

ISSN 1995-2732 (Print), 2412-9003 (Online)

УДК 622.014:502.12

DOI: 10.18503/1995-2732-2024-22-4-23-29

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИНЦИПА ЭКОЛОГИЧЕСКИ СБАЛАНСИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ ОСВОЕНИИ ГЕОРЕСУРСОВ (НА ПРИМЕРЕ ПРОЕКТОВ РАЗРАБОТКИ «ТОМИНСКОГО ГОКА И ЛИКВИДАЦИИ КОРКИНСКОГО РАЗРЕЗА»)

Гончар Н.В.¹, Гуман О.М.², Пикалов В.А.³, Терешина М.А.³

¹АО «Русская медная компания», Екатеринбург, Россия

²ООО «Уралгеопроект», Екатеринбург, Россия

³ООО «Научно-технический центр „Геотехнология”», Челябинск, Россия

Аннотация. Актуальность. Согласно государственному докладу Министерства природных ресурсов и экологии, в настоящее время в Российской Федерации образуется более 9,0 млрд т отходов производства и потребления, причём за последние 20 лет эти значения увеличились в 4 раза. Техногенные объекты, образованные в результате добычи полезных ископаемых открытым способом и выведенные из эксплуатации по различным причинам, приводят, как правило, к ряду экологических и социальных проблем. **Цель работы.** Раскрыть принцип и методические подходы экологически сбалансированного проектирования разработки месторождений твердых полезных ископаемых. **Результаты.** Сущность экологически сбалансированного проектирования в комплексном освоении георесурсов, при котором одни техногенные объекты могут быть использованы для ликвидации, размещения, создания или рекультивации других техногенных объектов с одновременным улучшением экологической обстановки и восстановлением окружающей среды и ландшафтов. Принцип экологически сбалансированного проектирования разработки месторождений твердых полезных ископаемых заключается в формировании на каждом этапе функционирования горнотехнической системы баланса между экологокомпенсирующими решениями и неизбежным негативным воздействием, возникающими на всех стадиях и во всех технологических процессах горнодобывающего и смежных производств. В основе экологически сбалансированного проектирования лежат природные и инженерные возможности, профилактические и компенсирующие мероприятия (воздействия), эколого-технологический мониторинг. Рассмотрен успешный опыт реализации принципа эколого-сбалансированного проектирования на основе проекта ликвидации Коркинского угольного разреза с использованием закладочного материала, приготовленного на основе хвостов обогащения Томинского ГОКа. Закладочный материал является продуктом, получаемым при сгущении хвостов обогатительной фабрики, и изготавливается по технологическому регламенту, утверждённому в установленном порядке, с соблюдением установленных санитарных норм и правил. **Рекомендации.** Для реализации таких проектов необходимо задействовать научно-исследовательские и проектно-изыскательские работы с привлечением ведущих научных и проектных институтов в области горного дела, геомеханики, гидрогеологии и экологии.

Ключевые слова: экология, экологическая сбалансированность, проектирование, георесурсы, комплексное освоение

© Гончар Н.В., Гуман О.М., Пикалов В.А., Терешина М.А., 2024

Для цитирования

Реализация принципа экологически сбалансированного проектирования при комплексном освоении георесурсов (на примере проектов разработки «Томинского ГОКа и ликвидации Коркинского разреза») / Гончар Н.В., Гуман О.М., Пикалов В.А., Терешина М.А. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2024. Т. 22. №4. С. 23-29. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2024-22-4-23-29>



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

IMPLEMENTATION OF THE PRINCIPLE OF ENVIRONMENTALLY BALANCED DESIGN IN THE COMPLEX DEVELOPMENT OF GEORESOURCES (BASED ON THE EXAMPLE OF THE DEVELOPMENT PROJECTS OF THE TOMINSKY MINING AND PROCESSING PLANT AND LIQUIDATION OF THE KORKINSKY OPEN-PIT MINE)

