

ГОРНОДОБЫВАЮЩИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ РЕСПУБЛИКИ БУРЯТИЯ: ВОЗДЕЙСТВИЕ НА АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ

А. Ю. Астраханцева¹, С. С. Тимофеева¹

¹ Иркутский национальный исследовательский технический университет,
Иркутск, Россия, e-mail: info@istu.edu

Аннотация: тема исследования раскрывает зависимость между масштабами добычи полезных ископаемых и экологическими последствиями для региона. На примере Республики Бурятия изучена деятельность объектов горнодобывающей промышленности, проанализировано состояние экосистемы при интенсивном воздействии добычи угля и золота. Цель исследования заключается в представлении сравнительной оценки экологического риска, растущего на фоне деятельности компаний по добыче полезных ископаемых на территории Республики Бурятия. В регионе стоит проблема загрязнения прибрежных вод, бассейнов рек, водоносных горизонтов в процессе добычи или в результате загрязнения шахтными водами от объектов, прекративших деятельность по тем или иным причинам. Авторами установлено, что за период 2019–2021 гг. на территории республики в среднем ежегодно возникали 3 чрезвычайные ситуации экологического характера, связанные с изъятием минерально-сырьевых ресурсов. В работе был предложен алгоритм мониторинга и оценивания загрязнения атмосферного воздуха через сравнение средних концентраций загрязняющих веществ. С использованием статистического метода произведен анализ производственного контроля предприятий, а при помощи метода определения индекса загрязнения атмосферы (ИЗА) выполнена оценка уровня загрязнения атмосферы схожими экострессорами в составе выбросов предприятий. По результатам расчета было установлено, что Окино-Ключевское месторождение и рудник «Ирокинда» имеют самые высокие показатели среди своей группы предприятий по виду добываемого сырья, а значит, приносят наивысший вред состоянию атмосферного воздуха. Сравнительная оценка по ИЗА позволила сделать вывод о слабозагрязненном состоянии воздушного бассейна.

Ключевые слова: горнодобывающие предприятия, экологический риск, экострессоры, индекс загрязнения атмосферы, Республика Бурятия, пыль, ранжирование предприятий, золотодобыча, уголь.

Для цитирования: Астраханцева А. Ю., Тимофеева С. С. Горнодобывающие предприятия Республики Бурятия: воздействие на атмосферный воздух и экологические риски // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2022. – № 5–2. – С. 198–208. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_52_0_198.

Mining enterprises the Republic of Buryatia: impact on atmospheric air and environmental risks

A. Yu. Astrakhantseva¹, S. S. Timofeeva¹

¹ Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia, e-mail: info@istu.edu

Abstract: The research topic reveals the relationship between the scale of mining and the environmental consequences for the region. On the example of the Republic of Buryatia, the activity of mining facilities was studied, the state of the ecosystem under the intense impact of coal and gold mining was analyzed. The purpose of the study is to present a comparative assessment of environmental risks growing against the background of the activities of mining companies on the territory of the Republic of Buryatia. In the region, there is a problem of pollution of coastal waters, river basins, aquifers during mining or as a result of pollution in mine waters from facilities that have ceased operations for one reason or another. The authors found that for the period from 2019 to 2021, on average, 3 environmental emergencies related to the withdrawal of mineral resources occurred annually on the territory of the republic. The paper proposed an algorithm for monitoring and assessing atmospheric air pollution through comparisons of average concentrations of pollutants. Using the statistical method, an analysis of the production, control of enterprises was carried out, and using the method of determining the atmospheric pollution index (ISA), in assessment of the level of atmospheric pollution by similar ecostressors as part of the emissions of enterprises was carried out. According to the results of the calculation, it was found that the Okino-Klyuchevskoye field and the Irokinda mine have the highest indicators among their group of enterprises by the type of raw materials extracted, which means they cause the highest harm to the state of atmospheric air. A comparative assessment of the ISO allowed us to conclude about the slightly polluted state of the air basin.

Key words: mining enterprises, ecological risks, ecostressors, air pollution index, Republic of Buryatia, dust, ranking of enterprises, gold mining, coal.

