

Оценка направлений использования техногенных ресурсов при отработке различных видов минерального сырья

А.В. Соколовский¹✉, Н.В. Гончар²

¹ ООО «Научно-технический центр – Геотехнология» («НТЦ-Геотехнология»), г. Челябинск, Российская Федерация

² АО «Русская медная компания», г. Екатеринбург, Российская Федерация

✉ av@ustup.ru

Резюме: Рассмотрены проблемы, связанные с остановкой деятельности угольного разреза «Коркинский» в Челябинской области. Представлены направления использования техногенных ресурсов, образованных при отработке угольного и вновь осваиваемого меднорудного месторождений, таких как карьерная выемка, вскрышные породы, хвосты обогащения. Приведена оценка возможных направлений использования техногенных ресурсов в аспекте ликвидации отработанной выработки Коркинского угольного разреза. Обосновано, что наиболее рациональным способом ликвидации отработанной выработки угольного разреза является заполнение ее закладочным материалом на основе хвостов обогащения медной руды. Описан процесс производства закладочного материала и его транспортирования до места выпуска. Заполнение Коркинского разреза закладочным материалом позволит решить эколого-социальные проблемы региона.

Ключевые слова: угольный разрез, техногенный ресурс, закладочный материал, пульпа, пульпопровод, экология, рекультивация

Для цитирования: Соколовский А.В., Гончар Н.В. Оценка направлений использования техногенных ресурсов при отработке различных видов минерального сырья. *Горная промышленность*. 2023;(5):102–107. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-5-102-107>

Assessment of directions to use man-made resources in the development of various types of mineral raw materials

A.V. Sokolovsky¹✉, N.V. Gonchar²

¹ Scientific-technical Center Geotechnology LLC (Geotechnology), Chelyabinsk, Russian Federation

² Russian Copper Company Limited, Yekaterinburg, Russian Federation

✉ av@ustup.ru

Abstract: The paper reviews the issues related to closure of the Korkinsky coal mine in the Chelyabinsk Region. The authors describe the directions to utilize such man-made resources as open-pit excavation, overburden, and tailings generated during mining of coal and newly developed copper ore deposits. An assessment of possible ways to use man-made resources is provided in relation to abandonment of the worked-out Korkinsky coal mine. Backfilling with copper ore dressing tailings has been justified as the most rational way to abandon the worked-out coal strip mine. The paper describes the process of the backfill material production and its transportation to the discharge point. Backfilling of the Korkinsky coal mine with backfill material will help to solve environmental and social challenges of the region.

Keywords: open pit coal mine, technogenic resource, backfill material, effluent, dredge piping, ecology, recultivation

For citation: Sokolovsky A.V., Gonchar N.V. Assessment of directions to use man-made resources in the development of various types of mineral raw materials. *Russian Mining Industry*. 2023;(5):102–107. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-5-102-107>

Введение

На территории Челябинской области расположен один из самых глубоких угольных разрезов – «Коркинский». Глубина разреза на момент окончания горных работ составляла около 500 м. Отработка запасов производилась в период с 1934 по 2017 г. За это время было извлечено около 270 млн т угля и 1,3 млрд м³ горной породы. К концу отработки запасов образовался целый ряд проблем:

1. Экономические – добыча угля в разрезе «Коркинский» стала нерентабельной, себестоимость добычи превысила цену реализации.

2. Экологические – после остановки горных работ в прибортовой зоне активизировались эндогенные пожары. Это привело к тому, что по результатам инвентаризации, проведенной в декабре 2017 г., было выявлено 17 зон самонагревания общей площадью более 263 тыс. м² и 3 открытых эндогенных пожара. Выбросы в атмосферу превышали нормируемые значения. Другим отрицательным экологическим воздействием разреза на прилегающую территорию являлся сброс карьерных вод, откачиваемых из разреза, в реку Чумляк.

