ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень /
MIAB. Mining Informational and Analytical Bulletin, 2023;(12-1):31–43
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 504.054 DOI: 10.25018/0236_1493_2023_121_0_31

ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ НАКОПЛЕННОГО ВРЕДА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ (НА ПРИМЕРЕ ЛЕВИХИНСКОГО РУДНИКА)

С. А. Дегтярев[1], **В. Б. Болтыров**[1], **А. А. Прокопьева**[1], **М. М. Шайхутдинова**[1]

[1] Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, Россия

Аннотация: С целью анализа проблемы учета объектов накопленного вреда рассмотрена конкретная ситуация на Левихинском месторождении. Статья описывает текущее состояние загрязнения территории Левихинского рудника. Исследование проводилось в условиях полевых работ летом 2021 года. Были отобраны пробы грунта на северной группе отвалов Левихинского рудника. Произведен анализ на количественное содержание шести металлов: меди, цинка, марганца, железа, никеля, кобальта. Результаты исследования показали значительное превышение концентраций над содержаниями в пробах фоновой территории по трем химическим элементам: медь, цинк и железо. Рекультивация отвалов рудника невозможна, так как месторождение относится к категории остановленных в связи с наличием значительных непогашенных запасов полезных ископаемых. Левихинский рудник закрыли в 2003 году на мокрую консервацию, вследствие чего произошел самоизлив кислых шахтных вод на поверхность. Это привело к обострению экологической проблемы на его территории и определило его в категорию объектов накопленного вреда окружающей среде. Для включения данного объекта в государственный реестр объектов накопленного вреда окружающей среде необходимо провести инвентаризацию. Существующие осложнения при учете объектов делают невозможным будущую ликвидацию данного объекта. Для решения подобных проблем в дальнейшем предлагается создание базы объектов, возможных к внесению в государственный реестр объектов накопленного вреда по Свердловской области.

Ключевые слова: объект накопленного вреда, Левихинский рудник, отвал, концентрация металлов, государственный реестр, база объектов, рекультивация, антропогенная нагрузка.

Для цитирования: *Дегтярев С. А., Болтыров В. Б., Прокопьева А. А., Шайхутдинова М. М.* Обоснование системы инвентаризации объектов накопленного вреда окружающей среде (на примере Левихинского рудника) // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2023. – № 12-1. – С. 31–43. DOI: 10.25018/0236_1493_2023_121_0_31.

The necessity for an inventory system of accumulated harm objects on the Levikhinsky mine

S. A. Degtyarev[1], **V. B. Boltyrov**[1], **A. A. Prokopyeva**[1], **M. M. Shaikhutdinova**[1]

[1] Ural State Mining University, Yekaterinburg, Russia

© С. А. Дегтярев, В. Б. Болтыров, А. А. Прокопьева, М. М. Шайхутдинова. 2023

Abstract: We analyzed the accounting problems for objects of accumulated harm during field work in the Levikhinsky mine in 2021. Soil samples were taken on the northern group of dumps. We studied a quantitative content of copper, zinc, manganese, iron, nickel and cobalt in ones. The concentration of copper, zinc and iron in such samples is much higher than those in the background areas. The field was stopped due to significant reserves of outstanding minerals. Therefore, the reclamation of dumps is impossible. The Levikhinsky mine was closed in 2003 for wet conservation, after which acidic mine waters spontaneously poured out to the surface. Consequently, the ecological situation in the respective territory has become aggravated. This determines that the Levikhinsky mine can be classified as an object of accumulated environmental damage. To include this object in the state register of objects of accumulated environmental damage, it is necessary to conduct an inventory. Complications have made it unachievable to liquidate this object. To prevent similar problems in the future, we suggest to create base of objects for the introduction in state register of accumulated harm objects in the Sverdlovsk region.

Key words: object of accumulated damage, Levikhinsky mine, dump, concentration of metals, state register, base of objects of accumulated damage, reclamation.

For citation: Degtyarev S. A., Boltyrov V. B., Prokopyeva A. A., Shaikhutdinova M. M. The necessity for an inventory system of accumulated harm objects on the Levikhinsky mine. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2023;(12-1):31—43. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2023_121_0_31.

Введение

Историческое развитие стран, включающее экономические реформы, военные конфликты и другие этапы, впоследствии приводит к образованию объектов прошлой деятельности. Те объекты, которые не были ликвидированы до конца, в 2016 году получили название «объекты накопленного вреда окружающей среде».

Подобные объекты являются источниками не только высокой антропогенной нагрузки на компоненты природной среды, но и значительного негативного влияния на здоровье населения близлежащих селитебных зон. У граждан, проживающих на территориях, подверженных негативному влиянию объектов накопленного вреда, отмечаются болезни эндокринной системы, заболевания сердечно-сосудистой системы, рост онкологических заболеваний [1, 2] и снижение продолжительности жизни [3]. Многочисленные исследования подтвердили, что накопление тяжелых металлов снижает качество почвы и угрожает окружающей среде и здоровью человека [4].

