

Обоснование технологических решений по управлению отходами недропользования при проектировании комплексного освоения месторождений и сопутствующих техногенных образований

Д.Н. Олейник¹, М.В. Рыльникова² ✉, А.С. Владимирова²

¹ АО «Росатом Недра», г. Москва, Российская Федерация

² Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук,
г. Москва, Российская Федерация

✉ rylnikova@mail.ru

Резюме: В статье рассмотрены технологические решения, обусловленные необходимостью концептуального изменения подхода к управлению отходами недропользования при разработке месторождений твердых полезных ископаемых. Необходимость таких изменений обусловлена как весьма высоким негативным воздействием отходов добычи и переработки твердых полезных ископаемых на окружающую среду, так и минерально-ресурсным потенциалом сырья, содержащегося в отходах добычи и переработки полезных ископаемых. Доказана необходимость заблаговременного принятия в проектах разработки месторождения решений по формированию техногенных образований с заданными технологическими характеристиками для последующей их эффективной эксплуатации. Вовлечение техногенных образований в промышленное освоение сопряжено с технико-технологическими трудностями, связанными с оценкой вещественного состава и свойств техногенного сырья, размещенного в различного рода хранилищах отходов, разработкой с учетом установленных закономерных изменений свойств сырья технологий эксплуатации техногенных образований с целью их ликвидации и получения дополнительной товарной продукции. Доказано, что совместное обоснование в проектах разработки базовых месторождений твердых полезных ископаемых и решение вопросов эксплуатации техногенного сырья может качественно изменить эколого-экономическую ситуацию в сфере недропользования.

Ключевые слова: месторождение, твердые полезные ископаемые, комплексное освоение, техногенные образования, отходы недропользования, вещественный состав, физико-механические характеристики, технология добычи, технология переработки

Для цитирования: Олейник Д.Н., Рыльникова М.В., Владимирова А.С. Обоснование технологических решений по управлению отходами недропользования при проектировании комплексного освоения месторождений и сопутствующих техногенных образований. *Горная промышленность*. 2025;(5S):25–30. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2025-5S-25-30>

Justification of technological solutions for mining waste management when designing comprehensive development of deposits and related man-made formations

D.T. Oleynik¹, M.V. Rylnikova² ✉, A.S. Vladimirova²

¹ Rosatom Nedra, Moscow, Russian Federation

² Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

✉ rylnikova@mail.ru

Abstract: The article discusses technological solutions stipulated by the need for a conceptual change in the approach to mining waste management when developing solid mineral deposits. The need for such changes is due to both the very high negative environmental impact of the waste generated by mining and processing of solid minerals, and the mineral resource potential of the raw materials contained in the mineral mining and processing waste. The need for timely making of decisions

on creating man-made formations with specified technological characteristics for their subsequent exploitation has been proven for deposit development projects. Introduction of man-made formations in industrial development is associated with technical and technological difficulties related to the assessment of the material composition and properties of man-made raw materials stored in various types of waste storage facilities, and the development of technologies to mine the man-made formations with a view to their elimination and production of additional commercial products with due account of the natural changes in the properties of the raw materials. We believe that such a joint justification in the mining projects for the basic deposits of solid minerals with a decision to develop man-made raw materials can drastically change the environmental and economic situation in subsoil use.

Keywords: deposit, solid minerals, comprehensive development, man-made formations, mining waste, material composition, physical and mechanical properties, mining methods, processing technology

For citation: Oleynik D.T., Rylnikova M.V., Vladimirova A.S. Justification of technological solutions for mining waste management when designing comprehensive development of deposits and related man-made formations. *Russian Mining Industry*. 2025;(5S):25–30. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2025-5S-25-30>

Введение. Постановка проблемы

Общеизвестно, что проблема формирования, складирования, накопления и вовлечения в эксплуатацию отходов жизнедеятельности в России является одной из наиболее актуальных проблем, требующих первоочередного решения [1–5]. В общем объеме размещенных на поверхности земли отходов недропользования отходы горнодобывающей и перерабатывающей промышленности составляют свыше 95% (табл. 1).