3. Геомеханические – в результате предшествующей хозяйственной деятельности в разрезе сформировались масштабные оползневые явления, угрожающие производственной и социальной инфраструктуре города Коркино и поселка Роза, расположенных вблизи разреза. За период с 2006 по 2017 г. зона опасных деформаций продвинулась по поверхности в сторону поселка Роза на 50 м, прибортовая полоса на длине 200–250 м оказалась в зоне накопления деформаций, превышающих предельно допустимые. В 2013–2015 гг. на территории пос. Роза в границах зоны влияния разреза был произведен массовый снос и рассе-



Рис. 2
Оползни и разрушение уступов на момент завершения эксплуатации

Fig. 2
Landslides and bench failures at the time of mine closure

ление жилых домов, оказавшихся к тому моменту в аварийном состоянии, оползневые процессы не прекратились и угрожали расположенным вблизи бортов разреза городу Коркино и поселку Роза. На конец отработки (2017 г.) наилучшей устойчивостью обладал восточный борт, который находился в аварийном состоянии. По состоянию на 2017 г. в центральной части восточного борта скорость смещения достигла 12 см/год. Появились трещины в зданиях станции Роза, котельной, ВГСЧ, ряда жилых домов, под железнодорожными путями и шоссейной автодорогой.

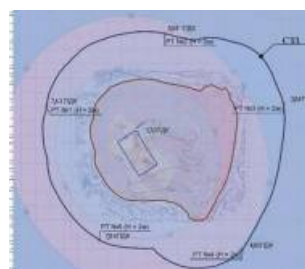
На рис. 1 и 2 представлены фотографии разреза на момент завершения его эксплуатации.

Прекращение работы Коркинского разреза само по себе

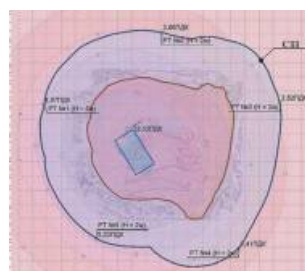


Рис. 1
Эндогенные пожары и задымление территории в период до 2017 г.

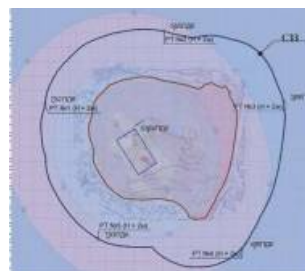
Fig. 1
Spontaneous fires and smoke pollution of the territory in the period up to 2017



Сероводород



Оксид углерода



Диоксид серы и сероводород

Рис. 3
Карта-схема распространения веществ, входящих в группу негативного воздействия в приземном слое атмосферы при эндогенных пожарах на территории угольного разреза «Коркинский»

Источник: [1–2]

Fig. 3
A schematic distribution map of substances that belong to the negative impact group in the surface layer of the atmosphere during spontaneous fires in the territory of the Korkinsky coal strip mine

Source: [1–2]

всех проблем не решило. Эндеогенные пожары в разрезе продолжались, выбросы в атмосферу превышали нормируемые значения, обострилась социальная обстановка, связанная с задымленностью территории. На рис. 3 приведены примеры загрязнения атмосферного воздуха во круг карьера в результате эндеогенных пожаров в период до 2018 гг. [1–2].

Методы

Для решения социально-экологических проблем, включающих ликвидацию пожаров и прекращение оползневых явлений, было принято решение по поиску направлений использования карьерной выемки угольного разреза, которые позволили бы использовать имеющийся техногенный ресурс данного объекта, а также получить социально-экологический эффект. При этом рассматривалось несколько вариантов использования.

Одним из основных рассматривался вариант заполнения выработанного пространства разреза посредством переэкскавации и перемещения пород вскрыши из отвала вскрышных пород, расположенного на северо-западе от угольного разреза «Коркинский». Данное направление использования позволило бы сократить площади отвалов, восстановить земли под отвалами. Однако объем выработанного пространства угольного разреза «Коркинский» составляет 1,3 млрд м³. Затраты на реализацию этого варианта оцениваются в размере не менее 30 млрд рублей. Период проведения работ, как отмечено в научном докладе А.Ю. Даванкова [3], займет более 20 лет. Дополнительно для территории, заполненной породами вскрыши, потребуются работы по ее рекультивации, восстановлению плодородия почвы.

Кроме этого, на поверхности отвала Коркинского разреза происходит зарастание естественной травянисто-кустарниковой растительностью, что подтверждается результатами исследований современного состояния флоры и растительности отвалов вскрышных пород отработанного угольного разреза «Коркинский», выполненного ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет» [4].

Выемка пород из отвала с целью перемещения для закладки разреза повлечет нарушение растительного слоя, созданного на отвале, приведет к дополнительным выбросам пыли в результате выемочно-погрузочных работ, а также загрязнению атмосферного воздуха при транспортировании породы в разрез. Все это приведет к ухудшению экологического состояния территории.