В России официальное регулирование в области объектов накопленного вреда окружающей среде начинается с введения в действие закона № 254 от 03.07.2016, которым в Федеральный закон № 7-ФЗ «Об окружающей среде» была добавлена глава XIV.1. «Ликвидация накопленного вреда окружающей среде», регламентирующая вопросы выявления, оценки, учета и ликвидации накопленного вреда окружающей среде (НВОС) [5].

Согласно статье 80.1 данного федерального закона, выявление объектов накопленного вреда проводится на основе проведенной инвентаризации и обследования территорий и акваторий. Обследование объектов включает в себя сбор документов, устанавливающих право собственности на земельный участок, сбор и изучение фондовых материалов, описывающих территорию или акваторию, сбор сведений о возможных причинах загрязнения территории, акватории и проведение инженерных изысканий и других видов работ с целью уточнения данных

о земельном участке, на котором расположен объект.

По всем выявленным в ходе инвентаризации объектам ведется учет путем включения их в государственный реестр объектов накопленного вреда окружающей среде (ГРОНВОС). Однако, как писали в [6] Уланов А. Ю., Бахмин В. И., Коробова О. С., ГРОНВОС и другие подобные системы кадастров месторождений и реестров объектов размещения отходов не содержат полную актуальную информацию по объектам отходов недропользования, в том числе ликвидированных предприятий.

На январь 2023 года в реестре НВОС насчитывается 528 объектов с территории всей России. Однако в перечне возможных к внесению в реестр объектов насчитывается порядка 3000 единиц по всей Российской Федерации. При этом, по результатам ранжирования, свалки твердых коммунальных отходов (ТКО) составляют 43% от общего числа объектов размещения отходов, включенных в группу приоритетных к ликвидации объектов. В то же время влияние на окружающую среду объектов добычи полезных ископаемых, деятельности химических производств и нефтепереработки значительно превышает влияние свалок ТКО [7].

На данный момент в России накоплено более 80 млрд тонн горнопромышленных отходов, включающих в себя отвалы горных пород, шламохранилища, шлакоотвалы и другие. На Урале только в Свердловской области за 300 лет накопилось более 8,5 млрд тонн отходов горнодобывающих, обогатительных, металлургических, энергетических и химических производств, которые образовали 188 самостоятельных техногенных месторождений различных типов с объемом накопленных отходов в каждом из них свыше 1000 тонн [8, 9].

Целью данной работы является исследование проблемы внесения в государственный реестр объектов накопленного вреда Левихинского рудника и разработка метода решения проблемы.

Объект исследования

Левихинская группа месторождений представляет собой крупный рудоносный район протяженностью 3,5 км, состоящий из 14 месторождений. Левихинские месторождения сложены 800 рудными телами медистых и серных колчеданов и медистых и цинковистых вкрапленных руд, сгруппированных в ряд самостоятельных месторождений: Левиха I, Левиха II, Левиха III ... , Левиха XIV. Из этого количества месторождений отработано около 100 рудных тел; руды являются комплексными, содержащими, кроме меди и цинка, селен, теллур, индий, галлий, кадмий, германий, мышьяк и другие химические элементы.

Отработка Левихинского рудника в период 1927–2003 гг. шла открытым (до глубины 70 м) и подземным (до глубины 618 м системами с подэтажным обрушением) способами [10]. Начиная с 1997 года объемы добычи на Левихинском руднике сокращались, долги росли. К 2003 году добычу руды прекратили, а шахты поставили на мокрую консервацию. Два последующих года рудник проходил стадию самозатопления. Даже после прекращения горных работ химический состав шахтных вод затопленных рудников длительное время имеет специфические свойства [11].

На территориях затапливаемых подземных рудников возможно превышение предельного уровня подземных вод над его естественным положением [12, 13] подтопление и заболачивание территорий [14]. На медно-колчедан-

ных и сульфидных месторождениях длительная аэрация массива в объеме шахтного поля после затопления видоизменяет химический облик подземных вод [15]. Затопление рудника привело к поднятию кислых шахтных вод (КШВ) на поверхность, что ставит под угрозу подтопления [16], загрязнения прилегающих территорий, в том числе населенных пунктов и водоемов. Для нейтрализации кислых шахтных вод применяли негашеную известь [17, 18], гидроксид натрия (каустическая сода) или известняк [17], а уже позднее стали использовать известковое молоко. Нейтрализация известковым молоком позволяет снизить кислотность, но приводит к выпадению в осадок металлической составляющей загрязненных вод. Реакция, протекающая при смешивании КШВ с известью, приводит к образованию нерастворимого солевого осадка. На данный момент нейтрализованные шахтные воды сбрасывают в уже переполненный пруд-отстойник.

В ходе исследования с целью инвентаризации и оценки отвалов Левихинского рудника было выявлено, что отвалы принадлежат разным годам образования. Вызвано это тем, что отработка месторождения начиналась с 1927 года и продолжалась вплоть до 2000-х годов. Иными словами, на территории рудника находятся отвалы возрастом свыше 90 лет и молодые, возрастом 20 лет.