Gonchar N.V.¹, Guman O.M.², Pikalov V.A.³, Tereshina M.A.³

¹JSC Russian Copper Company, Yekaterinburg, Russia

²LLC Uralgeoproekt, Yekaterinburg, Russia

³LLC Scientific and Technical Center Geotechnology, Chelyabinsk, Russia

Abstract. Relevance. According to the state report of the Ministry of Natural Resources and Environment, the Russian Federation currently generates more than 7.5 billion tons of industrial waste, and over the past 20 years these values have increased 4 times. Technogenic objects formed as a result of open-pit mining and decommissioned for various reasons usually lead to a number of environmental and social problems. **Objectives.** It is required to reveal the principle and methodological approaches of environmentally balanced design for the development of solid mineral deposits. **The results.** The essence of environmentally balanced design consists of the integrated development of georesources, in which some technogenic objects can be used for the liquidation, placement, creation or reclamation of other technogenic objects while improving the environmental situation and restoring the environment and landscapes. The principle of environmentally balanced design of the solid minerals deposits development consists in the formation at each stage of the functioning of the mining engineering system of a balance between environmental-compensating solutions and the inevitable negative effects arising at all stages and in all technological processes of mining and related industries. The basis of environmentally balanced design is formed by natural engineering capabilities, preventive and compensatory measures (effects), environmental and technological monitoring. The successful experience of implementing the principle of environmentally balanced design based on the project for the liquidation of the Korkinsky open-pit coal mine using stowage material prepared on the basis of refinement tailings from the Tominsky Mining and Processing Plant is considered. The stowage material is a product obtained by thickening the tailings of a processing plant, and is manufactured according to technological regulations approved in the established order, in compliance with established sanitary norms and rules. **Recommendations.** To implement such projects, it is necessary to involve research and design and survey work with the involvement of leading scientific and design institutes in the field of mining, geomechanics, hydrogeology and ecology.

Keywords: ecology, environmental balance, design, georesources, complex development

For citation

Gonchar N.V., Guman O.M., Pikalov V.A., Tereshina M.A. Implementation of the Principle of Environmentally Balanced Design in the Complex Development of Georesources (Based on the Example of the Development Projects of the Tominsky Mining and Processing Plant and Liquidation of the Korkinsky Open-Pit Mine). *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2024, vol. 22, no. 4, pp. 23-29. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2024-22-4-23-29>

Введение

Процесс добычи полезных ископаемых, как и любое производство, нарушает равновесие экосистемы. Согласно государственному докладу Министерства природных ресурсов и экологии, в настоящее время в Российской Федерации образуется более 9,0 млрд т отходов производства и потребления [1], причём за последние 20 лет эти значения увеличились в 4 раза [2].

Наибольшую опасность представляет та часть отходов и техногенных объектов, которая не утилизируется, а остается на территории горного предприятия, изменяя ландшафт и оказывая вредное воздействие на окружающую среду [3].

Техногенные объекты, образованные в результате добычи полезных ископаемых открытым способом и выведенные из эксплуатации по различным причинам, приводят, как правило, к ряду экологических и социальных проблем [4–6]:

– карьерные выемки зачастую оказывают влияние на подземные воды, атмосферный воздух, являются очагами техногенных пожаров, нередко стихийно заполняются коммунальными и промышленными отходами;

– неконтролируемые оползневые явления и обрушения бортов и откосов уступов создают угрозу расположенным вблизи промышленным и социальным объектам;

– ухудшение экологической ситуации, сокращение рабочих мест приводят к снижению качества и уровня жизни жителей территории.

Принцип экологически сбалансированного проектирования разработки месторождений твердых полезных ископаемых заключается в формировании на каждом этапе функционирования горнотехнической системы баланса между эколого-компенсирующими решениями и неизбежным негативным воздействием, возникающими на всех стадиях и во всех технологических процессах горнодобывающего и смежных производств.

Если рассматривать принцип как основное правило деятельности [6], то его можно сформулировать следующим образом: удерживать воздействие проектируемого объекта на окружающую среду на допустимом уровне благодаря компенсирующим процессам и инженерным мероприятиям.