Эти отходы представлены (рис. 1) отвалами вскрышных пород и некондиционных руд, эйфелевыми отвалами и просыпями, сформированными при первичной добыче и переработке минерального сырья, хвостохранилищами, шламо- и шлакоохранилищами из отходов обогащения руд, являющимися источником многокомпонентного сырья, а также иными хранилищами складированных отходов добычи и переработки твердых полезных ископаемых [6; 7].

Поэтому не случайно в выступлении Президента Владимира Владимировича Путина на ежегодном экономическом форуме в Санкт-Петербурге в марте 2025 г. было указано на «необходимость запуска специальных проектов, чтобы извлечь ценные компоненты из этих отходов. Технологии на этот счет имеются. Таким образом, бизнес может одновременно получить прибыль, помочь ликвидировать накопленный экологический вред, при этом стимулировать развитие отечественной науки и промышленности и заняться оздоровлением обстановки экологической»¹. Этот призыв Президента России был принят при обсуждении проблемы на II Международном симпозиуме «Создавая будущее» в национальном центре Россия 8 октября 2025 г., где ведущие эксперты подтвердили, что разработка многолетних масштабных, востребованных промышленностью ценных компонентов, включая драгоценные, редкие и редкоземельные элементы, а также иные стратегические ми-

Таблица 1
Динамика структуры формирования отходов в Российской Федерации, тыс. т

Table 1
Dynamics of waste generation in the Russian Federation, thousand tons

Вид деятельности	2016	2017	2018	2019	2020
Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство	49242,3	41499,2	42773,7	47664,2	45150,5
Добыча полезных ископаемых	4723843,8	41499,2	42773,7	47664,2	47664,2
В том числе:					
Добыча угля	3377939,9	3874534,2	4816499,8	5199628,2	3911299
Добыча сырой нефти и природного газа	7750,7	8836,7	8917	7068,4	8127,1
Добыча металлических руд	957557,3	1522341,6	1643674,5	1635476,4	2070925,8
Добыча прочих полезных ископаемых	376242,8	376197,9	377504,7	407468,3	373976,4
Предоставление услуг в области добычи полезных ископаемых	4353,1	4278,6	3889,2	7380,8	3007,4
Обрабатывающие производства	549325,3	274816,8	243767,6	296442,7	240432,5
Обеспечение электрической энергией, газом и паром	20509,3	29548,4	20105,1	20185,2	17468
Кондиционирование воздуха	7181,3	9937,6	10606	10688,6	8388,2
Строительство	21100	н/д	36000	42000,6	31551,8
Прочие виды экономической деятельности	70111,5	187652,4	62316,2	76873,9	245390,3
Всего	5441313,5	6220643,4	7266054	7750877,3	6955717

¹ Речь Владимира Путина на ПМЭФ-2025: полная стенограмма обращения президента. Комсомольская правда. 20 июня 2025. Режим доступа: <https://www.kp.ru/daily/27715/5/103445/> (дата обращения: 12.07.2025).