Сульфиды железа, меди и цинка на старых отвалах со временем могут полностью разрушиться под влиянием химического и бактериального выщелачивания. Данные процессы превращают сульфиды железа в гидроокислы, а медь и цинк в процессе выщелачивания выносятся на поверхность вместе со стоками. На таких отвалах рекомендуется переходить к биологической рекультивации, то есть к формированию почвенного слоя, посеву трав и лесонасаждений. При принятии мер по восстановлению растительности в горнорудном районе необходимо учитывать различную толерантность и аккумулятивные свойства растений к тяжелым металлам [19]. Выбор подходящих видов растений очень важен для обеспечения самоподдерживающегося растительного покрова [20].

Более молодые отвалы к нынешнему времени еще не прошли естественную химическую рекультивацию. По причине наличия значительного количества легкорастворимых загрязнителей эти образования не отвечают требованиям ГОСТ 17.5.1.03–86 для биологической рекультивации [21]. Соответственно, существует необходимость проводить нейтрализацию сульфидов с использованием комплекса геотехнологических методов. Одним из таких является кучное выщелачивание. Кислые шахтные воды рудника подходят для орошения молодых отвалов [22].

Реабилитация природной среды является одним из основных путей нейтрализации техногенных последствий и восстановления нарушенных территорий [23].

Методы исследования

В рамках инвентаризации летом 2021 года были проведены полевые работы в целях оценки накопленного вреда на территории Левихинского рудника.

Геологические комплексы Левихинского рудного поля простираются преимущественно субмеридионально, на основании чего маршруты были построены в субширотном направлении.

На пикетах наблюдения в ходе полевых работ были выделены естественные и искусственные ландшафты. Кроме того, были охарактеризованы наблюдаемые экзогенные геологи-

ческие процессы, отобраны пробы грунтов, описаны почвы, растительность, поверхностные воды и донные отложения. Опробование проводилось на топографической основе масштаба 1:10000.

На каждом пикете методом «конверта» на поверхности отвала были заданы пять основных точек опробования — четыре по краям и одна в центре отвала [24]. Были отобраны 5 единичных проб грунта, которые объединялись в единую сборную пробу.

Пробы отбирались на глубине 1 метра. По результатам отбора вес единичной пробы составил 0,2 кг, сборной — 1 кг. Исследование проб проводилось методом количественного спектрального анализа на 6 металлов: медь, цинк, марганец, железо, никель, кобальт. Всего было исследовано 45 сборных проб — 4 с северной группы отвалов, 10 с центральной группы отвалов, 6 с восточной группы отвалов, 19 с южной группы отвалов, 5 фоновых проб и 1 проба с первого пруда отстойника. Исследование проб грунта проводилось испытательным лабораторным центром ООО «Тест-Эксперт» г. Екатеринбург.

В Приложении № 3 к Пояснительной записке к проекту Концепции Федеральной целевой программы «Ликвидация накопленного экологического ущерба на 2014–2025 годы. Методика оценки проектов по ликвидации накопленного экологического ущерба для финансирования в рамках Программы» [25] описаны критерии отбора первоочередных проектов. Критерии и результаты оценки Левихинского рудника приведены в табл. 1.

Общая оценка территории Левихинского рудника, складываемая из суммы критериев с учетом их удельных весов, составила 4,6. Это означает возможность отнесения отвалов Левихинского рудника к объектам накопленного эко-

Таблица 1

Оценка северной группы отвалов Левихинского рудного поля по критериям, характеризующим уровень экологических рисков и обеспечения экологической безопасности

Assessment of the northern dump group of the Levikhinsky ore field according to criteria characterizing the environmental risk level and ensuring environmental safety

№	Критерии отбора первоочередных проектов / Criteria for selecting priority projects	Вес критерия / criterion weight	Значение критерия / criterion value
1	Численность населения, подверженного негативному воздействию объекта накопленного экологического ущерба	0,2	2
2	Объем и состав накопленных загрязнений	0,2	5
3	Масштаб негативного воздействия (площадь территории, подверженной негативному воздействию)	0,1	3
4	Расположение объекта на территории с высокой степенью антропогенной нагрузки	0,1	5
5	Наличие специфических экологических рисков	0,2	5
6	Наличие на территории особо охраняемых объектов и территорий	0,1	0
7	Наличие технической возможности безопасного обезвреживания, утилизации, захоронения	0,05	4
8	Наличие международных обязательств по устранению негативного воздействия	0,05	0