Предпосылки для экологически сбалансированного проектирования создаются при комплексном освоении георесурсов, при котором одни техногенные объекты – выработанные пространства, полости, сооружения – могут быть использованы для ликвидации, размещения, создания или рекультивации других техногенных объектов – хранилищ хвостов обогащения, пустых пород, производственных отходов 5-го класса опасности с одновременным улучшением экологической обстановки и восстановлением окружающей среды и ландшафтов [7]. Реализация такого подхода приводит к значительному снижению нагрузки на окружающую среду.

Результаты исследования

Экологически сбалансированное проектирование является развитием «концепции контролируемого воздействия», предложенной Мироненко В.А., которая, по его мнению, должна «покоиться на трех китах» – самоочищении, инженерной профилактике и мониторинге, увязанных между собой последовательно уточняемыми (на основе результатов наблюдений) прогнозами [8].

В основе экологически сбалансированного проектирования лежат природно-инженерные возможности, профилактические и компенсирующие мероприятия, эколого-технологический мониторинг. Одним из успешных примеров реализации принципа эколого-сбалансированного проектирования на основе комплексного использования георесурсов является проект ликвидации Коркинского угольного разреза с использованием закладочного материала, приготовленного на основе хвостов обогащения Томинского ГОКа [4].

Коркинский разрез расположен в Челябинской области, близ г. Коркино. Разрез является самым глубоким в Евразии и вторым по глубине в мире. За годы эксплуатации (1934–2017 гг.) разрезом добыто 266 млн т угля, объем вскрышных пород составил 1,25 млрд м³. В результате разработки образована техногенная выемка

глубиной 493 м, длиной по поверхности 3120 м, шириной 2750 м и емкостью около 1,3 млрд м³ [4].

Коркинский разрез в последние годы эксплуатации являлся источником техногенных, экологических и социальных проблем. Применительно к Коркинскому разрезу концепция экологически сбалансированного проектирования может быть успешно реализована, так как он характеризуется наличием участков, имеющих защитные геологические свойства, предотвращающие загрязнение прикарьерного массива. Согласно тектонической схеме, исследуемый район находится в пределах Восточно-Уральского синклинория. Сильно метаморфизированные и дислоцированные палеозойские породы этой зоны в виде ступенчатой системы сбросов и уступов погружаются под покров отложений Западно-Сибирской низменности [9, 10].

Переходные зоны от горно-складчатых областей к платформенным структурам являются с экологических предпосылок наиболее благоприятными, так как палеозойские, мезозойские породы перекрываются более молодыми осадочными породами кайнозойского времени, в которых формируются артезианские воды платформенных чехлов, используемые для хозяйственного водоснабжения. Водоносные горизонты верхних этажей отличаются повышенной водообильностью и водопроницаемостью в отличие от подстилающих пород, как правило это воды трещинного типа. В ходе заполнения закладочным материалом типичными будут процессы смешения, растворения (осаждения), окисления, молекулярной диффузии, капиллярного всасывания, выщелачивания, сорбции, ионного обмена, реакции комплексообразования и некоторые другие, которые можно рассматривать в перспективе как процессы «самоочищения» [11].

Пример изменения состава воды при рекультивации карьера медноколчеданных руд приведен на рис. 1.

Прогнозный расчет изменения химического состава воды, накапливающейся в разрезе, выполнен с учетом баланса источников питания карьерной выемки по значению минерализации смешивающихся вод, содержанию в них сульфатов как основных индикаторов возможных процессов окисления сульфидных минералов. Дополнительно сделан прогноз изменения содержания в воде цинка и марганца, без учета того фактора, что содержание металлов в водах зависит от физико-химических параметров растворов и возникающих в толще воды процессов комплексообразования, осаждения и прочих, приводящих к снижению концентраций металлов в воде. О наличии этих процессов свидетельствуют более низкие фактические их содержания в пробах воды, отобранных из ликвидируемой карьерной выемки, относительно расчетных [12].

Это позволяет рассматривать Коркинский разрез до отметки +210 м как безопасный объект. Подземные воды зоны активного водообмена расположены выше этой отметки и в настоящий момент разгружаются в него. За счет испарения с увеличивающейся

площади водной поверхности поднятие уровня воды выше этой отметки не прогнозируется.