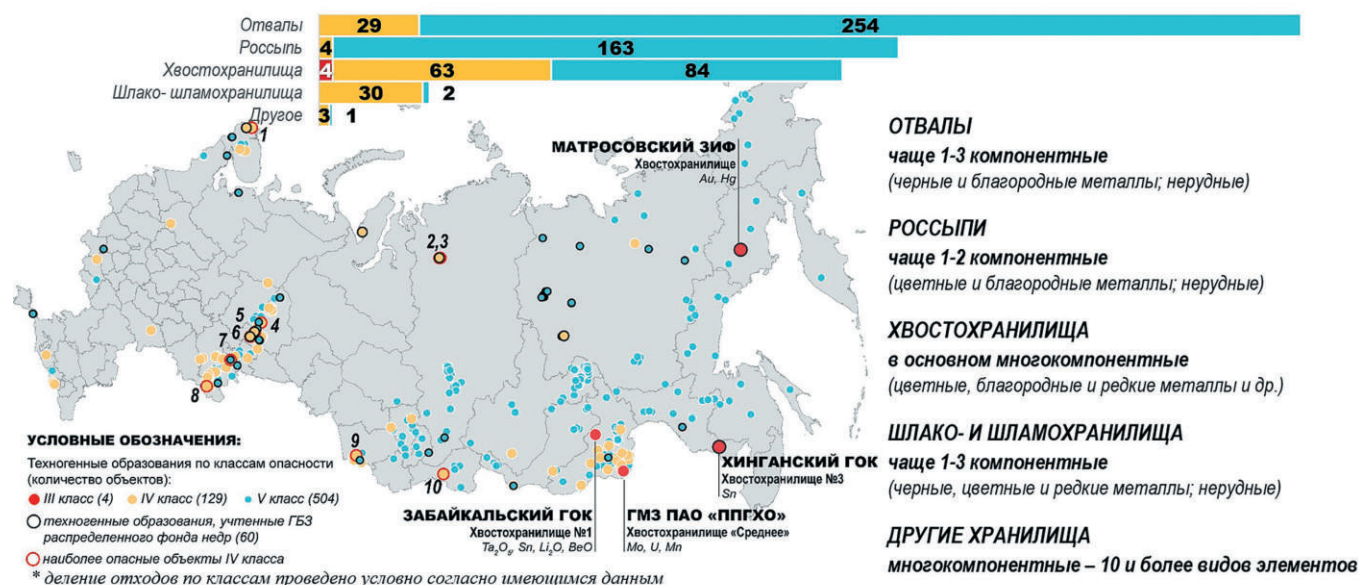


Рис. 1
Распределение техногенных образований из отходов добычи, обогащения и последующей переработки полезных ископаемых на территории России

Fig. 1
Distribution of man-made formations from mining, concentration, and subsequent processing of minerals in the Russian Federation

неральные ресурсы, при одновременном улучшении экологии горнопромышленных регионов² представляет весьма значимую и актуальную проблему, требующую своего решения в ближайшей перспективе.

Проблемы, связанные с вовлечением в эксплуатацию техногенных образований

Техногенные минеральные образования – это скопления на земной поверхности или в недрах Земли минеральных ресурсов, которые потенциально могут быть востребованы для вовлечения в эксплуатацию в настоящее время или в ближайшей перспективе для эффективного использования с целью извлечения ценных компонентов или достижения иных целей эффективного использования техногенного сырья [8; 9].

Основные проблемы, связанные с вовлечением техногенных образований в эффективную эксплуатацию, обусловлены:

- некорректным распространением нормативных требований, разработанных применительно к природным месторождениям, на техногенные образования в части разведки и подсчета запасов, проектирования и эксплуатации, списания техногенных запасов с оценкой потерь и разубоживания, налогообложения;
- отсутствием решения вопросов разведки, учета и списания техногенного минерального сырья;
- отсутствием норм проектирования и известных апробированных технологических решений по вовлечению техногенного сырья в промышленную эксплуатацию;
- изъятием значительных площадей земельных территорий при локальном сосредоточении запасов техногенного сырья, отсутствием развитой инфраструктуры и наличием осложняющих факторов;
- организационно-правовыми трудностями вовлечения техногенных образований в эксплуатацию;

– отсутствием требований промышленной безопасности по эксплуатации техногенных образований;

– отсутствием эффективных решений по утилизации вторичных отходов, переводу их в более низкий класс опасности;

– противоречиями в действующих законодательных актах по обращению с отходами недропользования.

В настоящее время в законодательной базе России отсутствуют требования к оценке техногенных запасов, постановке их на учет, проектированию и эксплуатации, а также списанию запасов с оценкой потерь и разубоживания сырья, учитывающих специфику техногенных объектов, принципиально отличающихся от природных месторождений полезных ископаемых. Распространение требования к освоению природных месторождений, к эксплуатации техногенных образований и применение понятия «месторождение» к техногенным объектам вносят существенные осложнения в процессы вовлечения техногенных образований в эксплуатацию. Генетика природных месторождений в недрах Земли в соответствии с закономерностями геологической среды принципиально отличается от генетики, по сути дела, хаотичного складирования отходов недропользования преимущественно на земной поверхности. В соответствии с этими отличиями техногенные образования ни по объемам накопления ценных компонентов, ни по вещественному составу сырья не могут быть отождествлены с природными месторождениями. Поэтому и требования к их освоению должны быть принципиально иными.

Факторы, обуславливающие необходимость эксплуатации техногенных образований

Вышеперечисленные особенности техногенных образований, обуславливающие приоритетные перспективы их вовлечения в эксплуатацию, представлены на рис. 2.