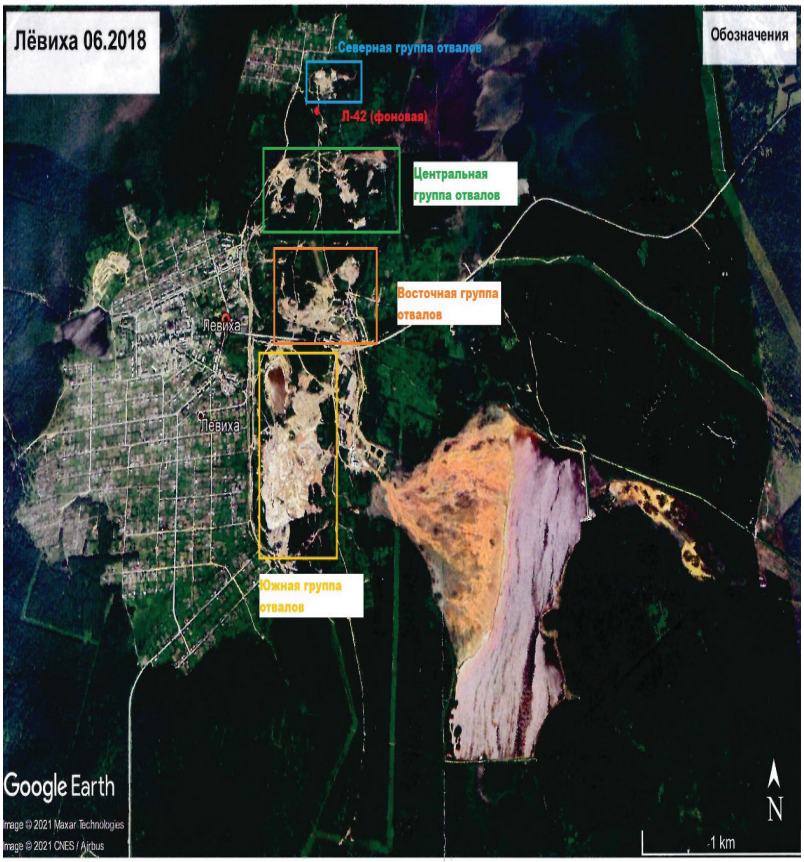

Рис. 1. Схема условного распределения отвалов Левихинского рудного поля
Pic. 1. Scheme of conditional distribution of dumps of the Levikhinsky ore field

Рис. 2. Снимок дистанционного зондирования северной группы отвалов Левихинского рудного поля
Pic. 2. Remote sensing image of the northern dump group of the Levikhinsky ore field

логического вреда и рекомендации к включению в Федеральную целевую программу «Ликвидация накопленного экологического ущерба».

Результаты

В данной работе проанализированы результаты лабораторных исследований проб грунта на северной группе отвалов Левихинского рудника. Расположение северной группы представлены на рис. 1 и 2.

Анализ проб северной группы отвалов проводился путем сравнения средней концентрации металлов с предельно допустимыми концентрациями (ПДК), установленными СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Сравнительный анализ проб на отвалах приведен в табл. 2.

Результаты показали, что концентрация меди в среднем составляет 617,75 мг/кг, что превышает установленную ПДК в 19 раз. При этом медь относится ко 2 классу опасности. Также зарегистрировано превышение в 31 раз ПДК цинка, средняя концентрация которого составила 703,5 мг/кг. Содержание таких металлов, как никель, марганец, кобальт и железо, на территории северных отвалов не превышали ПДК. Однако наблюдалось превышение значений концентраций загрязняющих веществ в северных группах отвалов по сравнению со значениями в фоновых пробах, за исключением никеля и кобальта.

Таблица 2
Результаты обследования почвы
Soil survey results

№	Загрязняющее вещество / Pollutant	Класс опасности / Hazard Class	Предельно допустимые концентрации (ПДК), мг/кг / Threshold Limit Values (TLV), mg/kg	Средняя концентрация, мг/кг / Average concentration, mg/kg	Превышение ПДК / Excess TLV
Северная группа отвалов **/ Northern group of dumps**					
1	Медь	2	33	617,75	в 19 раз
2	Никель	2	20	<10	– *
3	Цинк	1	23	703,5	в 31 раз
4	Марганец	3	500	429,5	– *
5	Кобальт	2	5	<8	– *
6	Железо		ОДК: 40000	30187,25	– *
Центральная группа отвалов **/ Central group of dumps**					
1	Медь	2	33	890,7	в 27 раз
2	Никель	2	20	<10	– *
3	Цинк	1	23	845,7	в 37 раз
4	Марганец	3	500	129,4	– *
5	Кобальт	2	5	<8	– *
6	Железо		ОДК: 40000	61897,1	в 1,5 раза

Окончание табл. 2

№	Загрязняющее вещество / Pollutant	Класс опасности / Hazard Class	Предельно допустимые концентрации (ПДК), мг/кг / Threshold Limit Values (TLV), mg/kg	Средняя концентрация, мг/кг / Average concentration, mg/kg	Превышение ПДК / Excess TLV
Северная группа отвалов **/ Northern group of dumps**					
Восточная группа отвалов **/ Eastern group of dumps**					
1	Медь	2	33	500	в 15 раз
2	Никель	2	20	<10	– *
3	Цинк	1	23	546,2	в 24 раз
4	Марганец	3	500	567,2	в 1,1 раза
5	Кобальт	2	5	<8	– *
6	Железо		ОДК: 40000	46947	в 1,2 раза

* *Превышений* не обнаружено / no excesses found.

Анализ проб позволяет сделать вывод о значительном загрязнении грунта медью и цинком.

