Обращение с отходами производства и потребления

DOI: 10.35634/UdSU.2026.20.58.015

УДК 553.661.2. + 549.517

А. Б. Макаров, Г. Г. Хасанова

ФАКТОРЫ И УСЛОВИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В УРАЛЬСКОМ РЕГИОНЕ

Аннотация. Исследование техногенно-минеральных образований, в том числе формирующих техногенные месторождения, представляется весьма актуальным. В статье рассмотрены факторы и условия размещения подобных месторождений в пределах Уральского региона. По результатам обобщения и анализа имеющихся данных в их размещении главную роль играют факторы: исторический, определяющий последовательность освоения полезных ископаемых Урала, географический – пространственное расположение основных промышленных районов, и геологический, где в рамках геологических структур анализируется размещение главных месторождений полезных ископаемых.
Ключевые слова: техногенные месторождения, Уральский регион, отвалы, шлаки, шламы.

Для цитирования: Макаров А. Б., Хасанова Г. Г. Факторы и условия размещения техногенных месторождений в уральском регионе // Управление техносферой: электрон. журнал, 2026. Т. 9. Вып.1. С. 226–239. DOI: 10.35634/UdSU.2026.20.58.015

Введение

Многолетняя добыча и переработка полезных ископаемых, деятельность различных отраслей металлургии привела к образованию разнообразных техногенных месторождений, которые формируются в результате производственных процессов в виде отвалов горнорудного производства, хвостов обогатительных фабрик, шлаков металлургии, отходов химического и металлургического производства.

В последние годы в результате исследований подобных объектов для ряда областей Урала получено много новых данных, выполнен их кадастровый учет, что позволяет перейти к анализу и синтезу этих данных для составления

минерагенических карт и системных баз данных техногенных месторождений [1-3]. Методические аспекты минерагенических исследований техногенных месторождений в какой-то мере рассматривались нами ранее [4, 5]. При этом главными аспектами, определяющими условия размещения и факторы формирования техногенных месторождений и слагающих их техногенно-минеральных образований в пределах Уральского региона являются исторический, учитывающий более чем трехсотлетнюю историю развития горно-металлургического комплекса Урала, географический, определяющий территориальное размещение основных промышленных районов с учетом природных условий, а также геологический, наиболее важный, непосредственно определяющий распределение месторождений важнейших типов месторождений полезных ископаемых на Урале.

Исторический фактор определяет последовательность и стадийность разработки и использования полезных ископаемых Урала, в процессе которых происходило формирование техногенных месторождений: от добычи медных и железных руд в XVII веке до редких металлов в настоящее время.

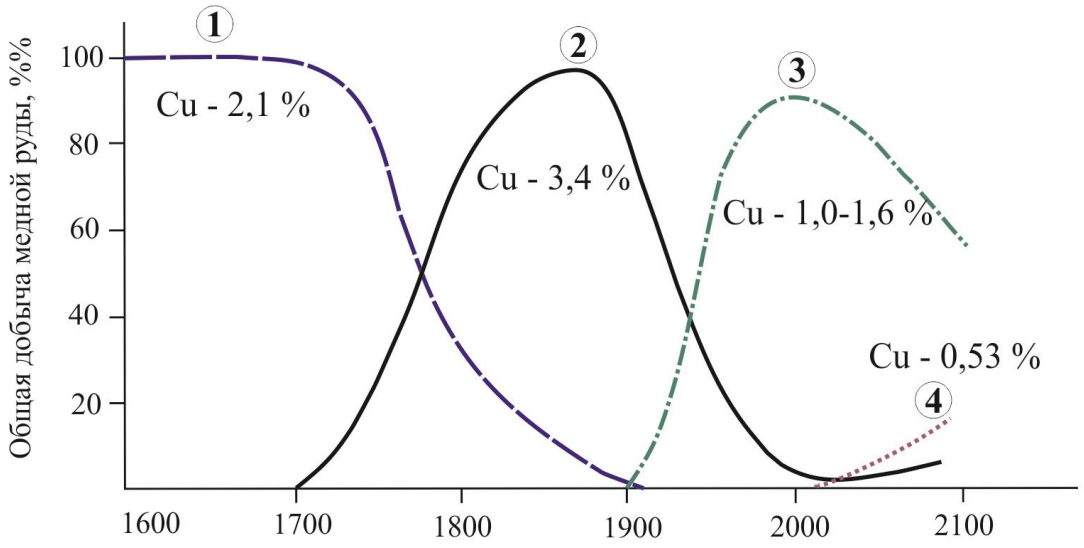
Следует отметить и изменение характера техногенно-минеральных образований, и эволюцию техногенных систем: преимущественную смену отходов горно-металлургического производства на отходы химического производства и энергетического комплекса с течением времени. Появление скоплений техногенно-минеральных образований началось с момента возникновения на Урале казенных заводов. В 1630-х годах начали работу первый Ницынский железный (ныне – с. Рудное Ирбитского района Свердловской области) и Пыскорский медеплавильный заводы (14 км северо-западнее г. Соликамск). При этом вблизи рудников скапливались отвалы медистых песчаников с сульфидным оруденением (содержание меди меньше 2 %) и шлаки медеплавильных заводов, запасы которых составили около 3 млн. т.