Проект строительства Томинского горно-обогатительного комбината был включен в «Стратегию развития цветной металлургии России на 2014-2020 гг. и на перспективу до 2030 г.» (приказ Министерства промышленности и торговли РФ от 5 мая 2014 г.).

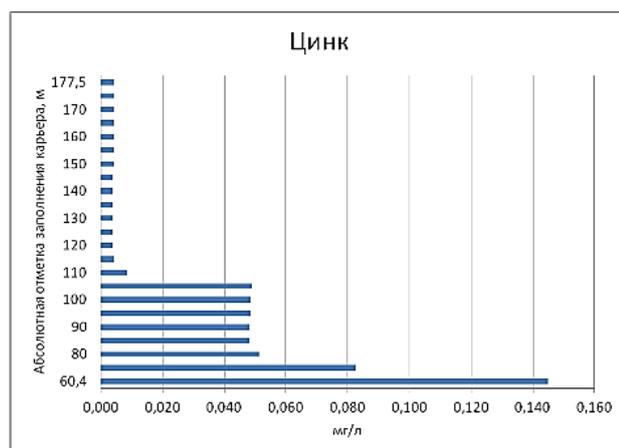
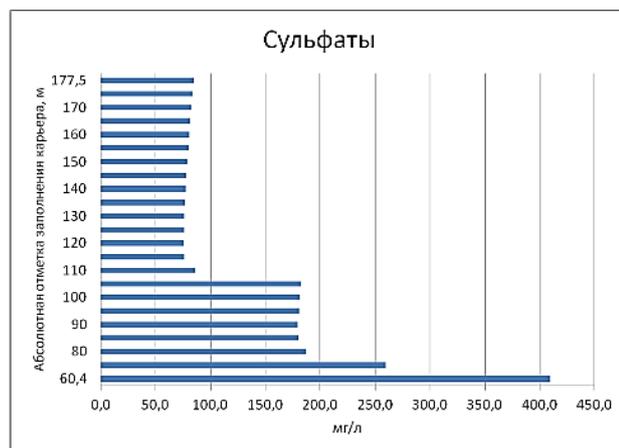
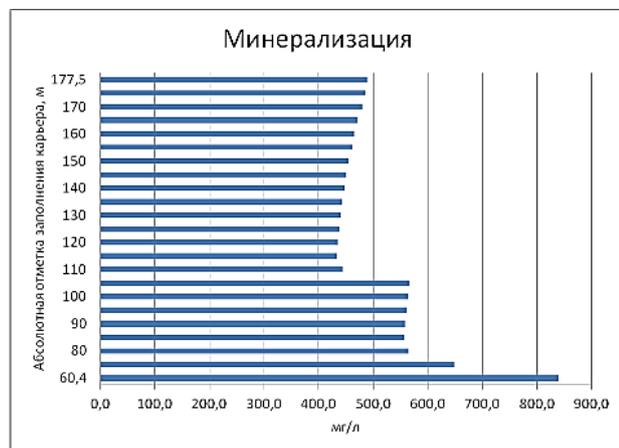


Рис. 1. Прогноз качества воды в карьере медноколчеданного месторождения
 Fig. 1. Forecast of water quality in the quarry of the copper-sulphide deposit

Для обработки Томинского медного месторождения создано АО «Томинский ГОК», которое начало горные работы в 2017 г. Проектная производственная мощность ГОКа по сырой руде – 45 млн т [13].

К наиболее значимым достоинствам проекта освоения Томинского месторождения можно отнести возможность производства из хвостов обогащения закладочного материала, используемого для заполнения карьерной выемки Коркинского угольного разреза с целью его ликвидации [14]. Закладочный материал является продуктом, получаемым при сгущении хвостов обогатительной фабрики, и изготавливается по технологическому регламенту, утверждённому в установленном порядке, с соблюдением установленных санитарных норм и правил.

Закладочный материал представляет собой однородную суспензию. В зависимости от содержания влаги в продукте консистенция может незначительно варьироваться. По органолептическим, физико-химическим и водно-физическим показателям закладочный материал имеет характеристики, приведённые в табл. 1.