Выводы

Проведенные на территории Левихинского рудника исследования позволяют сделать выводы о наличии накопленного вреда в виде отвалов добычи медноколчеданных руд и возможном загрязнении ими водных объектов территории в виде кислых шахтных вод, изливающихся на поверхность.

По значениям критериев отбора первоочередных проектов отвалы Левихинского рудника можно отнести к объектам накопленного экологического вреда и рекомендовать к включению в Федеральную целевую программу «Ликвидация накопленного экологического ущерба». Однако рекультивация территории в настоящее время невозможна. Причина кроется в том, что Левихинский рудник относится к категории месторождений, остановленных в связи с наличием значительных непогашенных запасов полезных ископаемых. Иными словами, запасы находятся на государственном балансе, а само месторождение числится неотработанным.

При длительной консервации происходит естественная химическая рекультивация, в результате которой повышаются фоновые показатели, а концентрация металлов в отвалах снижается. Соответственно, медь в небольших концентрациях уже не представляет никакого экономического потенциала.

Левихинский рудник представляет собой яркий пример того, как несвоевременное выявление объекта накопленного вреда и его неучёт в государственном реестре приводит к разрушению и уничтожению компонентов природной среды (растительный и почвенный покров, рельеф местности и др.). Решением данной проблемы является создание базы объектов, рекомендованных к включению в ГРОНВОС на территории Свердловской области.

Подобная база данных должна содержать в себе необходимые мате-

риалы для заполнения заявления, а именно: наименование, площадь, количество населения, отрасль, адрес, назначение земель и состав загрязняющих веществ.

Так как одной из самых распространённых причин отказа по заявлению является несоответствие фактического адреса расположения объекта, то подобная база данных должна включать в себя космоснимки объекта с координатами. Иными словами, нужна топографическая привязка каждого объекта.

Подобная база объектов накопленного вреда Свердловской области позволит не только структурировать необходимые сведения, но и учесть возможные будущие объекты накопленного вреда, быстро ориентироваться в их месторасположении.

Вклад авторов

С. А. Дегтярев — генерация идеи исследования; получение данных для анализа; анализ результатов исследования и подготовка данных; написание текста статьи;

В. Б. Болтыров — постановка задачи исследования; выполнение работы по систематизации материала;

А. А. Прокопьева — генерация идеи исследования; написание текста статьи;

М. М. Шайхутдинова — работа над англоязычной частью статьи; работа со списком литературы; техническое сопровождение статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Tenodi S.*, *Krčmar D.*, *Agbaba J.*, *Zrnić K.*, *Radenović M.*, *Ubavin D.*, *Dalmacija B.* Assessment of the environmental impact of sanitary and unsanitary parts of a municipal solid waste landfill // Journal of Environmental Management. 2020, vol. 258, 110019. DOI: 10.1016/j.jenvman.2019.110019.

2. *Saikat Mitra, Arka Jyoti Chakraborty, Abu Montakim Tareq, Talha Bin Emran, Firzan Nainu, Ameer Khusro, Abubakr M. Idris, Mayeen Uddin Khandaker, Hamid Osman, Fahad A. Alhumaydhi, Jesus Simal-Gandara.* Impact of heavy metals on the environment and human health: Novel therapeutic insights to counter the toxicity, Journal of King Saud University // Science. 2022, vol. 34, issue 3, 101865. DOI: 10.1016/j.jksus.2022.101865. ISSN 1018–3647.

3. *Пичугин Е. А.*, *Шенфельд Б. Е.* Здоровье граждан и продолжительность их жизни как критерий при оценке негативного воздействия объектов накопленного вреда окружающей среди на состояние окружающей среды и человека // Экология урбанизированных территорий. — 2021. — № 3. — С. 62–70. DOI: 10.24412/1816-1863-2021-3-62–70.

4. *Lu Sun, Dengkui Guo, Ke Liu, Hui Meng, Yuejun Zheng, Fuqiang Yuan, Ganghui Zhu.* Levels, sources, and spatial distribution of heavy metals in soils from a typical coal industrial city of Tangshan, China // CATENA. 2019, vol. 175, pp. 101–109. DOI: 10.1016/j.catena.2018.12.014. ISSN 0341–8162.

5. *Зайцева Н. В.*, *Май И. В.*, *Клейн С. В.*, *Кирьянов Д. А.*, *Андришунас А. М.*, *Слюсарь Н. Н.*, *Максимова Е. В.*, *Каналтдинов М. Р.* К Задаче оценки воздействия объектов накопленного вреда окружающей среде на здоровье граждан и продолжительность их жизни // Анализ риска здоровью. — 2022. — № 1. — С. 4–16. DOI: 10.21668/health.risk/2022.1.01.

6. *Уланов А. Ю.*, *Бахмин В. И.*, *Коробова О. С.* О совершенствовании системы обращения с отходами недропользования // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2020. — № 6. — С. 48–55. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-6-0–48–55.

7. *Соловьева А. С. Пичугин Е. А.* К вопросу необходимости ранжирования объектов, включенных в государственный реестр объектов накопленного вреда окружающей

среде // Астраханский вестник экологического образования. — 2022. — № 5(71). — С. 14–20. DOI: 10.36698/2304-5957-2022-5-14–20.