С начала XVIII века Урал становится крупнейшим центром горного дела и металлургии России с разработкой месторождений железных, медных, а затем и золотых руд высокого качества. Отрабатывались в первую очередь близповерхностные залежи и, как следствие, значительных отвалов вскрышных и вмещающих пород не формировалось.

Образование значительных по масштабам скоплений техногенных минеральных образований начинается в XX веке [6]. На Урале в это время в период индустриализации открываются новые рудники, строятся разнообразные, в первую очередь, металлургические заводы, что и определило наличие значительного количества отходов добычи и переработки руд черных и цветных металлов. Это связано с вовлечением в промышленную разработку новых генетических типов месторождений, обладающих значительными запасами руд при более низких содержаниях полезных компонентов, и созданием новых перерабатывающих производств в процессе индустриализации страны. Так, в последние 80-90 лет, в связи с развитием разнообразных технологий обогащения руд формируются значительные объемы техногенно-минеральных образований в виде пульпообразных продуктов (хвостов обогащения). В то же время растет глубина разработки месторождений, появляются значительные отвалы вскрышных и вмещающих пород, которые согласно поправкам в «Законе о недрах» в настоящее время относятся к «отходам недропользования».

Характер изменения техногенно-минеральных образований можно проследить на примере промышленных меднорудных месторождений, на Урале, которые объясняются фемическим характером Уральского складчатого пояса, где широко распространены магматические породы основного и ультраосновного состава [7, 8]. Разнообразие месторождений меди определяется, вероятно, проявлением различных геодинамических обстановок в процессе геологического развития Урала.

Изменение роли различных типов эксплуатируемых медных месторождений показано на рис 1. В XVII веке извлекались из недр только медистые песчаники, в добыче XVIII века начинают преобладать скарновые медно-магнетитовые руды, максимум добычи которых – XIX век. В XX веке эксплуатируются в основном медноколчеданные месторождения, в XXI – медно-титановые и медно-порфировые месторождения. Соответственно, если на ранних стадиях развития медной отрасли металлургии техногенно-минеральные образования были представлены различными отвалами, то в XX веке и последние годы значительное место принадлежит отходам обогащения.



Типы техногенно-минеральных образований	1	2	3	4
ОТВАЛЫ	▨		▨	
ХВОСТЫ		▨	▨	▨
ШЛАКИ	▨	▨	▨	

Рис. 1. Роль различных типов меднорудных месторождений в истории добычи и переработки и формирование техногенно-минеральных образований.

Примечание: 1 – пермские медистые песчаники; 2 – медно-скарновые руды; 3 – медноколчеданные руды; 4 – медно-порфировые руды.

Помимо изменения характера техногенно-минеральных образований, размещение их на дневной поверхности приводит к изменению минерального состава за счет окисления сульфидов. Примером могут служить как размещённые в долине р. Сак-Елга хвосты обогащения Карабашского медеплавильного завода, так и породы, и бедные руды в отвалах, ранее разрабатываемых медноколчеданных месторождений Яман-Касы, Бляве (Южный Урал) [12], Дегтярского (Средний Урал).