В первую очередь в факторах, обуславливающих необходимость эксплуатации техногенных минеральных образований, следует отметить, что сохранения качества иско-

² II Международный симпозиум «Создавая будущее». Национальный центр «Россия», Москва, 7–8 октября 2025 г. Режим доступа: <https://www.milgaik.ru/about/news/6558/> (дата обращения: 12.07.2025).



Рис. 2
Факторы, обуславливающие необходимость эксплуатации техногенных минеральных образований

Fig. 2.
Factors driving the need to develop man-made mineral formations

Таблица 2
Наиболее опасные техногенные объекты

Table 2
The most hazardous man-made structures

Название	Субъект РФ	ПК	Тип
Хвосты обогащения медно-никелевых руд ОФ-1,2АО «Кольская ГМК»	Мурманская обл.	Ni, Cu, Co	Хвостохранилище
Шлакоотвалы никелевого и медного завода (г. Норильск)	Красноярский край	Cu, S, Co, Fe, МПГ, Te, Se	Отвал
Хвостохранилище №1 Норильский ОФ	Красноярский край	Cu, Ni, Co, Au, МПГ, Te, Fe, Se, Ag	Хвостохранилище
Красноуральская ОФ, МК	Свердловская обл.	Cu, S	Хвостохранилище
Кировоградский МК	Свердловская обл.	Cu, Ni, Pb, Ag	Шлакоохранилище
Среднеуральский МЗ, ОФ	Свердловская обл.	S, Ag, Au, Zn, Cu	Хвостохранилище
Учалинский рудник, ОФ	Башкортостан Респ	Te, BaSo4, Ti, Pb, In, Se, Cd, Ag, Au, Zn, Cu	Хвостохранилище, отвалы
Гайское месторождение – пруды отстойники кислых подотвальных, карьерных и рудничных во	Оренбургская обл.	Fe, Cu, Zn	Шламоохранилище
Корбализинский рудник, Рубцовская ОФ	Алтайский край	Ti, Ag, Ga, Cu, Se, Bi, Cd, Te, Pb, Zn, Au	Хвостохранилище, отвалы
Отходы ГМК «Тывакобальт»	Республика Тыва	Co, As, Ni, Cu, Bi, Ag	Хвостохранилище

паемых откладываемого минерального сырья и ценности компонентов при размещении техногенных георесурсов в различного рода хранилищах обеспечить практически невозможно, в связи с тем, что объективно техногенные разрушения в ходе добычи и переработки природных минералов, дальнейшее взаимодействие их с агентами природной среды – воздухом, водой, растворенными химическими элементами, не позволяют этого сделать. Даже саркофаг не способен.

При этом огромен масштаб накопления в России техногенного сырья и нарастающий тренд увеличения его объемов в связи с ухудшением качества вовлекаемых в эксплуатацию месторождений полезных ископаемых, в которых содержание ценных компонентов в ряде случаев сопоставимо с их содержанием в ранее накопленных техногенных объектах. Прогрессирующее негативное воздействие складированных техногенных отходов и риск потери качества содержащихся в них ценных компонентов, в том числе за счет природных явлений, связанных с сейсмоактивностью, селявыми потоками, затоплением территорий, необходимостью расширения минерально-сырьевой базы в связи с ростом общественных потребностей и истощением природных месторождений полезных ископаемых, а также ужесточением законодательных требований к сохранению среды обитания человека, обуславливают необходимость разработки инновационных решений по вовлечению техногенного сырья в эксплуатацию. Наиболее опасные техногенные объекты России и содержащиеся в них элементы представлены в табл. 2.

Механизмы возникновения экологической опасности в районах расположения техногенного образования

Механизм воздействия техногенных образований на состояние окружающей среды и процессы ее повреждения показаны на рис. 3.

Уровень загрязнения окружающей среды: атмосферы, гидросферы, биосферы, литосферы определяется воздействием техногенных образований на воздушную, водную и биохимическую среду посредством изменения почвенного и растительного покрова вследствие эрозии, загрязнения водных источников, пылевого выветривания при ведении взрывных, транспортных работ, все это оказывает неизбежное влияние на растительный и животный мир и человека.