8. *Мормиль С. И.*, *Сальников В. Л.*, *Амосов Л. А.*, *Хасанова Г. Г.*, *Семячков А. И.*, *Зобнин Б. Б.*, *Бурмистренко А. В.* Техногенные месторождения Среднего Урала и оценка их воздействия на окружающую среду / Под ред. Ю. А. Боровкова. — Екатеринбург: НИА–Природа, ДПР по Уральскому региону, АООТ «ВНИИЗАРУБЕЖГЕОЛОГИЯ», Геологическое предприятие «Девон», 2002. — 206 с.

9. *Болтыров В. Б.*, *Селезнев С. Г.*, *Стороженко Л. А.* Магистерская программа «Управление горнопромышленными отходами» // Экологическая и техносферная безопасность горнопромышленных регионов: Труды VI Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 10 апреля 2018 года / Отв. Ред. А. И. Семячков. — Екатеринбург: Уральский государственный горный университет, 2018. — С. 21–27.

10. *Рыбникова Л. С.*, *Рыбников П. А.*, *Наволокина В. Ю.* Оценка влияния затопленного Левихинского медноколчеданного рудника на качество поверхностных вод реки Тагил // Проблемы недропользования. — 2019. — № 3 (22). — С. 155–161. DOI: 10.25635/2313–1586.2019.03.155.

11. *Елохина С. Н.* Техногенез затопленных рудников Урала: автореф. дис. ... докт. геол.-минерал. наук: 25.00.36. — Екатеринбург: Уральский государственный горный университет, 2014. — 42 с.

12. *Далатказин Т. Ш.*, *Харисов Т. Ф.* Исследование последствий затопления подземного рудника на селитебной территории // Известия ТулГУ. Науки о Земле. — 2019. — Вып. 2. — С. 38–51.

13. *Елохина С. Н.* Техноприродные опасности на затопленных рудниках Урала // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. — 2005. — № 3. — С. 120–127.

14. *Грязнов О. Н.*, *Елохина С. Н.* Геоэкологические проблемы горнопромышленного техногенеза на Урале // Известия Уральского государственного горного университета. — 2017. — № 2(46). — С. 28–33. DOI: 10.21440/2307-2091-2017-2-28–33.

15. *Елохина С. Н.*, *Арзамасцев А. А.* Гидрогеологические условия эксплуатации и ликвидации рудников Урала // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. — 2007. — № 4. — С. 57–66.

16. *Куликова А. А.*, *Стельмахов А. А.*, *Бачева Т. А.*, *Цымбал М. Н.* Очистка вод, поступающих из затопленных шахт и рудников // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2020. — № 6. — С. 38–47. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-6-0–38–47.

17. *Рыбникова Л. С.*, *Рыбников П. А.* Проблемы самореабилитации гидросферы и очистки шахтных вод на постэксплуатационном этапе (на примере Левихинского рудника, Средний Урал) // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2020. — № 3–1. — С. 488–500. DOI: 10.25018/0236 — 1493 — 2020 — 31–0-488–500.

18. *Talita Carneiro Brandão Pereira, Karine Batista dos Santos, William Lautert-Dutra, Lilian de Souza Teodoro, Vítor Otacílio de Almeida, Jéssica Weiler, Ivo André Homrich Schneider, Maurício Reis Bogo*. Acid mine drainage (AMD) treatment by neutralization: Evaluation of physical-chemical performance and ecotoxicological effects on zebrafish (Danio rerio) development // Chemosphere. 2020, vol. 253, 126665. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2020.126665.

19. *Qingju Hao, Changsheng Jiang*. Heavy metal concentrations in soils and plants in Rongxi Manganese Mine of Chongqing, Southwest of China // Acta Ecologica Sinica. 2015, vol. 35, issue 1, pp. 46–51. DOI: 10.1016/j.chnaes.2015.01.002.

20. *Laila Midhat, Naaila Ouazzani, Abdessamed Hejjaj, Ahmed Ouhammou, Laila Mandi*. Accumulation of heavy metals in metallophytes from three mining sites (Southern Centre Morocco) and evaluation of their phytoremediation potential // Ecotoxicology and Environmental Safety. 2019, vol. 169, pp. 150–160. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2018.11.009.

21. *Рыбаков Ю. С.* Управление качеством вод на техногенной провинции медно-цинковых рудников // Современные проблемы науки и образования. — 2013. — № 1. — С. 144.

22. *Болтыров В. Б.*, *Стороженко Л. А.*, *Сапсай М. А.* Накопленный экологический вред территорий размещения горнопромышленных отходов прошлых лет // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2021. — № 5–2. — С. 202–217. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_52_0_202.

23. *Ахмадиев А. К.*, *Экзарьян В. Н.* Реабилитация природной среды — структурный элемент экологической безопасности // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2020. — № 2. — С. 112–120. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-2-0–112–120.

24. *Комин А. В.* Защита водных объектов от загрязнения стоком с отвалов медно-цинковых руд (на примере Левихинского рудника): автореф. дисс. ... канд. техн. наук, 11.00.11. — Екатеринбург: РосНИИВХ, 2000. — 17 с. — EDN ZKYPWN.