Таким образом, вариант заполнения угольного разреза «Коркинский» породами вскрыши нецелесообразен по экономическим соображениям, а также не приводит к значительному улучшению экологической обстановки.

Другим вариантом дальнейшей судьбы разреза рассматривалась сухая консервация горных выработок разреза. В этом варианте потребуются сохранение водоотлива и постоянных расходов на его эксплуатацию, а также непрерывное проведение противопожарных и противооползневых мероприятий. Результаты экономических, технологических и экологических оценок показали, что по этим факторам сухая консервация разреза нецелесообразна.

Использование отработанной выработки угольного разреза «Коркинский» для создания водного объекта путем естественного затопления был рассмотрен специалистами Института горного дела УрО РАН в 2014 г. [5]. 3D-моделирование заполнения выработанного пространства разреза

«Коркинский» при глубине 493 м, объеме 1,3 млрд м³ и суммарном водопритоке 300 м³/ч показало, что полное затопление произойдет не ранее чем через 530 лет.

В докладе А.Ю. Даванкова [3], помимо уже рассмотренных выше вариантов, были также предложены санитарно-гигиеническая рекультивация и создание гидроаккумулирующей электростанции в отработанном разрезе.

В рамках санитарно-гигиенической рекультивации было предложено выполнить выколачивание верхних вскрышных уступов, изоляцию выходов угольных пластов с целью предотвращения самовозгорания угля, посадку древесно-кустарниковых насаждений и посев многолетних трав. Южный и восточный борта рекомендовалось осваивать под плантации облепихи, юго-восточный склон – под сооружения спортивной базы для зимних видов спорта. Верхние уступы северного борта планировалось использовать под строительство гаражей, складов и пр. При этом в нижней части карьерной выемки, по предложению автора, должен быть создан водоем. Данный вариант не принят исходя из результатов оценки устойчивости бортов, которая не обеспечит требуемого уровня безопасности жизни и здоровья людей, находящихся на рекультивированной территории и проживающих вблизи с ней.

Вариант строительства гидроаккумулирующей электростанции (ГАЭС) предусматривал создание двух водоемов: нижнего – на дне разреза и верхнего аккумулирующего – на месте гидроотвалов и карьерной выемки разреза «Батуринский». Минимальный объем воды, который необходим для работы ГАЭС, составлял 30 млн м³. В нижнем водоеме такой объем воды планировалось получить за счет пластовых и грунтовых вод. В ночные часы, когда потребление электроэнергии существенно падает, вода из нижнего бассейна перекачивается по трубопроводу наверх – в аккумулирующий водоем. В дневные часы электроэнергия, вырабатываемая за счет воды, падающей из аккумулирующего водоема в нижний, идет на покрытие пиковых нагрузок. Предложенный вариант создания гидроаккумулирующей электростанции не учитывал затраты на ликвидацию и профилактику пожаров, а также на обеспечение устойчивости бортов разреза.

В качестве альтернативы ликвидации была рассмотрена возможность доработки оставшихся запасов бурого угля. Анализ горнотехнологических, экономических и экологических условий показал, что дальнейшая отработка запасов не представляется возможной в связи с многочисленными ограничивающими факторами.

Таким образом, рассмотренные выше направления использования техногенного ресурса, образованного в результате отработки Коркинского угольного разреза, являются экономически, экологически или технологически неприемлемыми.

В 2016 г. по поручению Губернатора Челябинской области специалистами ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет» был проведен независимый экологический аудит проектной документации, связанной со строительством Томинского горно-обогатительного комбината, расположенного на расстоянии 14 км от разреза и входящего в состав АО «Русская медная компания». Одной из рекомендаций аудита было рассмотреть возможность совместного использования техногенных ресурсов при отработке Томинского и Коркинского месторождений [6].

Техническая возможность и экологическая безопасность проведения работ по использованию техногенных ресур-

сов угольного разреза «Коркинский» для складирования закладочного материала на основе хвостов обогатительной фабрики АО «Томинский ГОК» подтверждены ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет» [7].

