗАВ в 2017 г. [2]

Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха в буферной экологической зоне БПТ являются предприятия энергетического комплекса Республики Бурятия [2, 13]:

- АО «ИнтелРАО-Электрогенерация», филиал «Гусиноозёрская ГРЭС»;
- филиалы ПАО «ТГК-14» «Генерация Бурятии» (ТЭЦ-1, ТЭЦ-2, Тимлойская ТЭЦ);
- Улан-Удэнский энергетический комплекс (36 муниципальных котельных).

Выброс в атмосферу от этих энергообъектов оценивается в 60-63 тыс. т/год (или 60% от суммарных выбросов стационарных источников буферной экологической зоны) [2, 13]. В выбросах этих станций преобладающей примесью также являются оксиды серы.

В границах центральной экологической зоны БПТ основным объектом теплоэнергетики является ТЭЦ ООО «Теплоснабжение» г. Байкальска и 98 коммунальных котельных суммарной установленной мощностью 99 МВт, из которых 66 – угольные котельные, 19 – электродкотельные, 9 – дровяные 3 – газовые и 1 – мазутная [12].

В центральной экологической зоне источниками выбросов являются крупные и мелкие котельные с преимущественным выбросом твердых частиц. В количественном выражении этот выброс оценивается в 24,5 тыс. т в год, с преимущественным до 80-82% выбросом твердых частиц.

Суммарный объем выбросов, поступающих от энергоисточников Байкальской природной территории, оценивается в 280-300 тыс. т в год (табл. 7).

Таблица 7. Выбросы в атмосферу Байкальской природной территории в 2017 г. по экологическим зонам и вклад энергетики

Показатель	Экологическая зона			всего
	атмосферного влияния	центральная	буферная	
Выброс, всего, тыс. т/год	301,8	24,5	85,2	441,5
в том числе объекты энергетики	210,3	24,5	64,1	298,9
Вклад, %	69,9	100	75,2	67,7

Характерной особенностью энергетики Байкальской природной территории является использование в качестве топлива угля. При этом его сжигание на крупных тепловых электростанциях, расположенных в экологических зонах атмосферного влияния и буферной, связано с образованием значительного объема газообразных выбросов – оксидов серы и азота.

Заключение. Из энергетических объектов подавляющий объем вредных выбросов в атмосферу производят тепловые электростанции и котельные, работающие как на твердом, жидком, так и на газовом топливах. При функционировании промышленных и энергетических объектов, деятельность которых связана с выбросами в окружающую среду различных загрязняющих веществ, необходимо оценивать характер и степень их воздействия на прилегающие территории.

Результаты предварительной проверки гипотезы о влиянии энергетики на качество жизни населения показали, что существует взаимосвязь между продолжительностью жизни и объемом выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников (включая энергетические объекты).

Работа выполнена при частичной поддержке гранта ЕАПИ-РФФИ № 18-57-81001 и гранта РФФИ № 19-57-04003 с Российской стороны и гранта БРФФИ №X18EA-003 с Белорусской стороны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2017 году». Иркутск: ООО «Мегапринт». 2018. 249 с.
2. Государственный доклад «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2017 году». Иркутск: АНО «КЦ Эксперт». 2018. 340 с.
3. Государственный кадастр атмосферного воздуха: информ. бюл. 2017 г. / Под редакцией: Г.И. Глазачевой, В.В. Валентейчика. Минск. 2018.
4. ГПО «Белэнерго». Режим доступа: <http://www.energo.by/> (дата обращения: 30.06.2019).
5. Массель Л.В. Проблема оценки влияния энергетики на геоэкологию региона: постановка и пути решения // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2018. №2. С. 5–21.
6. Массель Л.В., Минасян С.А., Зорина Т.Г., Барсебян А.Р. Оценка влияния энергетики на геоэкологию с использованием информационных технологий // Вестник инженерной