Таблица 1. Характеристики закладочного материала
 Table 1. Characteristics of the stowage material

Наименование показателя	Нормативное значение показателя
Внешний вид	Однородная масса текучепластичной консистенции
Цвет	Серый различных оттенков
Массовая доля влаги, %	45±1
Напряжение сдвига, Па	20 – 50
Кинематическая вязкость, мм ² /с	<800
Водоотдача, %	<24
Показатель pH	9,5±1,5
Абразивность	Малоабразивные, класс абразивности (по Л.И. Барону и А.В. Кузнецову) не выше II
Крупность частиц, мм	<0,5
Класс опасности	5

Физико-механические свойства техногенно-минеральных образований изучались с учетом процессов, которые возможны при размещении закладочного материала в разрезе: консолидация, испарение, промерзание. Выявлено, что основной процесс потери свободной воды в закладочном материале в процессе рекультивации происходит в результате консолидации под давлением. Значительное изменение фильтрационных свойств происходило в диапазоне нагрузок до 0,15 МПа. При промерзании потеря воды составила 2% в течение суток, до 15% в течение трех месяцев. Выявленные фильтрационные характеристики позволяют рассматривать данные техноген-

но-минеральные образования как противодиффузионные экраны, что является благоприятным фактором ликвидации горных выработок и последующей рекультивации [6].

Применение закладочного материала осуществляется в соответствии с ФЗ «Об охране окружающей среды», ГОСТ Р 59057-2020 и с «Руководством по использованию комплекса техногенных мероприятий для профилактики и тушения пожаров на разрезах».

Заполнение закладочным материалом выработанного пространства разреза позволило ликвидировать эндогенные пожары, снизило риск оползневых явлений, сократило размеры карьерной выемки по глубине [14]. Схема заполнения закладочным материалом выработанного пространства Коркинского угольного разреза приведена на **рис. 2**.

Для транспортирования закладочного материала построены пульпопровод, две аварийные емкости, три стационарные пульпоносные станции, трубопровод оборотной воды для возврата на Томинский ГОК, а также водосборные каналы.

Минеральный состав закладочного материала определен методом рентгеноспектрального микроанализа (Демина Л.А., УГГУ) и представлен в отн.‰: пирит – менее 1, карбонат – 3, рутил – 1, клинохор – 20, альбит – 32, биотит – 3, кварц – 40. Превышений содержания загрязняющих химических компонентов в составе закладочного материала над установленными нормативами не зафиксировано.

Жидкая фаза закладочного материала имеет сульфатно-гидрокарбонатный и гидрокарбонатно-сульфатный кальциево-натриевый состав, пресная при величине сухого остатка 0,42–0,46 г/л, нейтральная при pH 7,28–8,20. За 2023 г. содержания марганца, кремния, алюминия, меди, цинка, свинца, кадмия,

ртути, мышьяка и нефтепродуктов в жидкой фазе закладочного материала не зафиксировано [4].

По данным мониторинга подземных вод в районе Коркинского разреза, тип воды соответствует карьерным водам, изученным до заполнения разреза закладочным материалом. Мониторинг в разрезе выполняется за составом и уровнем воды в нем и в наблюдательных скважинах, процессами на бортах и уступах разреза. Режимные наблюдения сопровождаются прогнозными расчетами с применением превентивных мер, то есть происходит управление процессом рекультивации.

Заключение

Опыт комплексного проектирования необходимо расширять, особенно в таких регионах, как Урал, где более 300 лет формируются нарушенные земли, являются технологии, позволяющие обрабатывать малоперспективные месторождения в прошлом или техногенные месторождения.

Для реализации таких проектов необходимо задействовать научно-исследовательские и проектно-испытательские работы с привлечением ведущих научных и проектных институтов в области горного дела, геомеханики, гидрогеологии и экологии.

Совместное использование техногенных ресурсов при обработке различных видов минерального сырья, в частности, связанное с заполнением отработанного пространства угольного разреза «Коркинский» закладочным материалом на основе хвостов обогатительной фабрики АО «Томинский ГОК», является уникальным и крупнейшим экологическим проектом России по устранению накопленного ранее экологического вреда.