25. *Пинаев В. Е.*, *Чернышёв Д. А.* Ликвидация накопленного экологического ущерба — организационные и правовые аспекты. Монография. — М.: Мир науки, 2017. — С. 136. URL: http://izd-mn.com/PDF/07MNNPM17.pdf, свободный. ГИАБ

REFERENCES

1. Tenodi S., Krčmar D., Agbaba J., Zrnić K., Radenović M., Ubavin D., Dalmacija B. Assessment of the environmental impact of sanitary and unsanitary parts of a municipal solid waste landfill. *Journal of Environmental Management*. 2020, vol. 258, 110019. DOI: 10.1016/j.jenvman.2019.110019.

2. Saikat Mitra, Arka Jyoti Chakraborty, Abu Montakim Tareq, Talha Bin Emran, Firzan Nainu, Ameer Khusro, Abubakr M. Idris, Mayeen Uddin Khandaker, Hamid Osman, Fahad A. Alhumaydhi, Jesus Simal-Gandara. Impact of heavy metals on the environment and human health: Novel therapeutic insights to counter the toxicity, *Journal of King Saud University — Science*. 2022, vol, 34, issue 3, 101865. DOI: 10.1016/j.jksus.2022.101865.

3. Pichugin E. A., Shenfeild B. E. The health of citizens and their life expectancy as a criterion for assessing the negative impact of objects of accumulated environmental damage on the state of the environment and man. *Social and Scientific Journal «Ecology of urban areas»*. 2021, no. 3, pp. 62–70. [In Russ]. DOI: 10.24412/1816-1863-2021-3-62–70.

4. Lu Sun, Dengkui Guo, Ke Liu, Hui Meng, Yuejun Zheng, Fuqiang Yuan, Ganghui Zhu. Levels, sources, and spatial distribution of heavy metals in soils from a typical coal industrial city of Tangshan, China. *CATENA*. 2019, vol. 175, pp. 101–109. DOI: 10.1016/j.catena.2018.12.014.

5. Zaitseva N. V., May I. V., Kleyn S. V., Kiryanov D. A., Andrishunas A. M., Sliusar N. N., Maksimova E. V., Kamaltdinov M. R. On assessing impacts exerted by objects of accumulated environmental damage on human health and life expectancy. *Health Risk Analysis*. 2022, no. 1, pp. 4–16. [In Russ]. DOI: 10.21668/health.risk/2022.1.01.eng.

6. Ulanov A. Yu., Bahmin V. I., Korobova O. S. Improvement of subsoil use waste management. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull*. 2020, no. 6, pp. 48–55. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-6-0–48–55.

7. Solovyova A. S., Pichugin E. A. On the need to rank objects included in the state register of objects of accumulated environmental damage. *Astrakhan Bulletin of Ecological Education*. 2022, no. 5 (71), pp. 14–20. [In Russ]. DOI: 10.36698/2304-5957-2022-5-14–20.

8. Mormil S. I., Salnikov V. L., Amosov L. A., Khasanova G. G., Semyachkov A. I., Zobnin B. B., Burmistrenko A. V. Technogenous deposits of the Mid Urals and appraisal of their environmental impact. Ed. U. A. Borovkov. Ekaterinburg, NIA–Priroda, JSC "VNIIZARUBEZHGEOLOGIA", Department of Natural Resourses for Ural Region of the Ministry of Natural Resources of Russia, the "Devon" Geological Enterprise Ltd., 2002, p. 206. [In Russ].

9. Boltyrov V. B., Seleznev S. G., Storozhenko L. A. master program «Management of mining industial waste». *Ecological and technospheric safety of mining regions: Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference 10.04.2018,* Ekaterinburg, Institute of Economics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, URSMU. 2018, pp. 21–27. [In Russ].

10. Rybnikova L. S., Rybnikov P. A., Navolokina V. Yu. Assessment of the influence of the flooded copper mine Levikhinsky on the quality of Tagil river water. *Problems of subsoil use*. 2019, no. 3, pp. 155–161. [In Russ]. DOI: 10.25635/2313–1586.2019.03.155.

11. Elokhina S. N. Technogenesis of the flooded mines of the Urals: Abstract of the thesis. ... Doctor of Geological and Mineralogical Sciences: 25.00.36, Yekaterinburg, URSMU, 2014, 42 p. [In Russ].

12. Dalatkazin T. Sh., Kharisov T. F. Research of consequences of flooding of the underground mine in the residential territory. *News of Tula State University. Earth Sciences*. 2019, issue 2, pp. 38–51. [In Russ].

13. Elokhina S. N. Techno-natural hazards in the flooded mines of the Urals. *News of higher educational institutions. Gornij journal*. 2005, no. 3, pp. 120–127. [In Russ].

14. Gryaznov O. N., Elokhina S. N. Geoecological problems of mining technogenesis in the Urals. *News of the Ural State Mining University*. 2017, no. 2, pp. 28–33. [In Russ]. DOI: 10.21440/2307-2091-2017-2-28–33.