В 2017 г. АО «Русская медная компания» приняла решение о разработке проекта ликвидации Коркинского разреза [8] с использованием закладочного материала на основе хвостов обогащения Томинского ГОКа. Были выполнены необходимые научно-исследовательские работы, изыскания и подготовлена проектная документация, в которой определены параметры производства и транспортирования закладочного материала, обоснован порядок работ по ликвидации горных выработок.

На указанные проекты получены необходимые заключения экспертиз и согласований, в том числе заключения Государственной экологической экспертизы Федеральной службы Росприроднадзора, подтверждающие допустимость их реализации с точки зрения безопасности для окружающей среды.

Проектной документацией предусматривалась следующая схема работ.

Хвосты обогащения по пульпопроводам из главного корпуса обогатительной фабрики Томинского ГОКа направляются в распределительную емкость (пульподелитель) участка сгущения цеха производства закладочного материала. Изготовление закладочного материала ведётся с помощью стустителей диаметром 88 м. Материал, получаемый в результате сгущения хвостовой пульпы, обладает свойствами водонасыщенного суглинка, т.е. имеет низкий коэффициент фильтрации и малую водоотдачу. Получаемый закладочный материал не является взрыво- и пожароопасным, не пылит, не выделяет летучих токсичных веществ, не образует токсичных соединений с другими веществами, не обладает кумулятивными свойствами. Химический состав жидкой фазы закладочного материала весьма благоприятный, что объясняется бедностью вкрапленных руд и практически полным быстрым извлечением сульфидных минералов в процессе флотации.

Дополнительным требованием к производству закладочного материала является обеспечение возможности его транспортирования по трубопроводам до Коркинского разреза [8]. По результатам исследований¹ [9] принято оптимальное соотношение твердой и жидкой фазы в транспортируемом материале по весовому составу: 54% – твердого и 46% – жидкого.

После процедуры сгущения закладочный материал магистральным трубопроводным транспортом подается к распределительным трубопроводам, уложенным на бортах Коркинского разреза. По трассе трубопровода предусмотрены необходимые мероприятия по обеспечению безопасной эксплуатации, в том числе аварийные емкости, предотвращающие попадание закладочного материала на прилегающую территорию в случае внештатных ситуаций.

Трубопроводы для подачи закладочного материала в выработанное пространство размещены по северному и южному бортам разреза. Подключение к магистральным нитям трубопровода осуществляется на западном борту разреза. Резервные трубопроводы, проложенные рядом с основными, используются в период проведения ремонтных работ или при устранении аварийных ситуаций.

Такое размещение трубопроводов обусловлено необходимостью первоочередной подачи закладочного материала для пригрузки восточного борта и повышения его устойчивости. После укрепления восточного борта выпуск закладочного материала будет перенесен ближе к западному борту.

Общий объем закладочного материала, который планируется разместить в разрезе за весь период работ составит более 1 млрд м³. Отметка зеркала воды на момент окончания заполнения, которое ожидается к 2050 г., составит +206 м.

После окончания заполнения карьерной выемки закладочным материалом предусматривается техническая и биологическая рекультивация оставшихся откосов уступов и прикарьерной территории [9].

На техническом этапе рекультивации будет выполнено выполаживание откосов уступов до углов, обеспечивающих их долговременную устойчивость, засыпка нагорных и водоотводных канав, демонтаж электрических сетей, трубопровода, площадки выпуска закладочного материала и других вспомогательных объектов, очистка территории рекультивации от производственных отходов в соответствии с требованиями санитарно-эпидемиологического и природоохранного законодательства. На заключительной стадии технического этапа предусмотрено нанесение плодородного слоя почвы.

На биологическом этапе рекультивации будут проведены работы по улучшению ландшафта, созданию условий для зарастания поверхности травами, кустарниковой и древесной растительностью. Будет произведен посев травосмеси на бортах и откосах выполаженных уступов, а по периметру разреза будет высажена древесно-кустарниковая растительность. Посадка кустарниковой растительности является дополнительно противоэрозионным мероприятием.

Обсуждение результатов

Таким образом, по результатам использования техногенных ресурсов, образованных при отработке Коркинского и Томинского месторождений минерального сырья, удастся сократить техногенное воздействие и сформировать водоём с озеленёнными берегами.

В связи с высокой социально-экологической значимостью реализации данного проекта для координации работ и взаимодействия с органами власти распоряжениями Правительства Челябинской области сформированы рабочие группы под руководством Губернатора Челябинской области.