For citation: Astrakhantseva A. Yu., Timofeeva S. S. Mining enterprises the Republic of Buryatia: impact on atmospheric air and environmental risks. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2022;(5–2):198–208. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_52_0_198.

Введение

Катастрофы и аварии на месторождениях не только приводят к убыткам предприятия, но и нагружают экосистему промышленного района. Выработка залежей природных ресурсов наносит вред окружающей среде, в местах добычи происходит нарушение привычной биосистемы [1]. Деятельность компаний горнодобывающей промышленности приводит к загрязнению прибрежных вод, а также бассейнов рек, нередко производство является причиной затопления и заболачивания подработанных территорий. Не стоит забы-

вать об общем изменении микроклимата в результате вмешательства деятельности горнодобывающего предприятия в экосистему территории. Технологические процессы по изъятию минерально-сырьевых ресурсов приводят к засолению, обезвоживанию и загрязнению почв, сельскохозяйственных земель, деградации растительности и лесных массивов; природная реабилитация последних, как известно, занимает сотни лет [2–4]. Основным видом воздействия добывающего предприятия на состояние воздушного бассейна является загрязнение атмосферного воздуха веществами,

которые никогда не содержались в окружающей среде, они оказывают разрушающее воздействие на биосферу и население и трудно поддаются переработке [5, 6]. В данной статье предлагается осветить крупнейшие последствия негативного воздействия горнодобывающей отрасли на экологию в рамках одного субъекта Российской Федерации — Республики Бурятия, занимающей 72-е место среди регионов по худшим условиям экологии. Целью данной работы является изучение статистической отчетности и данных результатов производственного контроля предприятий Республики, представление сравнительной оценки экологического риска добывающего предприятия Республики Бурятия через показатель ИЗА [7].

Характеристика промышленной добычи в регионе

Всесторонний анализ теоретических положений, изложенных в работах [7, 8], помог провести сравнительную оценку среди соседних регионов и субъектов, где, также как в Республике Бурятия, проживает почти 1 миллион человек. По добыче полезных ископаемых Бурятия на последнем месте из всех субъектов РФ: объем добываемого сырья республики в 25 раз меньше, чем в Республике Саха (Якутия); в 18 раз меньше, чем в Иркутской области; в 8 раз меньше, чем в Томской области; в 6 раз меньше, чем в Астраханской области, и в 3 раза меньше, чем у Забайкальского края. В недрах Бурятии находится более 700 месторождений: 247 месторождений золота (по запасам Бурятия занимает 14-е место в России, а по добыче — 9-е); 7 месторождений вольфрама (в Республике сконцентрировано 27% общероссийских запасов, крупнейшими являются Холтосонское и Инкурское месторождения); 4 месторождения полиметаллов (в регионе сконцентрировано 24% свинца, 48%

цинка, крупнейшими месторождениями являются Озерное и Холоднинское); 2 месторождения молибдена (сконцентрировано 37% общероссийских запасов); 2 месторождения бериллия, в том числе крупнейшее и уникальное в России Ермаковское месторождение в Кижингинском районе; 14 месторождений угля (всего на территории Республики сконцентрировано чуть больше 1,1% от общероссийских запасов, основная добыча ведется на Тугнуйском угольном разрезе, а также в Селенгинском районе). На территории Республики Бурятия осуществляют деятельность 45 объектов различных классов опасности (II, III, IV), производственные мощности основных объектов добычи представлены в табл. 1.

Влияние на экосистему региона

В Бурятии производственные объекты преимущественно расположены в Окинском, Тункинском, Баунтовском эвенкийском, Северо-Байкальском, Муйском, Джидинском, Еравнинском районах. Эти муниципальные образования богаты свежей водой и играют ключевую роль в экологии байкальского фактора.