- академии Армении, 2018. Т. 15. № 3 С. 480–483. Режим доступа: <http://engineeracademy.am> (дата обращения: 30.06.2019).
7. Массель Л.В., Иванова И.Ю., Ворожцова Т.Н., Майсюк Е.П., Ижбулдин А.К., Зорина Т.Г., Барсегян А.Р. Онтологические аспекты исследования взаимовлияния энергетики и геоэкологии // Онтология проектирования. 2018. Т.8. №4 (30). С. 550–561. DOI: 10.18287/2223-9537-2018-8-4.
 8. Национальный статистический комитет Республики Беларусь. Режим доступа: <http://belstat.gov.by/> (дата обращения 30.06.2019).
 9. ОАО «Нафтан». Режим доступа: <http://www.naftan.by/> (дата обращения 30.06.2019).
 10. Охрана окружающей среды: статистический сборник. / Под редакцией: И.В. Медведевой. Минск. 2019.
 11. РУП «Витебскэнерго». Режим доступа: <http://www.vitebsk.energo.by/> (дата обращения 30.06.2019).
 12. Санеев Б.Г., Иванова И.Ю., Майсюк Е.П., Тугузова Т.Ф. Внедрение природоохранных мероприятий в теплоэнергетике центральной экологической зоны Байкальской природной территории // Экология и промышленность России. 2018. Т.22. №7. С. 20–25.
 13. Территориальная генерирующая компания №14. Официальный сайт. Режим доступа: https://www.tgk-14.com/about/company/bur_ener/ (дата обращения: 30.06.2019).
 14. Федеральная служба государственной статистики. Режим доступа: <http://www.gks.ru/> (дата обращения 30.06.2019).
 15. Энергетический баланс Республики Беларусь. / Под редакцией: И.В. Медведевой. Минск. 2018.
 16. Massel L.V. Intelligent decision-making support in energy and ecology in view of the quality of life // Industry 4.0, 2018, Issue 5. Publisher: Scientific Technical Union of Mechanical Engineering “Industry 4.0”. Pp. 280–283. Режим доступа: <https://stumejournals.com/i4.htm> (дата обращения: 30.06.2019).
 17. Massel L.V., Zorina T.G., Massel A.G. Methods and technologies for assessing the impact of energy on the geoecology of a region (using the examples of the Baikal region (Russia) and Belarus) // International Conference OSTIS-2019. Minsk: Belarus State University of Informatics and Radioelectronic. 2019. Pp. 209–214. Режим доступа: <http://old.proc.ostis.net/proc/Proceedings%20OSTIS-2019.pdf> (дата обращения: 30.06.2019).

**THE ENERGY SECTOR IMPACT ON THE GEOECOLOGY OF A REGION
(RUSSIAN FEDERATION AND BELARUS REPUBLIC)**

Tatsiana G. Zoryna

Dr., Associate professor, Head Sector "Energy Economics",
Institute of Power Engineering of the National Academy of Sciences of Belarus,
15/2, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Belarus, e-mail: tanyazorina@tut.by

Siarhei A. Aliksandrovich

Researcher of the laboratory "Energy Security"
Institute of Power Engineering of the National Academy of Sciences of Belarus,
15/2, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Belarus, e-mail: serje.alex@gmail.com

Elena P. Maysyuk

PhD of economy, Senior researcher of the Laboratory of energy supply
for distributed consumers, Melentiev Energy Systems Institute
of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
130, Lermontov Str., 664033, Irkutsk, Russia, e-mail: maysyuk@isem.irk.ru

Aleksei G. Massel

PhD., Senior Researcher of the laboratory «Information technology in the energy sector»
Melentiev Energy Systems Institute of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
130, Lermontov str., 664033, Irkutsk, Russia, e-mail: amassel@isem.irk.ru

Abstract. The article discusses the results of the international project "Methods and Technologies for Assessing of the Energy Sector Impact on the Geoecology of the Region", carried out with the assistance of the Eurasian Foundation for the Support of Scientific Research (EAPI) and supported by grants from the Russian Federal Property Fund and BRFFR. The article presents the structure of emissions of pollutants from energy facilities in the studied regions of the Russian Federation and the Republic of Belarus. Identified most important energy facilities of the studied regions. The results of preliminary testing of the hypothesis about the impact of energy on the quality of life of the population are given. This work was partially supported by the EAPI-RFBR grant № 18-57-81001 and the RFBR grant №19-57-04003 from the Russian side and the BRFFR grant № X18EA-003 from the Belarusian side.

Keywords: geoecology, pollutant emissions, energy facilities.