Географический фактор, определяющий пространственное размещение техногенных месторождений, связанное с территориальным расположением основных промышленных районов с учетом природных условий. Известные в пределах региона техногенные месторождения тяготеют к приосевой части Уральского хребта, размещение их в целом определяется расположением минерально-сырьевых ресурсов, на базе которых существуют крупные промышленные центры и районы. Большинство этих объектов приурочено к зоне горнопромышленного Урала. В Свердловской области, где техногенные месторождения в целом подчиняются распределению минерально-сырьевых ресурсов, их размещение определяется расположением систем поселений: Екатеринбургской, Нижне-Тагильской и Серовской. В центре области – г. Екатеринбурге преобладают предприятия машиностроительного и в меньшей мере металлурго-химического комплекса, поэтому в пределах городской территории значительных скоплений теногенно-минерального сырья не отмечается, они характерны для других городов агломерации (Березовский, Верхняя Пышма, Ревда, Первоуральск). Характерным для крупных промышленных агломераций является наличие разнообразных техногенных образований, что определяется инерционностью формирующих их техногенных систем: смена горно-металлургических машиностроительными и т. д. Так, в Полевском районе на первой стадии существует рудник, затем Полевской медеплавильный завод (1724-1918 г.г.) сернокислотный завод, криолитовый

завод. Соответственно, происходила и смена техногенных образований: медеплавильные шлаки – пиритные огарки – фторогипсы [11].

Формирование довольно многочисленных техногенных месторождений характерно для подрайонов горнозаводского района: Тагило-Качканарского и Серово-Ивдельского. В первом техногенно-минеральные образования связаны с деятельностью предприятий черной и цветной металлургии, металлурго-химического комплекса, горнодобывающих предприятий по добыче железных, медных руд и благородных металлов (Au, Pt), формирующих техногенные минеральные образования.

В Серово-Ивдельском подрайоне эти образования формируют Надеждинский металлургический завод, Серовский ферросплавный Богословский алюминиевый завод и др. Техногенные образования Петропавловского завода (1761-1826 гг.) в 300 км севернее г. Краснотуринска отмечал ещё академик А. Е. Ферсман в поездке на Северный Урал, который писал о «превосходном шоссе, отсыпанном шлаком Петропавловского завода» [12]. В XX веке появляются новые предприятия по добыче и переработке алюминиевых и марганцевых руд.

На Южном Урале географически техногенные месторождения располагаются в Челябинской области, республике Башкортостан и Оренбургской области.

В Челябинской области в отвалах находятся свыше 2,5 млрд. м^3 горных пород, 250 млн. т отходов обогатительных и металлургических производств, более 100 млн. т шлаков и золы энергетических производств. Наиболее значительными скоплениями техногенных минеральных образований обладают как горнорудные, так и металлургические (Магнитогорский МК, УМЗ, УЭМК) предприятия.

В республике Башкортостан в составе этих образований преобладают отвалы пород и забалансовых руд (более 1 млрд. т) и хвосты обогатительных

фабрик (около 50 млн. т). Предприятия цветной металлургии сосредоточены в пределах Уральского и Сибайского промышленных узлов, черной – в пределах Белорецкого промышленного узла. Отметим, что хвосты обогащения медноколчеданных и золоторудных месторождений вмещают около 74 т золота при содержаниях 0,9–1,3 г/т, сотни тонн серебра. Хвосты обогатительных фабрик являются наиболее доступным видом ресурсов, особенно хвостохранилища 40–50 летней давности и старше, так как они отличаются более высоким содержанием металла. В период хранения материал хвостов подвергался значительным изменениям, применение флотации, однако оправдано при преобладании в составе хвостов сульфидов меди. За рубежом известны отдельные примеры переработки такого сырья методом выщелачивания, как правило, чанового или перколяционного [13].

В пределах Оренбургской области основные техногенные месторождения, как и предприятия черной и цветной металлургии, сосредоточены в ее восточной части. Это, в первую очередь, отвалы медноколчеданных месторождений: Блявинского [10], Яман-Касы, Гайского, а также хвосты обогащения Гайского ГОКа и шлаки медногорского медно-серного комбината, в которых содержания меди составляют 0,22–0,33 %, золота – до 0,63 г/т.

В примыкающих к горнозаводским промышленным Зауралью и Предуралью районах формируются весьма специфичные техногенные месторождения. В Зауралье это красные бокситовые шламы Уральского алюминиевого завода и шлаки Режского никелевого завода, в Предуралье (Пермский край) техногенные месторождения горного производства, представленные терриконами угольных шахт Кизеловского угольного бассейна (70 отвалов с объемом складирования более 24 млн. м^3), а в Березниковско-Соликамском промышленном районе под солеотходами занято 530 га,

в солеотвалах – около 450 млн. т, в шламохранилищах – около 60 млн. т техногенно-минеральных образований.