Большинство предприятий горной добычи республики стремится к сокращению объема забора воды из естественных источников и увеличению объема ее повторного использования. В систему замкнутого водооборота рудных активов входит золотоизвлекательная фабрика (ЗИФ), карьер, хвостохранилища, очистные сооружения, пруды-отстойники. Благодаря замкнутой схеме вода на предприятиях используется повторно. Забор воды восполняет потери в оборотной системе водоснабжения и хозяйственно-бытовых нужд. Существуют предприятия, которые в результате износа очистных сооружений и недостаточной степени очистки

Таблица 1

Горнодобывающие предприятия Республики Бурятия
Mining enterprises of the Republic of Buryatia

Наименование предприятия	Добываемое сырье	Технология добычи ископаемого	Производственная мощность
<i>Золотодобывающие компании</i>			
ПАО «Бурятзолото» (рудник «Ирокинда»)	золото	подземный	1,5 т/год
ООО Артель старателей «Западная» (Кедровское месторождение)	золото	подземный	1,54 т/год
ООО Артель старателей «Сининда-1» (Нерундинское месторождение)	золото	открытый	0,118 т/год
ООО «Хужир Энтерпрайз» (Коневинское месторождение)	золото	подземный	0,4 т/год
<i>Угледобывающие компании</i>			
АО «Разрез Тугнуйский»	каменный уголь	открытый	15 млн т/год
ООО «Угольный разрез» (Окино-Ключевское месторождение)	бурый уголь	открытый	0,051 (0,250*) млн т/год
ООО «Бурятская горнорудная компания»	бурый уголь	открытый	—
ООО «Восточно-Сибирская горная компания».	бурый уголь	открытый	—

Примечание. *максимально возможная добыча угля

карьерных, шахтных и промышленных стоков существенно повышают ПДК, обогащают вредными компонентами водоносные горизонты подземных вод, например, угольными частицами, тонкодисперсными породами в объемах до тысяч мг/л в зависимости от времени и объемов сброса [9]. Например, основными экстрессорами для водного бассейна в районе деятельности угледобывающих предприятий являются: сухой остаток, сульфаты, хлориды, взвешенные вещества, нитраты, БПК_{полн.}, железо и нефтепродукты. От ЗИФ в водные объекты при недостаточной очистке могут попасть нефтепродукты, взвешенные вещества, железо, медь и цинк [10–12]. Так, например, в июне 2019 года из уже не эксплуатируемой шахты «Западная» в Закаменском районе Республики Бурятия наблюдался выход из штольни шахтных вод оран-

жевого («ржавого» цвета) и впадение их в р. Модон-Куль. По предварительным данным, до 1993 года на шахте осуществлялась добыча вольфрама и молибдена. По результатам лабораторных исследований, в пробе воды, отобранной в месте впадения штольневых вод, установлено превышение гигиенических нормативов по содержанию сульфатов в 1,7 раз, кадмия в 99 раз, марганца в 91 раз, никеля в 4,3 раза, цинка в 6 раз, свинца в 20 раз, фторидов в 2,7 раз, аммиака в 3 раза, железа в 78 раз, фосфатов в 2,5 раза [13]. Пример такой масштабной экологической чрезвычайной ситуации может говорить не только о ненадлежащем внимании к деятельности работающих по настоящее время объектов, но и безразличном отношении к отработанным или заброшенным местам варварского разграбления недр.

Принимая во внимание республиканскую целевую программу «Экология и природные ресурсы Республики Бурятия (2005–2008 гг.)», установлено около 200 неэксплуатируемых месторождений, которые формируют проблему недоиспользования разведанных запасов угля, бериллия, золота, плавикового шпата. Они нуждаются в обеспечении повышенных экологических требований при эксплуатации, прежде всего месторождений золота, и закрытии горнодобывающих предприятий, в том числе Джидинского ГОКа.

Согласно динамике вклада Республики Бурятия по основным видам экономической деятельности стационарных источников в загрязнение атмосферного воздуха в 2019 году (рис. 1), третий по значимости вклад у предприятий по добыче полезных

ископаемых. Известно, что продукты сгорания топлива — выхлопные газы от автотранспорта горнодобывающего предприятия; пыль с поверхности карьера, отвалов, хвостохранилищ, из узлов погрузки, разгрузки и сортировки сыпучих материалов; выбросы газообразных и взвешенных веществ от различных производств; испарение из емкостей для хранения химических веществ и топлива — являются основными видами воздействия предприятия на атмосферный воздух, пополняющими концентрации в нем вредных выбросов загрязняющих веществ [2, 14].