Пути решения проблемы

Для решения проблемы, поставленной в качестве первоочередной в выступлении Президента В.В. Путина³, необходимо изменение концептуального подхода к проектированию освоения месторождений твердых полезных ископаемых. Во всех проектах на освоение базовых месторождений должны быть разработаны разделы, определяющие использование отходов недропользования непосредственно в технологии разработки базовых месторождений.

Так, использование складированных хвостов обогащения руд Тырнаузского месторождения позволяет сфор-

³ Речь Владимира Путина на ПМЭФ-2025: полная стенограмма обращения президента. Комсомольская правда. 20 июня 2025. Режим доступа: <https://www.kp.ru/daily/27715.5/5103445/> (дата обращения: 12.07.2025).

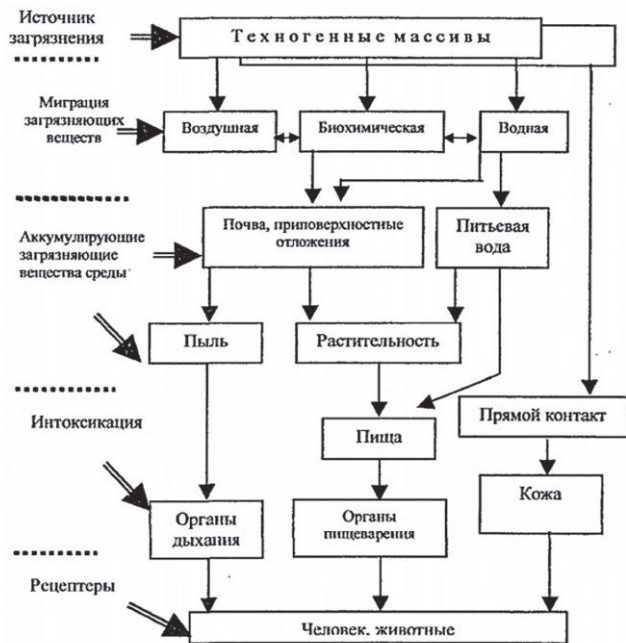


Рис. 3
Механизмы поражения экологической среды под воздействием техногенных объектов

Fig. 3
Mechanisms of environmental damage caused by man-made formations

мировать закладочные массивы требуемой прочности для доработки запасов системами с твердеющей закладкой (рис. 4).

Разработанные в ИПКОН РАН технико-технологические решения по формированию монолитного консолидированного закладочного массива [10–12] на основе кристаллизации солей отходов при установленном в исследовании составе закладочной смеси на основе исключительно отходов обогащения сильвинита (рис. 5) без добавления дорогостоящего цемента позволяют полностью отказаться от размещения на поверхности отходов добычи и обогащения калийных солей путем формирования на их основе закладочных смесей с требуемыми физико-механическими характеристиками. Решение в проекте на разработку месторождения вопросов утилизации отходов позволяет повысить не менее чем в 2 раза полноту освоения запасов месторождения при сохранении подрабатываемой водо-защитной толщи, охранных сооружений на поверхности, обеспечить безопасность горных работ и полностью отказаться от складирования отходов недропользования на поверхности земли.

Выводы

1. Крупномасштабные накопления отходов недропользования в России, их ресурсный потенциал, уровень отрицательного экологического воздействия на состояние окружающей среды определяют необходимость принятия первоочередных мер по изменению подхода к проектированию освоения месторождения с обязательным включением

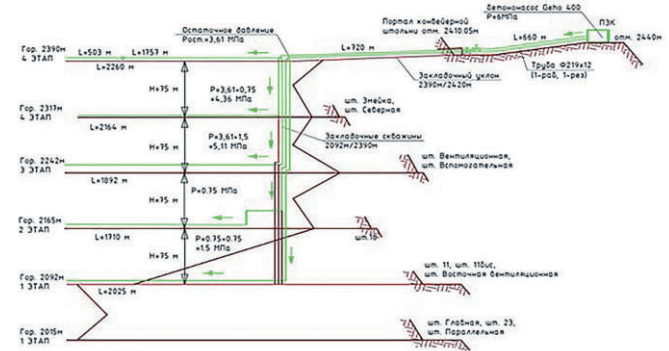


Рис. 4
Принципиальная схема транспортирования закладочной смеси на Тырныаузском месторождении вольфрамо-молибденовых руд