Геологический фактор – непосредственно влияет на распределение типов и характер техногенных месторождений, т.е. геологические структуры Урала могут являться базовым элементом при минерагенических построениях. В целом, прежде всего, техногенные месторождения, сформированные горнодобывающей промышленностью, приурочены к определенным меридиональным зонам Урала, отличающимся геологическим строением и возрастом слагающих их горных пород, и как следствие, набором полезных ископаемых. К этим геологическим зонам относятся: 1) Приуральская, 2) Центрально-Уральская, 3) Тагило-Магнитогорская, 4) Восточно-Уральская, 5) Зауральская.

В Первоуральской зоне техногенные месторождения представлены терриконами угольных шахт и отходами добычи каменных солей, для Центрально-Уральской характерны техногенные образования преимущественно добычи железо-титановых руд (Кусинское месторождение) Бакальского месторождения железных руд и магнезитов Саткинского месторождения.

В Тагило-Магнитогорской зоне формировались техногенные образования при добыче и переработке богатых магнетитовых железных руд (Магнитогорское, Высокогорское, Гороблагодатское и др. месторождения), а также титаномагнетитов (Гусевогорское, Качканарское) и медноцинковых сульфидных залежей в вулканических породах (Тарньерское, Шемурское, Дегтярское, Левихинское, Сибайское, Гайское и др. месторождения).

В пределах Восточно-Уральской зоны (Зауралье) располагаются города: Челябинск, Екатеринбург, Асбест, Алапаевск, в которых расположены крупные предприятия. Широкое расположение здесь гранитных интрузий определило своеобразие полезных ископаемых, при разработке которых формировались

отвалы и отходы обогащения золоторудной (Березовское месторождение), редкометальной (Малышевское месторождение) промышленности и добычи ряда других полезных ископаемых. В то же время следует отметить, что главным геологическим процессом, определяющим и формирование, и размещение техногенных месторождений, является техногенез. В свою очередь, инерционность развития техногенных процессов может определять наложение в одном районе разных типов техногенных месторождений.

Заключение

Приведенные данные показывают, что размещение техногенных месторождений определяется рядом факторов, важнейшими из которых являются их приуроченность к промышленным узлам и районам, а также историей развития горнодобывающей и металлургической промышленности. Возможность использования техногенного материала определяется часто его принадлежностью к остродефицитному минеральному сырью [14]. Многообразие техногенного сырья в свою очередь обусловлено развитием Урала как горнозаводского района и значительными масштабами освоения различных полезных ископаемых. Эти же факторы (наличие предприятий различных отраслей промышленности и их потребности в сырье) могут играть определяющую роль, как в исследовании техногенного сырья, так и в освоении техногенных месторождений и переработке техногенного минерального сырья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Техногенные месторождения Среднего Урала и оценка их воздействия на окружающую среду / С. И. Мормиль, В. Л. Сальников, Л. А. Амосов и др. Екатеринбург; 2002. 206 с.
2. Макаров А.Б. Главные типы техногенно-минеральных месторождений Урала: науч. моногр. Екатеринбург: изд-во УГГУ, 2006. 206 с.
3. Техногенное минеральное сырье Урала / В. А. Перепелицын, В. М. Рытвин, В. А. Коротеев, А.Б. Макаров и др. Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2013. 332 с.