В состав рабочих групп включены специалисты Министерства энергетики РФ, ФГБУ по вопросам реорганизации и ликвидации нерентабельных шахт и разрезов «ГУРШ», Правительства Челябинской области, Управления Росприроднадзора по Челябинской области, Уральского управления Ростехнадзора, администраций Сосновского и Коркинского муниципальных районов, Федерального казенного учреждения «Управление федеральных автомобильных дорог «Южный Урал» Росавтодор, филиала ОАО «МРСК Урала» – «Челябэнерго», территориального управления Росимущества в Челябинской области, Главного управления лесами Челябинской области, Южно-Уральской железной дороги – филиала ОАО «РЖД», а также представители АО «Русская медная компания», АО «Томинский ГОК» и АО по добыче угля «Челябинская угольная компания».

¹ Отчёт по теме «Изучение сгущаемости хвостов Томинского ГОКа и определение физико-механических свойств продукта их сгущения различной консистенции». ООО «УралГеоПроект». Магнитогорск; 2017.



Рис. 4
Фотографии
текущего состояния
разреза «Коркинский»

Fig. 4
Photographic pictures
of the current state
of the Korkinsky coal strip
mine

В настоящее время все эндогенные пожары в разрезе локализованы, ведется подача закладочного материала, организован регулярный экологический, гидрогеологический и геомеханический мониторинг. По результатам мониторинга при необходимости выполняется корректировка проектных решений.

Фотографии текущего состояния разреза в процессе его заполнения представлены на рис. 4.

Заключение

С учетом вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Совместное использование техногенных ресурсов при отработке 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.
2. Принятым вариантом использования техногенных ресурсов предусматривается комплексное решение вопросов эксплуатации Томинского ГОКа в части обращения с отходами обогащения путем включения Коркинского разреза в технологическую цепочку, а также решение проблем Коркинского разреза с ландшафтом, тушением эндогенных пожаров и укреплением бортов.
3. Для реализации проекта проведены необходимые научно-исследовательские и проектно-изыскательские работы с привлечением ведущих научных и проектных институтов в области горного дела, геомеханики, гидрогеологии и экологии.
4. Постоянно выполняются исследования и мониторинг использования рассматриваемых техногенных объектов и при необходимости проводятся корректирующие мероприятия для повышения надежности и экологической безопасности.

Список литературы

1. Pashkevich M.A., Danilov A.S., Matveeva V.A. Remote sensing of chemical anomalies in the atmosphere in influence zone of Korkino open pit coal mine. *Eurasian Mining*. 2021;(1):79–83. <https://doi.org/10.17580/em.2021.01.16>
2. Данилов А.С. *Разработка дистанционных методов оценки и прогноза состояния атмосферного воздуха на территориях горнопромышленных агломераций: автореф. дис. ... канд. техн. наук.* СПб.; 2019. 23 с.
3. Даванков А.Ю. (ред.) *Социально-экономические направления нейтрализации негативных последствий техногенеза.* Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН; 2017. 40 с.
4. Меркер В.В. *Современное состояние флоры и растительности отвалов вскрышных пород отработанного угольного разреза «Коркинский».* Челябинск: Челябинский государственный университет; 2017. 187 с.
5. Панжин А.А., Усанов С.В., Мельник В.В. и др. *Исследование геомеханических и геодинамических условий в области влияния разреза «Коркинский» и разработка методических рекомендаций по возможным вариантам его ликвидации, организации и развертывании системы полномасштабного геофизического и гидро-геомеханического и научного мониторинга за состоянием прибортового массива, обеспечивающих безопасность окружающей социальной и промышленной инфраструктуры.* Екатеринбург: Институт горного дела Уральского отделения РАН; 2014. 421 с.
6. Валиев Н.Г., Гуман О.М. *Проведение экологического аудита документации, связанной со строительством Томинского горно-обогатительного комбината.* Екатеринбург: УГГУ; 2016. 566 с.
7. Пашкевич М.А., Исаков А.Е., Кремчеев Э.А. и др. *Анализ технической возможности и экологической безопасности проведения работ по ликвидации отработанной выработки угольного разреза «Коркинский» с использованием закладочного материала на основе хвостов обогатительной фабрики АО «Томинский ГОК» с выдачей рекомендаций для проектирования.* СПб.: Санкт-Петербургский горный университет; 2016.