Fig. 4
A basic layout for transporting the backfill mix at the Tyrnyauz tungsten-molybdenum ore deposit

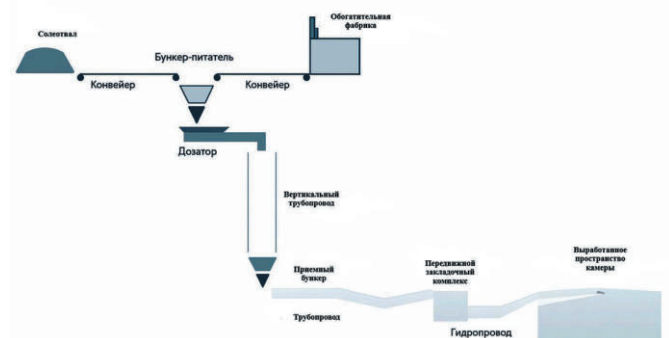


Рис. 5
Технологическая схема ведения закладочных работ консолидированной закладкой

Fig. 5
Process flow diagram for self-consolidating backfilling operations

нием в эксплуатацию формируемых в ходе освоения месторождения и накопленных ранее техногенных образований.

2. Отмеченные принципиальные отличия генезиса формирования природных месторождений твердых полезных ископаемых в геологической среде и техногенных образований из отходов недропользования определяют необходимость разделения в правовой среде требований к вовлечению в эксплуатацию природных месторождений и техногенных образований.

3. Неизбежная потеря качества техногенного сырья в ходе складирования и хранения в различного рода отвалах предопределяет необходимость заблаговременного решения в проектах на освоение базовых месторождений вопросов по формированию техногенных образований с созданием условий для подготовки отходов недропользования для эффективного вовлечения их в эксплуатацию в ближайшей перспективе.

4. Приведенные примеры вовлечения в эксплуатацию техногенного сырья свидетельствуют о возможности перспективных утилизаций отходов недропользования в проектах освоения базовых месторождений.

Список литературы / References

1. Рыльникова М.В., Швабенланд Е.Е., Олейник Д.Н. Развитие системы обращения и управления отходами недропользования в России. *Проблемы недропользования*. 2023;(3):98–107. <https://doi.org/10.25635/2313-1586.2023.03.098>
Rylnikova M.V., Shvabenland E.E., Oleinik D.N. System development in handling and management of subsoil waste in Russia. *Problems of Subsoil Use*. 2023;(3):98–107. (In Russ.) <https://doi.org/10.25635/2313-1586.2023.03.098>