Основной вклад в загрязнение воздушного пространства — у предприятий топливно-энергетического комплекса и предприятий, занимающихся добычей ресурса, который является основой их функционирования — угля. Добыча

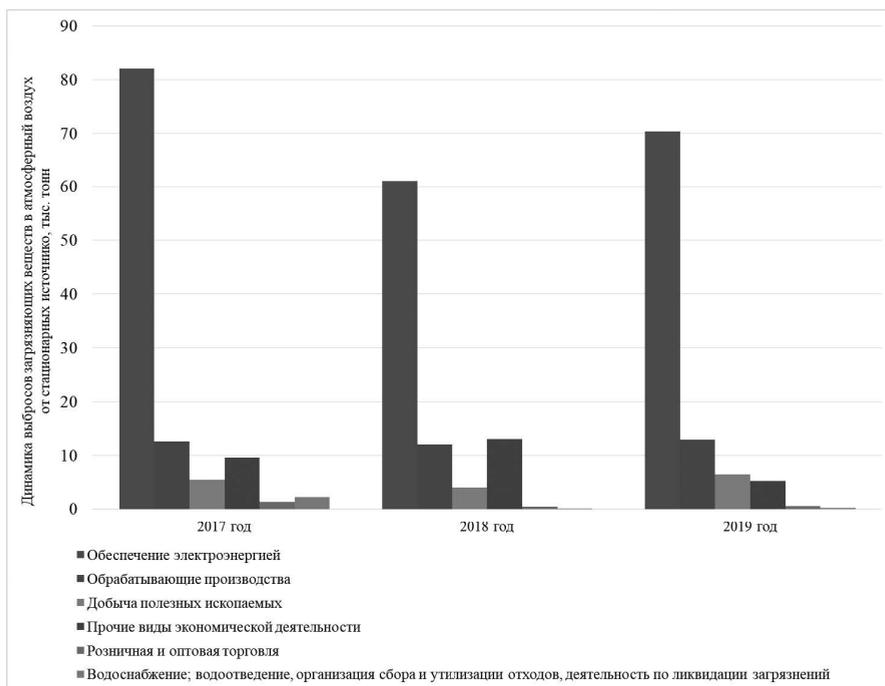


Рис. 1. Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников по основным видам экономической деятельности, тысяч тонн [15]

Fig. 1. Dynamics of emissions of pollutants into the atmospheric air from stationary sources by main types of economic activity, thousands of tons [15]

ведется открытым и подземным способами, при этом уголь может отправляться на обогащение и агломерацию. Основными экострессорами для воздушного бассейна над угледобывающим предприятием являются шахтный метан, неорганическая пыль, оксиды (азота, серы, углерода), углеводороды (без летучих органических соединений), летучие органические соединения (ЛОС). Основными экострессорами для предприятий золотодобычи являются неорганическая пыль, углеводороды, оксиды азота, углерода, серы и аэрозоли (при сварочных работах) [7, 8].

Методы и материалы

Негативное воздействие на окружающую среду оценивается экологическим риском — вероятностью наступления нежелательных последствий вследствие негативного воздействия на компоненты окружающей среды [7].

Экологический риск горнодобывающих предприятий оценивали с использованием статистического метода. Был произведен анализ производственного контроля предприятий, а при помощи метода определения ИЗА выполнена оценка уровня загрязнения атмосферы схожими экострессорами в составе выбросов предприятий. Индекс загряз-

нения атмосферы — это комплексный санитарно-гигиенический показатель степени загрязненности атмосферного воздуха, применяется для сравнительной оценки загрязнения атмосферы с установлением приоритетных загрязнителей и их источников. ИЗА выражает отношение среднегодовой концентрации какого-либо вещества к его предельно допустимой концентрации [16, 17].