15. Elokhina S. N., Arzamastsev A. A. Hydrogeological conditions of exploitation and liquidation of Ural mines. *Proceedings of higher education establishments. Geology and exploration*. 2007, no. 4, pp. 57–66. [In Russ].

16. Kulikova A. A., Stelmakhov A. A., Bacheva T. A., Tsymbal M. N. Treatment of water inflow from flooded underground mines. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull*. 2020, no. 6, pp. 38–47. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-6-0–38–47.

17. Ribnikova L. S., Ribnikov P. A. Processes of hydrosphere self-rehabilitation and mine water treatment in post mining period. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull*. 2020, no. 3–1, pp. 488–500. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236 — 1493 — 2020 — 31–0-488–500.

18. Talita Carneiro Brandão Pereira, Karine Batista dos Santos, William Lautert-Dutra, Lilian de Souza Teodoro, Vítor Otacílio de Almeida, Jéssica Weiler, Ivo André Homrich Schneider, Maurício Reis Bogo. Acid mine drainage (AMD) treatment by neutralization: Evaluation of physical-chemical performance and ecotoxicological effects on zebrafish (Danio rerio) development. *Chemosphere*. 2020, vol. 253, 126665. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2020.126665.

19. Qingju Hao, Changsheng Jiang Heavy metal concentrations in soils and plants in Rongxi Manganese Mine of Chongqing, Southwest of China. *Acta Ecologica Sinica*. 2015, vol. 35, issue 1, pp. 46–51. DOI: 10.1016/j.chnaes.2015.01.002.

20. Laila Midhat, Naaila Ouazzani, Abdessamed Hejjaj, Ahmed Ouhammou, Laila Mandi. Accumulation of heavy metals in metallophytes from three mining sites (Southern Centre Morocco) and evaluation of their phytoremediation potential. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2019, vol. 169, pp. 150–160. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2018.11.009.

21. Rybakov J. S. Water quality control at copper-zink mines technogenic provinces. *Modern Problems of Science and Education*. 2013, no. 1. [In Russ]. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_18829077_31737496.pdf.

22. Boltyrov V. B., Storozhenko L. A., Sapsay M. A. Cumulative ecological impact in the territory of long-term disposal of old mining waste. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull*. 2021, no. 5–2, pp. 202–217. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_52_0_202.

23. Akhmadiyev A. K., Ekzaryan V. N. Rehabilitation of the natural environment as the structural element of ecological security. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull*. 2020, no. 2, pp. 112–120. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-2-0–112–120.

24. Komin A. V. Protection of water bodies from pollution by runoff from dumps of copper-zinc ores (on the example of the Levikhinsky mine): Abstract of the thesis. ...

candidate of technical sciences: 11.00.11. Yekaterinburg, Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection, 2000, 17 p. [In Russ].

25. Pinaev V. E., Chernyshev D. A. Elimination of accumulated environmental damage — organizational and legal aspects. Monograph. Publishing company «World of science», LLC, Moscow, 2017, pp. 136. [In Russ].

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Дегтярев Сергей Антонович[1] — преподаватель СПО, ORCID ID: 0000-0001-7046-3244, e-mail: Ljstymail@gmail.com;
Болтыров Владимир Босхаевич[1] — профессор, канд. геол.-минер. наук, ORCID ID: 0000-0001-5564-0054, e-mail: boltyrov34@mail.ru;
Прокопьева Анна Андреевна[1] — студент магистратуры, ORCID ID: 0009-0003-9087-2864, e-mail: ana.prokopeva.2000@mail.ru;
Шайхутдинова Мария Маратовна[1] — студент магистратуры, ORCID ID: 0009-0004-4965-2103, e-mail: merfeiyr@gmail.ru;
[1] Уральский государственный горный университет, кафедра ГлЗЧС, 620144, Екатеринбург, ул. Куйбышева, д.30, Россия.
Для контактов: *Прокопьева Анна Андреевна*, e-mail: ana.prokopeva.2000@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Degtyarev S. A.[1], teacher of secondary vocational education, ORCID ID: 0000-0001-7046-3244, e-mail: Ljstymail@gmail.com;
Boltyrov V. B.[1], Professor, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, ORCID ID: 0000-0001-5564-0054, e-mail: boltyrov34@mail.ru;
Prokopeva A. A.[1], master's degree student, ORCID ID: 0009-0003-9087-2864, e-mail: ana.prokopeva.2000@mail.ru;
Shaikhutdinova M. M.[1], master's degree student, ORCID ID: 0009-0004-4965-2103, e-mail: merfeiyr@gmail.ru;
[1] Ural State Mining University, Department of Geology and Protection in Emergency Situations, 620144, 30 Kuibyshev Street, Yekaterinburg, Russia.
For contacts: *Prokopeva A. A.*, e-mail: ana.prokopeva.2000@mail.ru.

Получена редакцией 15.05.2023; получена после рецензии 03.11.2023; принята к печати 10.11.2023.
Received by the editors 15.05.2023; received after the review 03.11.2023; accepted for printing 10.11.2023.