4. Макаров А.Б., Хасанова Г.Г. Алгоритм минерагенических исследований техногенных месторождений // Научно-практический электронный журнал «Аллея науки», № 7 (106). 2025 г. Alley-science.ru.
5. Хасанова Г. Г. Основные задачи кадастровой оценки техногенных месторождений // Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий. 2018. № 12. С. 361–362.
6. Макаров А. Б., Хасанова Г. Г., Цейтлин Е. М. Основные черты техногенной минерагении железа (на примере Уральского региона) // Управление техносферой. 2025. Т. 8. № 1. С. 24 – 36.
7. Прокин В.А., Душин В.А. История изучения и освоения рудных месторождений Урала: научная монография/В.А. Прокин, В.А. Душин; Урал. Гос. Горный ун-т. Екатеринбург: Изд-во УГГУ. 2010. 222 с.
8. Прокин В. А. Типы медной минерализации Урала // Геохимия, минералогия и минерагения меди: Уральская минералогическая школа 2002. Екатеринбург: изд. УГГА, 2003. С. 11 – 17.
9. Фирсов В. Я., Мартынова В. Н. Медь Урала. Екатеринбург: УГТУ-УПИ. 1995. 296 с.
10. Пономарева Г. А., Петрищев В. П., Макаров А. Б. Цветные и редкие металлы в отвалах Блявинского медноколчеданного месторождения (Южный Урал)// Известия Уральского государственного горного университета, 2024. №4 (76). С. 58 – 67.
11. Макаров А. Б., Хасанова Г. Г., Котеньков А. Ю. Техногенно-минеральные месторождения, сформированные предприятиями химического производства в Уральском регионе// Вестник Уральского отд. Российского минерал. общества. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2021. №18. С. 94 – 101.
12. Ферсман Е. А. Путешествие за камнем. М: АН СССР; 1960. 391 с.
13. Геотехнологическая подготовка месторождений полезных ископаемых / А. А. Пешков, В. И. Брагин, А. Т. Михайлов, Н. А. Мацко: Ин-т проблем комплексного освоения недр РАН, Институт химии и химической технологии СО РАН. М.: Наука, 2007. 286 с.
14. Абакумов И. В., Макаров А. Б., Хасанова Г. Г. Техногенные ресурсы остродефицитного минерального сырья и возможности их реализации в пределах Уральского региона // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2024. № 5 (190). С. 18 – 28.

Поступила в редакцию: 10.12.2025

Сведения об авторах
Макаров Анатолий Борисович
д. г.-м. н., профессор кафедры геологии, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский горный университет», 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, д. 30. Россия.
E-mail: fgg.gpr@m.ursmu.ru

Хасанова Гульнара Габдулбариевна
к.г.-м.н., доцент кафедры геологии, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский горный университет», 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, д. 30. Россия.
E-mail: fgg.gpr@m.ursmu.ru

A. B Makarov., G. G. Khasanova

FACTORS AND CONDITIONS FOR THE PLACEMENT OF TECHNOGENIC DEPOSITS IN THE URAL REGION

Annotation. The study of technogenic-mineral formations, including those forming technogenic deposits, seems very relevant. The article considers the factors and conditions for the placement of such deposits within the Ural region. Based on the results of generalization and analysis of available data, the main role in their placement is played by the following factors: historical factor, determining the sequence of mineral development in the Urals; geographical factor – the spatial location of main industrial regions; and geological factor, where the placement of main mineral deposits is analyzed within the framework of geological structures.
***Keywords*:** technogenic deposits, Ural region, dumps, slag, and sludge.

For citation: Makarov A. B., Khasanova G. G. [Factors and conditions for the placement of technogenic deposits in the Ural region]. *Upravlenie tekhnosferoi*, 2026, vol. 9, issue 1, pp. 226–239. DOI: 10.35634/UdSU.2026.20.58.015. (In Russ.).

REFERENCES

1. Mormil' S. I., Sal'nikov V. L., Amosov L. A. i dr. *Tekhnogennye mestorozhdeniya Srednego Urala i otsenka ikh vozdeistviya na okruzhayushchuyu sredu* [Technogenic deposits of the Middle Urals and assessment of their environmental impact]. Ekaterinburg, 2002, 206 p. (In Russ.).
2. Makarov A.B. *Glavnye tipy tekhnogenno-mineral'nykh mestorozhdenii Urala: nauch. monogr.* [The main types of technogenic-mineral deposits of the Urals: scientific. monogr]. Ekaterinburg: izd-vo UGGU, 2006, 206 p. (In Russ.).
3. Perepelitsyn V. A., Rytvin V. M., Koroteev V. A., Makarov A.B. i dr. *Tekhnogennoe mineral'noe syr'e Urala* [Technogenic mineral raw materials of the Urals]. Ekaterinburg: RIO UrO RAN, 2013, 332 p. (In Russ.).
4. Makarov A.B., Khasanova G.G. Algoritm mineragenicheskikh issledovanii tekhnogennykh mestorozhdenii [Algorithm of mineragenic studies of technogenic deposits]. *Nauchno-prakticheskii elektronnyi zhurnal «Alleya nauki»* [*Scientific and practical electronic journal "Alley of Science"*]. 2025, no. 7 (106). (In Russ.).
5. Khasanova G. G. Osnovnye zadachi kadastrovoi otsenki tekhnogennykh mestorozhdenii [The main tasks of cadastral assessment of technogenic deposits]. *Geologiya, poleznye iskopaemye i problemy geoekologii Bashkortostana, Urala i sopredel'nykh territorii* [*Geology, minerals and*

problems of geoecology of Bashkortostan, the Urals and adjacent territories]. 2018, no. 12, pp. 361 – 362. (In Russ.).