Расчет индексов загрязнения атмосферы

Нами выполнен расчет значений показателя ИЗА для исследуемых предприятий горнодобывающей промышленности Республики Бурятия. В работах авторов [7, 8] показатель ИЗА рассчитывается по формуле:

$$\text{ИЗА} = \sum_{i=1}^m \left(\frac{C_i}{\text{ПДК}_{\text{cci}}} \right)^{p_i}, m = 3 \dots 6, \quad (1)$$

где C_i — фактическая среднегодовая концентрация i -го вещества в атмосферном воздухе с ПДК_{cci} , p_i — показатель зависимости от класса опасности вещества [18]), m — число определяемых веществ.

Данные для расчета суммарного ИЗА по каждому производственному объекту представлены в табл. 2.

Таблица 2

Усредненные показатели концентраций вредных веществ по исследуемым предприятиям в период 2015–2020 гг.

Averaged indicators of concentrations of harmful substances for the studied enterprises in the period 2015-2020.

Исследуемое предприятие	Диоксид азота	Диоксид серы	Оксид углерода	Неорганическая пыль
	ПДК _{cc}			
	0,04	0,05	3	0,15
Концентрация вредного вещества, мг/м ³				
АО «Разрез Тугнуйский»	0,00008	0,0025	0,06	0,01125
ООО «Угольный разрез» Окино-Ключевское месторождение	0,043	0,0025	4,5	0,02

Окончание табл. 2

Исследуемое предприятие	Диоксид азота	Диоксид серы	Оксид углерода	Неорганическая пыль
	ПДК _{сс}			
	0,04	0,05	3	0,15
	Концентрация вредного вещества, мг/м ³			
ООО «Бурятская горнорудная компания»	0,0014	0,00055	0,144	0,00225
ООО «Восточно-Сибирская горная компания».	0,0008	0,09	0,15	0,015
ОАО «Бурятзолото», рудник «Ирокинда»	0,0384	0,012	3,285	0,2265
ООО Артель старателей «Сининда-1», (Нерундинское месторождение)	0,046	0,0075	0,51	0,0165
ООО «Артель старателей Западная», (Кедровское месторождение)	0,000072	0,00005	0,06	0,168
ООО «Хужир Энтепрайз» (Коневинское месторождение)	0,012	0,0074	2,55	0,04425

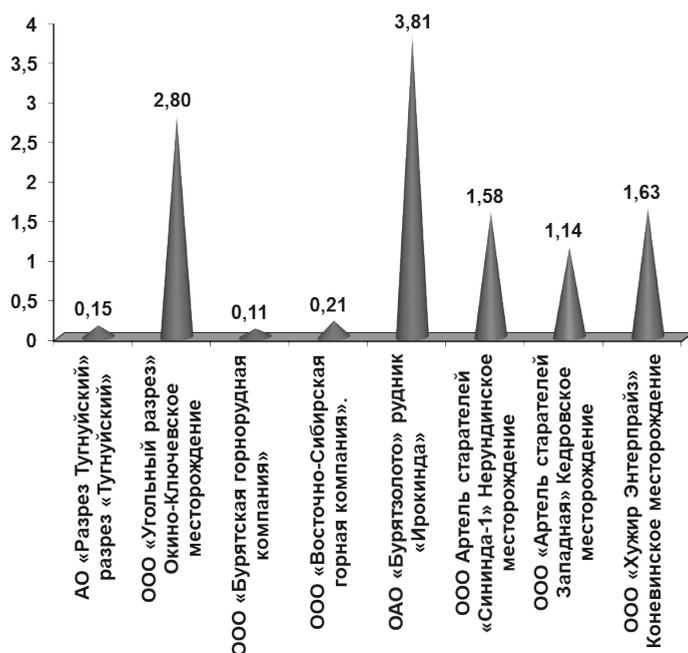


Рис. 2. Ранжирование горных предприятий по суммарному индексу загрязнения атмосферы в период 2015–2020 гг.