2. Бергер Р.В., Татарников В.И. Использование солеотходов в закладке выработанного пространства подземного рудника – средство полной утилизации сформированных на поверхности солеотвалов. В кн.: Калмыков В.Н., Рыльникова М.В. (ред.) *Комбинированная геотехнология: комплексное освоение техногенных образований и месторождений полезных ископаемых: Материалы научно-практической конференции: материалы 12-й науч.-практ. конф. с междунар. участием, г. Магнитогорск, 23–28 мая 2023 г.* Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова; 2023. С. 106–109.
3. Олейник Д.Н., Рыльникова М.В., Швабенланд Е.Е. Совершенствование правовых основ управления отходами недропользования в России. *Рациональное освоение недр.* 2023;(6):24–35.
Oleinik D.N., Rylnikova M.V., Shvabenland E.E. Improving the legal framework for the mining wastemanagement in Russia. *Ratsionalnoe Osvoenie Nedr.* 2023;(6):24–35. (In Russ.)
4. Гильмундинов В.М., Тагаева Т.О., Бокслер А.И. Анализ и прогнозирование процессов обращения с отходами в РФ. *Проблемы прогнозирования.* 2020;(1):126–134. Режим доступа: <https://ecfor.ru/wp-content/uploads/2020/02/analiz-i-prognostirovanie-protsessov-obrashheniya-s-othodami-v-rf.pdf> (дата обращения: 23.06.2025).
Gil'mundinov V.M., Tagaeva T.O., Boksler A.I. Analysis and forecasting of waste management processes in Russia. *Studies on Russian Economic Development.* 2020;31(1):92–98. <https://doi.org/10.1134/S1075700720010074>
5. Lottermoser B.G. *Mine Wastes: Characterization, Treatment, Environmental Impacts.* 3rd ed. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag; 2010. 404 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-12419-8>
6. Горюхин М.В. Разработка систематизации отходов горнодобывающей промышленности. *Региональные проблемы.* 2008;(10):64–67.
Goryukhin M.V. Development of the systematization of waste products in the mining industry. *Regional Problem.* 2008;(10):64–67. (In Russ.)
7. Blight G.E. *Geotechnical Engineering for Mine Waste Storage Facilities.* London: CRC Press; 2009. 652 p. <https://doi.org/10.1201/9780203859407>
8. Рыльникова М.В. Проблемы и перспективы устойчивого развития горнотехнических систем при комплексном освоении недр. В кн.: Рыльникова М.В. (ред.) *Золото. Полиметаллы. XXI век: Устойчивое развитие в условиях внешних и внутренних вызовов: материалы 4-й Междунар. науч.-техн. конф., г. Челябинск, 27–30 марта 2024 г.* М.: ИПКОН РАН; 2024. С. 17–21.
9. Рыльникова М.В., Бергер Р.В., Яковлев И.В., Татарников В.И., Зубков П.О. Техничко-технологические решения по закладке выработанного пространства при отработке глубокозалегающих пластов силвинита. *Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых.* 2024;(S2):167–176. <https://doi.org/10.15372/FTPRPI20240214>
Ryl'nikova M.V., Berger R.V., Yakovlev I.V., Tatarnikov V.I., Zubkov P.O. Backfill technologies and designs for deep-level sylvinite mining. *Fiziko-Tekhnicheskiye Problemy Razrabotki Poleznykh Iskopaemykh.* 2024;(S2):167–176. (In Russ.) <https://doi.org/10.15372/FTPRPI20240214>
10. Рыльникова М.В., Бергер Р.В., Зубков П.О., Татарников В.И. Развитие научно-методических основ технологий закладки выработанного пространства с учетом специфики горно-геологических и горнотехнических условий освоения соляных месторождений. *Рациональное освоение недр.* 2024;(1):36–44.
Ryl'nikova M.V., Berger R.V., Zubkov P.O., Tatarnikov V.I. Development of scientific and methodological foundations of stowing, taking into account of geological and mining conditions of salt deposits development. *Ratsionalnoe Osvoenie Nedr.* 2024;(1):36–44. (In Russ.)
11. Ryl'nikova M.V., Berger R.V., Yakovlev I.V., Tatarnikov V.I., Zubkov P.O. Backfill technologies and designs for deep-level sylvinite mining. *Journal of Mining Science.* 2024;60(2):332–340. <https://doi.org/10.1134/S1062739124020145>
12. Татарников В.И. Применение технологий разработки месторождений калийных солей с управляемым воздействием на формируемый закладочный массив. В кн.: Красавин А.Г., Милетенко Н.А. (ред.) *Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения земных недр: материалы 6-й конф. междунар. науч. школы акад. РАН К.Н. Трубецкого, посвящ. 300-летию РАН, г. Москва, 17–21 июня 2024 г.* М.: ИПКОН РАН; 2024. С. 264–266.

Информация об авторах

Олейник Дмитрий Николаевич – советник генерального директора, АО «Росатом Недр», г. Москва, Российская Федерация

Рыльникова Марина Владимировна – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0002-9984-5980>; e-mail: rylnikova@mail.ru

Владимирова Анастасия Сергеевна – аспирант, младший научный сотрудник, Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация; e-mail: ansvladimirova@mail.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 29.08.2025

Поступила после рецензирования: 15.10.2025

Принята к публикации: 22.10.2025

Information about the authors

Dmitry N. Oleinik – Advisor to Director General, Rosatom Nedra, Moscow, Russian Federation

Marina V. Rylnikova – Dr. Sci. (Eng.), Professor, Chief Research Associate, Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-9984-5980>; e-mail: rylnikova@mail.ru

Anastasia S. Vladimirova – Postgraduate Student, Junior Research Fellow, Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation; e-mail: ansvladimirova@mail.ru

Article info

Received: 29.08.2025

Revised: 15.10.2025

Accepted: 22.10.2025