References

1. Gosudarstvennyy doklad «O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchey sredy Irkutskoy oblasti v 2017 godu» [State report "On the state and protection of the environment of the Irkutsk region in 2017"]. Irkutsk. OOO "Megaprint" = Megaprint LLC. 2018. 249 p. (in Russian)
2. Gosudarstvennyy doklad «O sostoyanii ozera Baykal i merakh po yego okhrane v 2017 godu» [State report "On the state of Lake Baikal and measures for its protection in 2017"]. Irkutsk. Avtonomnaya nekommercheskaya organizatsiya "Konsul'tatsionnyy tsentr "Ekspert" = Autonomous Nonprofit Organization "Consulting center "Expert". 2018. 340 p. (in Russian)
3. Gosudarstvennyy kadastr atmosfernogo vozdukha: informatsionnyy byulleten'. 2017 g. [State Air Cadastre: Newsletter. 2017] / Edited by G.I. Glazacheva, V.V. Valentine. Minsk. 2018 (in Russian)

4. GPO «Belenergo» [SPA "Belenergo"]. Available at: <http://www.energo.by/> (accessed 30.06.2019) (in Russian).
5. Massel L.V. Problema ocenki vlijaniya jenergetiki na geojekologiju regiona: postanovka i puti reshenija [The problem of the impact assessing of energy sector on the geoecology of the region: statement and solutions] // *Informacionnye i matematicheskie tehnologii v nauke i upravlenii* = Information and mathematical technologies in science and management. 2018. №2. Pp. 5–21. (in Russian)
6. Massel L.V., Minasjan S.A., Zorina T.G., Barsegjan A.R. Ocenka vlijaniya jenergetiki na geojekologiju s ispol'zovaniem informacionnyh tehnologij [The impact assessment of the energy sector on geoecology using information technologies] // *Vestnik inzhenernoj akademii Armenii* = Bulletin of the Engineering Academy of Armenia. 2018. T. 15. № 3. Pp. 480–483. Available at: <http://engineeracademy.am> (accessed 30.06.2019). (in Russian)
7. Massel L.V., Ivanova I.Ju., Vorozhova T.N., Majsjuk E.P., Izhbuldin A.K., Zorina T.G., Barsegjan A.R. Ontologicheskie aspekty issledovaniya vzaimovlijaniya jenergetiki i geojekologii [Ontological aspects of the study of the interaction of energy and geoecology] // *Ontologija proektirovaniya* = Ontology of Design. 2018. T.8. №4 (30). Pp. 550–561. DOI: 10.18287/2223-9537-2018-8-4. (in Russian)
8. Natsional'nyy statisticheskiy komitet Respubliki Belarus' [National Statistical Committee of the Republic of Belarus]. Available at: <http://belstat.gov.by/> (accessed 30.06.2019). (in Russian)
9. OAO «Naftan» [Open Joint-Stock Company "NAFTAN"]. Available at: <http://www.naftan.by/> (accessed 30.06.2019). (in Russian)
10. Okhrana okruzhayushchey sredy: statisticheskiy sbornik [Environmental protection: a statistical compilation] / Edited by I.V. Medvedeva. Minsk. 2019. (in Russian).
11. RUP «Vitebskenergo» [Republican Unitary Enterprise “Vitebskenergo”]. Available at: <http://www.vitebsk.energo.by/> (accessed 30.06.2019). (in Russian).
12. Saneev B.G., Ivanova I.Ju., Majsjuk E.P., Tuguzova T.F. Vnedrenie prirodohrannyh meroprijatij v teplojenergetike central'noj jekologicheskoy zony Bajkal'skoj prirodnoj territorii [Implementation of environmental measures in the power system of the central ecological zone of the Baikal natural territory] // *Jekologija i promyshlennost' Rossii*= Ecology and industry of Russia. 2018. T.22. №7. Pp. 20-25. (in Russian).
13. Territorial'naja generirujushhaja kompanija №14. Oficial'nyj sajt [Territorial Generating Company №14. Official site]. Available at: https://www.tgk-14.com/about/company/bur_ener/ (accessed 30.06.2019). (in Russian)
14. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki [Federal State Statistics Service]. Available at: <http://www.gks.ru/> (accessed 30.06.2019). (in Russian)
15. Energeticheskiy balans Respubliki Belarus' [The energy balance of the Belarus Republic]. / Edited by I.V. Medvedeva. Minsk. 2018. (in Russian)
16. Massel L.V. Intelligent decision-making support in energy and ecology in view of the quality of life // *Industry 4.0*. 2018. Issue 5. Publisher: Scientific Technical Union of Mechanical Engineering “Industry 4.0”. Pp. 280–283. Available at: <https://stumejournals.com/i4.htm> (accessed 30.06.2019)
17. Massel L.V., Zorina T.G., Massel A.G. Methods and technologies for assessing the impact of energy on the geoecology of a region (using the examples of the Baikal region (Russia) and Belarus) // *International Conference OSTIS-2019*. Minsk: Belarus State University of Informatics and Radioelectronic. 2019. Pp. 209–214. Available at: <http://old.proc.ostis.net/proc/Proceedings%20OSTIS-2019.pdf> (accessed 30.06.2019)