Fig. 2. Ranking of mining enterprises by the total index of atmospheric pollution in the period 2015–2020

Расчеты проводились на базе основных и наиболее распространенных экострессоров (неорганическая пыль (силикатная), оксид углерода, диоксиды азота, серы). Расчеты позволили установить наибольший урон по ИЗА среди предприятий золотодобычи и добычи цветных металлов в районе действия ПАО «Бурятзолото», рудник «Ирокинда», который является источником существенного загрязнения атмосферы по неорганической пыли, оксидам углерода и азота [19]. Среди предприятий, занимающихся добычей сырья для топливно-энергетического комплекса, а именно каменного угля, на основании тех же расчетов лидирующую позицию заняло месторождение бурого угля ООО «Угольный разрез» Окино-Ключевское (добыча открытым способом). Согласно расчетам, высокие показатели отмечаются по оксиду углерода, диоксиду азота и неорганической пыли. Ранжирование предприятий по суммарному ИЗА представлено на рис. 2.

Заключение

По результатам расчета было установлено, что Окино-Ключевское место-

рождение и рудник «Ирокинда» имеют самые высокие показатели среди своей группы предприятий ввиду добываемого сырья, а значит, приносят наивысший вред. Для оценки степени загрязненности атмосферного воздуха используется шкала оценки по приоритетным веществам, имеет следующие характеристики интервалов и состояний: если величина ИЗА меньше 2,5 — атмосфера чистая; от 2,5 до 7,5 — слабозагрязненная; от 7,5 до 12,5 — загрязненная; от 12,5 до 22,5 — сильнозагрязненная; от 22,5 до 52,5 — высокозагрязненная; более 52,5 — экстремально загрязненная [16, 17]. Сравнительная оценка по ИЗА позволила сделать вывод о слабозагрязненном состоянии воздушного бассейна.

Вклад авторов

Астраханцева А. Ю. — получение данных для анализа, выполнение работы по систематизации материала, анализ результатов исследования и подготовка данных, написание текста статьи.

Тимофеева С. С. — генерация идеи исследования, постановка задачи исследования.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Rose A.* Distributional Considerations for Transboundary Risk Governance of Environmental Threats // *International Journal of Disaster Risk Science*. 2018, no. 4, pp. 445–453. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13753-018-0205-6>.
2. *Базарова С. Б.* Воздействие горнодобывающих предприятий на экосистему региона и оценка эффективности их экологической деятельности // *Региональная экономика и управление: электр. науч. журн.* 2007. № 2. URL: <https://eee-region.ru/article/1008> (дата обращения 28.08.2021).
3. *Карташова О. В.* Влияние отраслей промышленности на экологию окружающей среды: сборник докладов. — Горно-Алтайск: Изд-во РИО ГАГУ, 2012. — 117 с.
4. *Косолапов О. В.* Типизация воздействий, оказываемых на окружающую среду при разработке месторождений полезных ископаемых // *Известия Уральского государственного горного университета*. — Екатеринбург: Изд-во: Уральский государственный горный университет. — 2014. — № 2. — С. 54–60.
5. *Aitsi-Selmi A., Murray V., Wannous C., Dickinson C., Johnson D., Kawasaki A., Stevanca A.-S., Yeung T.* Reflections on a science and technology agenda for 21st century

disaster risk reduction // International Journal of Disaster Risk Science. 2016, no. 7, pp. 1–29. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13753-016-0081-x>.

6. *Rajib S.* Thirty Years of Science, Technology, and Academia in Disaster Risk Reduction and Emerging Responsibilities // International Journal of Disaster Risk Science. 2020, no. 11, pp. 414–425. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13753-020-00264-z>.

7. *Мурзин М. А.* Горные предприятия как источник экологических рисков // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2016. — № 2. — С. 374–383.

8. *Мурзин М. А., Тимофеева С. С.* Комплексная оценка экологических рисков горнодобывающих предприятий Байкальского региона // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2018. — № S27. — С. 100–112. DOI: <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2018-6-27-100-112>.

9. *Вилисова К. Е.* Экологические проблемы подземной добычи полезных ископаемых в Кузбассе // Материалы IV Молодежного Экологического Форума «Проблемы комплексного освоения полезных ископаемых». — Кемерово: КузГТУ, 2019. — С. 9–13.

10. *Колесникова Л. А.* Анализ состояния окружающей среды в регионах с горнодобывающими предприятиями // Уголь. — 2017. — № 4. — С. 68–69. DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2017-4-68-69>.