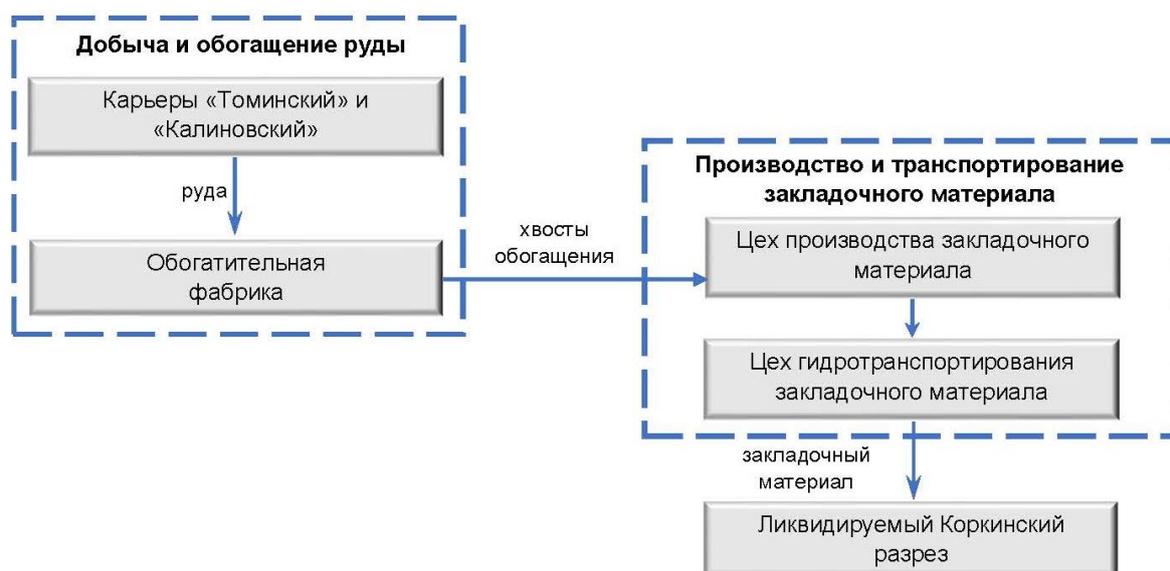


Рис. 2. Ресурсно-технологическая схема ликвидации Коркинского угольного разреза

Fig. 2. Resource and technological scheme of the Korkinsky open-pit coal mine liquidation