8. Алтушкин И.А., Левин В.В., Сизиков А.В., Король Ю.А. Опыт освоения месторождений медно-порфирового типа на Урале. *Записки горного института*. 2017;228:641–648. <https://doi.org/10.25515/PMI.2017.6.641>
9. Соколовский А.В., Лапаев В.Н., Темникова М.С., Гордеев А.И. Технологические особенности ликвидации разреза «Коркинский». *Уголь*. 2018;(3):91–95. <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2018-3-91-95>

References

1. Pashkevich M.A., Danilov A.S., Matveeva V.A. Remote sensing of chemical anomalies in the atmosphere in influence zone of Korkino open pit coal mine. *Eurasian Mining*. 2021;(1):79–83. <https://doi.org/10.17580/em.2021.01.16>
2. Danilov A.S. *Development of remote methods for assessing and forecasting the state of atmospheric air in the territories of mining agglomerations* [Extended abstract of inaugural dissertation (Ph.D.)]. St. Petersburg; 2019. 23 p. (In Russ.)
3. Davankov A.Yu. (ed.) *Socio-economic directions for neutralizing the negative consequences of technogenesis*. Ekaterinburg: Institute of Economics of Ural Department of Russian Academy of Science; 2017. 40 p. (In Russ.)
4. Merker V.V. *Current state of flora and vegetation of overburden dumps of the spent coal mine “Korkinsky”*: Report. Chelyabinsk: Chelyabinsk State University; 2017. 187 p. (In Russ.)
5. Panzhin A.A., Usanov S.V., Melnik V.V. et al. *Study of geomechanical and geodynamic conditions in the area of influence of the Korkinsky open pit mine and the development of methodological recommendations on possible options for its liquidation, organization and deployment of a system of full-scale geophysical and hydro-geomechanical and scientific monitoring of the state of the near-shore massif, ensuring the safety of the environment social and industrial infrastructure*: Report. Ekaterinburg: Institute of Mining, Ural Department of Russian Academy of Science; 2014. 421 p. (In Russ.)
6. Valiev N.G., Guman O.M. *Conducting an environmental audit of documentation related to the construction of the Tominsky mining and processing plant*: Report. Ekaterinburg: Ural State Mining University; 2016. 566 p. (In Russ.)
7. Pashkevich M.A., Isakov A.E., Kremcheev E.A. et al. *Analysis of the technical feasibility and environmental safety of carrying out work to eliminate the spent workings of the Korkinsky coal mine using backfill material based on the tailings of the processing plant of Tominsky mining and processing plant with the issuance of recommendations for design*: Report. St. Petersburg: St. Petersburg Mining University; 2016. (In Russ.)
8. Altushkin I.A., Levin V.V., Sizikov A.V., Korol' Y.A. Experience of development of porphyry copper type deposits in the Urals. *Journal of Mining Institute*. 2017;228:641–648. (In Russ.) <https://doi.org/10.25515/pmi.2017.6.641>
9. Sokolovskiy A.V., Lapaev V.N., Temnikova M.S., Gordeev A.I. Assessment of the possibility of the Korkinsky open-pit mine liquidation by filling with thickened tailings of enrichment. *Ugol'*. 2018;(3):91–95. (In Russ.) <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2018-3-91-95>

Информация об авторах

Соколовский Александр Валентинович – доктор технических наук, генеральный директор, ООО «НТИЦ-Геотехнология», г. Челябинск, Российская Федерация; e-mail: avs@ustup.ru

Гончар Наталия Валерьевна – кандидат технических наук, заслуженный эколог Российской Федерации, вице-президент по экологической и промышленной безопасности, АО «Русская медная компания», г. Екатеринбург, Российская Федерация

Information about the authors

Alexander V. Sokolovsky – Dr. Sci. (Eng.), General Manager of Geotechnology LLC, Chelyabinsk, Russian Federation; e-mail: avs@ustup.ru

Natalia V. Gonchar – Cand. Sci. (Eng.), Honored Ecologist of the Russian Federation, Vice-President of Safety and Environment, Russian Copper Company Limited, Ekaterinburg, Russian Federation

Article info

Received: 15.09.2023

Revised: 02.10.2023

Accepted: 03.10.2023

Информация о статье

Поступила в редакцию: 15.09.2023

Поступила после рецензирования: 02.10.2023

Принята к публикации: 03.10.2023