11. *Onsachi J. M., Yakubu H. M., Shaibu M. M.* Evaluation of Potentially Toxic Elements (PTE) From Mine Effluence Discharge // The International Journal of Engineering and Science (IJES). 2018, vol. 7, pp. 47–54. DOI: <https://doi.org/10.9790/1813-0709034754>.

12. *Uche O. C., Andrew S. H.* Evaluating controls on potentially toxic element release in circum-neutral mine water: a case study from the abandoned Pb–Zn mines of Leadhills and Wanlockhead, South of Scotland, United Kingdom // Environmental Earth Sciences. 2020. 13 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12665-020-09108-x>.

13. *Астраханцева А. Ю., Тимофеева С. С.* Анализ экологических последствий чрезвычайных ситуаций на территории Республики Бурятия // Техносферная безопасность в XXI веке: материалы X Всерос. науч.-практ. конф. магистрантов, аспирантов и молодых ученых. — Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2020. — С. 296–300.

14. *Peters L. E-R., Kelman I.* Critiquing and Joining Intersections of Disaster, Conflict, and Peace Research // International Journal of Disaster Risk Science. 2020, no. 11, pp. 555–567. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13753-020-00289-4>.

15. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Республики Бурятия в 2019 году». — Улан-Удэ: Министерство природных ресурсов Республики Бурятия, 2020. — 267 с.

16. *Спатарь Е. В., Чемезов Е. Н.* Методы оценки рисков в области техносферной безопасности // Актуальные вопросы технических наук: материалы IV Международной научной конференции. — 2018. — С. 57–60.

17. *Колесникова Л. А., Новиков А. С.* Методический подход к оценке экологических рисков для достижения устойчивого развития промышленного предприятия // Уголь. — 2019. — № 6. — С. 98–101. DOI: <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2019-6-98-101>.

18. *Лихотин В. В., Бородин Д. Б.* Расчет индекса загрязнения атмосферы при разработке проекта инновационного центра // Техногенная и природная безопасность: Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции. — Саратов: Амрит, 2017. — С. 259–263.

19. *Кириллова Ю. А., Хитрин К. П., Герасимова А. Г.* Добыча каменного угля в Республике Бурятия как источник загрязнения атмосферы // Аспирант. — 2017. — № 9 (35). — С. 55–58. **WAS**