Список источников

1. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2022 году. Государственный доклад. М.: Минприроды России; МГУ имени М.В. Ломоносова, 2023. 686 с.
2. Бабенко Д.А. Обеспечение экологической безопасности хранения отходов обогащения медных руд: дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2021. 116 с.
3. Кокоев В.Т. Эколого-экономические аспекты природопользования при добыче руд в техногенных экосистемах высокогорья // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2020. Т. 10. № 11А. С. 220-229. DOI: 10.34670/AR.2020.34.75.022
4. Гончар Н.В., Соколовский А.В., Терешина М.А. Проект комплексного освоения георесурсов // Рациональное освоение недр. 2023. № 3. С. 38–44.
5. Роль техногенных минеральных образований при рекультивации нарушенных земель в Уральском регионе / Гуман О.М., Антонова И.А., Макаров А.Б., Гончар Н.В. // Инженерно-экологические изыскания – нормативно-правовая база, современные методы и оборудование: материалы Общероссийской научно-практической конференции, г. Москва, 22 сентября 2023 г. М., 2023. С. 75-83.
6. Гуман О.М. Эколого-геологические условия полигонов твердых бытовых и промышленных отходов Среднего Урала: автореф. дис. ... д-ра геол.-мин. наук: 25.00.36. Екатеринбург, 2009. 42 с.
7. Трубецкой К.Н., Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В. Принципы обоснования параметров устойчивого и экологически сбалансированного освоения месторождений твердых полезных ископаемых // Условия устойчивого функционирования минерально-сырьевого комплекса России. 2014. Вып. 2. № 12. С. 3–10.
8. Мироненко В.А., Румынин В.Г. Проблемы гидрогеоэкологии. Т. 3. Прикладные исследования. Кн. 1. М.: Изд-во МГТУ, 1998. С. 29-103.
9. Опыт освоения месторождений медно-порфирового типа на Урале / А.В. Сизиков, Ю.А. Король и др. // Записки Горного института. 2017. Т. 228. С. 641-648.
10. Формирование гидрогеологических условий Челябинского угольного бассейна на постэксплуатационном этапе / Рыбникова Л.С., Рыбников П.А., Смирнов А.Ю., Галицкая И.В., Батрак Г.И., Лысенко О.В. Пономарев В.С. // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2023. № 2. С. 3–18.
11. Эколого-геологические условия и мониторинг окружающей среды полигонов твердых бытовых отходов Среднего Урала / Гуман О.М., Грязнов О.Н., Антонова И.А., Макаров А.Б., Захаров А.В. Екатеринбург: ООО «УИПЦ», 2013. 237 с.
12. Оптимизация техногенно-минеральных образований при разработке медно-порфировых руд Томинского рудного поля Урала / Гончар Н.В., Гуман О.М., Косинова И. И., Бударина В.А. // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. 2024. № 1. С. 89–101.
13. Томинский горно-обогатительный комбинат – одно из современных производств России / Улановский В.М., Гончар Н.В., Мананов Р.Ш., Соколовский А.В., Кузьмин К.Б., Петров А.М. // Горная промышленность. 2023. № 4. С. 42-45.
14. Соколовский А.В., Гончар Н.В. Оценка направлений использования техногенных ресурсов при отработке различных видов минерального сырья // Горная промышленность. 2023. №5. С. 124-129.

References

1. On the state and protection of the environment of the Russian Federation in 2022. State report. Moscow: Ministry of Natural Resources and Environment of Russia, Moscow State University named after M.V. Lomonosov, 2023. 686 p. (In Russ.)
2. Babenko D.A. *Obespechenie ekologicheskoy bezopasnosti hraneniya othodov obogashcheniya mednyh rud: dis. ... kand. tekhn. nauk* [Ensuring environmental safety of storage of copper ore enrichment waste. PhD dissertation]. Saint Petersburg, 2021. 116 p.
3. Kokoev V.T. Ecological and economic aspects of environmental management during ore mining in technogenic ecosystems of the highlands. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: yesterday, today, tomorrow], 2020;10(11A):220-229. (In Russ.) DOI: 10.34670/AR.2020.34.75.022.
4. Gonchar N.V., Sokolovsky A.V., Tereshina M.A. Project for the integrated development of georesources. *Racjonalnoe osvoenie nedr* [Rational development of mineral resources], 2023;(3):38-44. (In Russ.)
5. Guman O.M., Antonova I.A., Makarov A.B., Gonchar N.V. The role of technogenic mineral formations in the reclamation of disturbed lands in the Ural region. *Inzhenerno-ekologicheskie izyskaniya – normativno-pravovaya baza, sovremennye metody i oborudovanie: materialy Obshcherossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Engineering and environmental research - legal framework, modern methods and equipment: materials of the All-Russian scientific and practical conference], Moscow, September 22, 2023 pp. 75-83. (In Russ.)
6. Guman O.M. *Ekologo-geologicheskie usloviya poligonov tverdyh bytovyh i promyshlennyh othodov Srednego Urala: avtoref. dis. ... dokt. geol.-min. nauk* [Ecological and geological conditions of landfills for solid household and industrial waste in the Middle Urals. Extended abstract of Doctoral dissertation]. Ekaterinburg, 2009, 42 p. (In Russ.)
7. Trubetskoy K.N., Kaplunov D.R., Rylnikova M.V. Principles of substantiation of the parameters of sustainable and ecologically balanced development of solid mineral deposits. *Usloviya ustojchivogo funkcionirovaniya mineralno-syrevego kompleksa*