6. Makarov A. B., Khasanova G. G., Tseitlin E. M. Osnovnye cherty tekhnogennoi minerageni zheleza (na primere Ural'skogo regiona) [The main features of technogenic iron minerageny (on the example of the Ural region)]. *Upravlenie tekhnosferoi*. 2025, vol. 8, no. 1, pp. 24 – 36. (In Russ.).
7. Prokin V.A., Dushin V.A. *Istoriya izucheniya i osvoeniya rudnykh mestorozhdenii Urala: nauchnaya monografiya* [History of the study and development of ore deposits in the Urals: a scientific monograph]. Ural. Gos. Gornyi un-t. Ekaterinburg: Publ., UGGU, 2010, 222 p. (In Russ.).
8. Prokin V. A. Tipy mednoi mineralizatsii Urala [Types of copper mineralization in the Urals]. Geokhimiya, mineralogiya i minerageniya medi: *Ural'skaya mineralogicheskaya shkola 2002*. [*Geochemistry, mineralogy and minerageny of copper: Ural Mineralogical School 2002*]. Ekaterinburg: Publ., UGGA, 2003, pp. 11 – 17. (In Russ.).
9. Firsov V. YA., Martynova V. N. *Med' Urala.* [Copper of the Urals]. Ekaterinburg: UGTU-UPI, 1995, 296 p. (In Russ.).
10. Ponomareva G. A., Petrishchev V. P., Makarov A. B. Tsvetnye i redkie metally v otvalakh Blyavinskogo mednokolchedannogo mestorozhdeniya (Yuzhnyi Ural) [Non-ferrous and rare metals in the dumps of the Blyavinsky copper-crusted deposit (Southern Urals)]. *Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo gornogo universiteta* [*Proceedings of the Ural State Mining University*], 2024, no. 4 (76), pp. 58 – 67. (In Russ.).
11. Makarov A. B., Khasanova G. G., Koten'kov A. YU. Tekhnogenno-mineral'nye mestorozhdeniya, sformirovannye predpriyatiyami khimicheskogo proizvodstva v Ural'skom regione [Technogenic and mineral deposits formed by chemical production enterprises in the Ural region]. *Vestnik Ural'skogo otd. Rossiiskogo mineral. obshchestva* [*Bulletin of the Ural Branch. A Russian mineral. societies*]. Ekaterinburg: IGG UrO RAN, 2021, no. 18, pp. 94 – 101.
12. Fersman E. A. *Puteshestvie za kamnem* [Journey beyond the stone]. Moscow: AN SSSR; 1960, 391 p. (In Russ.).
13. Peshkov A. A., Bragin V. I., Mikhailov A. T., Matsko N. A. *Geotekhnologicheskaya podgotovka mestorozhdenii poleznykh iskopaemykh* [Geotechnological preparation of mineral deposits]. Institut khimii i khimicheskoi tekhnologii SO RAN. Moscow: Nauka, 2007, 286 s. (In Russ.).
14. Abakumov I. V., Makarov A. B., Khasanova G. G. Tekhnogennye resursy ostrodefitsitnogo mineral'nogo syr'ya i vozmozhnosti ikh realizatsii v predelakh Ural'skogo regiona [Technogenic

resources of acutely deficient mineral raw materials and the possibility of their implementation within the Ural region]. *Mineral'nye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie* [*Mineral Resources of Russia. Economics and management*]. 2024, no. 5 (190), pp.18 – 28. (In Russ.).

Received: 10.12.2025

About the Authors

Makarov Anatoly Borisovich
Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor of the Department of Geology, Exploration and Development of Mineral Deposits, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ural State Mining University", 620144, Yekaterinburg, Kuybysheva Street, 30. Russia. E-mail: fgg.gpr@m.ursmu.ru

Khasanova Gulnara Gabdulbariyevna
Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor of the Department of Geology, Exploration and Development of Mineral Deposits, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ural State Mining University", 620144, Yekaterinburg, Kuibyshev Street, 30. Russia. E-mail: fgg.gpr@m.ursmu.ru