REFERENCES

1. Rose A. Distributional Considerations for Transboundary Risk Governance of Environmental Threats. *International Journal of Disaster Risk Science*. 2018, no. 4, pp. 445–453. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13753-018-0205-6>.
2. Bazarova S. B. Impact of mining enterprises on the ecosystem of the region and assessment of the effectiveness of their environmental activities. *Regional economics and Management: Electr. scientific journal*. 2007, no. 2, available at: <https://eee-region.ru/article/1008> (accessed 28.08.2021). [In Russ].
3. Kartashova O. V. Influence of industries on environmental ecology. *Scientific Conference, Abstracts of Papers*. Gorno-Altaysk. RIO GAGU Publ., 2012, 117 p. [In Russ].
4. Kosolapov O. V. Typification of the impacts exerted on the environment during the development of mineral deposits. *Izvestiya Ural State Mining University*. 2014, no. 2, pp. 54–60. [In Russ].
5. Aitsi-Selmi A., Murray V., Wannous C., Dickinson C., Johnson D., Kawasaki A., Stevance A.-S., Yeung T. Reflections on a science and technology agenda for 21st century disaster risk reduction. *International Journal of Disaster Risk Science*. 2016, no. 7, pp. 1–29. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13753-016-0081-x>.
6. Rajib S. Thirty Years of Science, Technology, and Academia in Disaster Risk Reduction and Emerging Responsibilities. *International Journal of Disaster Risk Science*. 2020, no. 11, pp. 414–425. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13753-020-00264-z>.
7. Murzin M. A. Mining enterprises as a source of environmental risks. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2016, no. 2, pp. 374–383. [In Russ].
8. Murzin M. A., Timofeeva S. S. Comprehensive assessment of environmental risks of mining enterprises of the Baikal region. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2018, no. S27, pp. 100–112. [In Russ]. DOI: <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2018-6-27-100-112>.
9. Vilisova K. E. Ecological problems of underground mining in Kuzbass. *Materials of the IV Youth Ecological Forum «Problems of integrated development of minerals»*. Kemerovo, KuzSTU Publ., 2019, pp. 9–13. [In Russ].
10. Kolesnikova L. A. Analysis of the state of the environment in regions with mining enterprises. *Ugol'*. 2017, no. 4, pp. 68–69. [In Russ]. DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2017-4-68-69>.
11. Onsachi J. M., Yakubu H. M., Shaibu M. M. Evaluation of Potentially Toxic Elements (PTE) From Mine Effluence Discharge. *The International Journal of Engineering and Science (IJES)*. 2018, vol. 7, pp. 47–54. DOI: <https://doi.org/10.9790/1813-0709034754>.
12. Uche O. C., Andrew S. H. Evaluating controls on potentially toxic element release in circum-neutral mine water: a case study from the abandoned Pb–Zn mines of Leadhills and Wanlockhead, South of Scotland, United Kingdom. *Environmental Earth Sciences*. 2020. 13 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12665-020-09108-x>.
13. Astrakhantseva A. Yu., Timofeeva S. S. Analysis of environmental consequences of emergency situations on the territory of the Republic of Buryatia. Technosphere safety in the XXI century: *Materials of the X All-Russian Scientific and Practical Conference of undergraduates, postgraduates and young scientists*. Irkutsk, INRTU Publ. 2020, pp. 296–300. [In Russ].
14. Peters L. E.-R., Kelman I. Critiquing and Joining Intersections of Disaster, Conflict, and Peace Research. *International Journal of Disaster Risk Science*. 2020, no. 11, pp. 555–567. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13753-020-00289-4>.
15. Gosudarstvennyy doklad «O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchey sredy Rossiyskoy Federatsii v 2019 godu» [State report «On the state and protection of the environment of the Republic of Buryatia in 2019»], Ulan-Ude, Ministerstvo prirodnih resursov Respubliki Burjatija., 2020, 760 p. [In Russ].

16. Spatar E. V., Chemezov E. N. Methods of risk assessment in the field of technosphere safety. Current issues of technical Sciences: *Materials of the IV International scientific conference*. 2018, pp. 57–60. [In Russ].

17. Kolesnikova L. A., Novikov A. S. Methodical approach to the assessment of ecological risks to the achievement of sustainable development of industrial enterprises. *Ugol'*. 2019, no. 6, pp. 98–101. [In Russ]. DOI: 10.18796/0041–5790–2019–6–98–101.

18. Likhotin V. V., Borodin D. B. Calculation of the atmospheric pollution index during the development of the innovation center project. Technogenic and natural safety: *Materials of the IV All-Russian Scientific and Practical Conference*. Saratov, Amirit Publ., 2017, pp. 259–263. [In Russ].

19. Kirillova Yu. A., Khitrin K. P., Gerasimova A. G. Coal mining in the Republic of Buryatia as a source of atmospheric pollution. *Graduate Student*. 2017, no. 9, pp. 55–58. [In Russ].

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Астраханцева Александра Юрьевна*¹ – аспирант, <https://orcid.org/0000-0003-0405-7082>, aleksandraastra@yandex.ru;

*Тимофеева Светлана Семеновна*¹ – докт. техн. наук, профессор, <https://orcid.org/0000-0001-8427-3732>, timofeeva@istu.edu;

¹ Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 83, Россия.

Для контактов: *Астраханцева А. Ю.*, e-mail: aleksandraastra@yandex.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*Astrakhanitseva A. Yu.*¹, Graduate Student, aleksandraastra@yandex.ru;

*Timofeeva S. S.*¹, Dr. Sci. (Eng.), Professor, timofeeva@istu.edu;

¹ Irkutsk National Research Technical University, 664074, Irkutsk, Russia.

Corresponding author: *Astrakhanitseva A. Yu.*, e-mail: aleksandraastra@yandex.ru.

Получена редакцией 01.10.2021; получена после рецензии 25.03.2022; принята к печати 10.04.2022.

Received by the editors 01.10.2021; received after the review 25.03.2022; accepted for printing 10.04.2022.