- Rossii* [Conditions of sustainable functioning of mineral resource complex of Russia], 2014;2(12):3-10. (In Russ.)
8. Mironenko V.A., Rumynin V.G. *Problemy gidrogeoeologii. T. 3. Prikladnye issledovaniya. Kn. 1.* [Problems of hydrogeoeology. Volume 3. Applied Research (Book 1)]. Moscow: Publishing house of Moscow State University for Humanities, 1998, pp. 29-103. (In Russ.)
 9. Sizikov A.V., Korol Yu.A. et al. Experience in the development of porphyry copper deposits in the Urals. *Zapiski Gornogo instituta* [Notes of the Mining Institute], 2017;228:641-648. (In Russ.)
 10. Rybnikova L.S., Rybnikov P.A., Smirnov A.Yu., Galitskaya I.V., Batrak G.I., Lysenko O.V., Ponomarev V.S. Formation of hydrogeological conditions of the Chelyabinsk coal basin at the post-operation stage. *Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya. Hidrogeologiya. Geokriologiya* [Geoecology. Engineering Geology. Hydrogeology. Geocryology], 2023;(2):3-18. (In Russ.)
 11. Guman O.M., Gryaznov O.N., Antonova I.A., Makarov A.B., Zakharov A.V. *Ekologo-geologicheskie usloviya i monitoring okruzhayushchej sredy poligonov tverdyh bytovyh othodov Srednego Urala* [Ecological and geological conditions and environmental monitoring of solid waste landfills in the Middle Urals]. Ekaterinburg: LLC UIPTs, 2013, 237 p. (In Russ.)
 12. Gonchar N.V., Guman O.M., Kosinova I.I., Budarina V.A. Optimization of technogenic-mineral formations in the development of porphyry copper ores of the Tominsk ore field in the Urals. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geologiya* [Bulletin of Voronezh State University. Series: Geology], 2024;(1):89-101. (In Russ.)
 13. Ulanovsky V.M., Gonchar N.V., Mananov R.Sh., Sokolovsky A.V., Kuzmin K.B., Petrov A.M. Tominsky mining and processing plant is one of the most modern industries in Russia. *Gornaya promyshlennost* [Mining Industry], 2023;(4):42-45. (In Russ.)
 14. Sokolovsky A.V., Gonchar N.V. Assessment of directions for the use of technogenic resources in the development of various types of mineral raw materials. *Gornaya promyshlennost* [Mining Industry], 2023;(5):124-129. (In Russ.)

Поступила 10.06.2024; принята к публикации 01.07.2024; опубликована 24.12.2024
Submitted 10/06/2024; revised 01/07/2024; published 24/12/2024

Гончар Наталия Валерьевна – кандидат технических наук, вице-президент по экологической и промышленной безопасности, АО «Русская медная компания», Екатеринбург, Россия.
ORCID 0009-0002-0180-9592

Гуман Ольга Михайловна – доктор геолого-минералогических наук, директор, ООО «Уралгеопроект», Екатеринбург, Россия.

Пикалов Вячеслав Анатольевич – доктор технических наук, начальник отдела, ООО «Научно-технический центр „Геотехнология”», Челябинск, Россия.
Email: pikalov@ustup.ru. ORCID 0009-0003-9251-5190

Терешина Мария Александровна – кандидат экономических наук, первый заместитель генерального директора, ООО «Научно-технический центр „Геотехнология”», Челябинск, Россия.

Natalya V. Gonchar – PhD (Eng.), Vice President for Environmental and Industrial Safety, JSC Russian Copper Company, Yekaterinburg, Russia.
ORCID 0009-0002-0180-9592

Olga M. Guman – DrSc (Eng.), Director, LLC Uralgeoproekt, Yekaterinburg, Russia.

Vyacheslav A. Pikalov – DrSc (Eng.), Head of Department, LLC Scientific and Technical Center Geotechnology, Chelyabinsk, Russia.
Email: pikalov@ustup.ru ORCID 0009-0003-9251-5190

Maria A. Tereshina – PhD (Eng.), First Deputy General Director, LLC Scientific and Technical Center Geotechnology, Chelyabinsk, Russia.