

МЕТАЛЛУРГИЯ, МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ГОРНОЕ ДЕЛО

Статья поступила в редакцию: 12.09.2026

Статья принята к публикации: 20.09.2026

Статья опубликована: 28.09.2026

УДК 622.7+004.9+333.3

Инновационные технологии для выработки и переработки минералов в южных регионах Узбекистана

Боймуродов Нажмиддин Абдукодирович

доц. кафедры

Геология и горное дело, Каршинский государственный технический университет

Республика Узбекистан, г. Карши

ORCID iD: 0009-0007-7820-7799

E-mail: najmiddinboy-94@mail.ru

Раббимов Жахонгир Шодмонкулович

доц. кафедры

Геология и горное дело, Каршинский государственный технический университет

Республика Узбекистан, г. Карши

ORCID iD: 0009-0007-0967-9741

E-mail: rabbimov.jahongir1933@gmail.com

Innovative technologies for the extraction and processing of minerals in the southern regions of Uzbekistan

Boymurodov Najmiddin Abdukodirovich

Associate Professor of the Department of Geology and Mining

Karshi State Technical University

Uzbekistan, Karshi

Rabbimov Jakhongir Shodmonkulovich

Associate Professor of the Department of Geology and Mining

Karshi State Technical University

Uzbekistan, Karshi

Аннотация

В статье проанализированы перспективы применения современных инновационных технологий для эффективного освоения минерально-сырьевого потенциала южных регионов Узбекистана, прежде всего Кашкадарьинской и Сурхандарьинской областей. Цель исследования заключается в систематизации технологических решений, способных повысить эффективность поисков, добычи и переработки полезных ископаемых при одновременном снижении экологической нагрузки. На основе сравнительного анализа научных публикаций и

Библиографическое описание: Боймуродов Н.А., Раббимов Ж.Ш. Инновационные технологии для выработки и переработки минералов в южных регионах Узбекистана // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2026. 9(150). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/23435>

открытых отраслевых данных рассмотрены геоинформационные системы, 3D-моделирование, дистанционный мониторинг, автоматизация, технологии IoT и искусственного интеллекта. Особое внимание уделено биогидрометаллургическим методам, современным технологиям переработки труднообогатимых руд и техногенного сырья. Рассмотрены перспективы освоения металлических, редких и стратегически важных видов минерального сырья, включая вольфрам, олово, ниобий, бериллий и литий. Показано, что сочетание цифровых методов геологоразведки, автоматизированного контроля, современных технологий добычи и экологически ориентированной переработки позволяет повысить полноту использования минеральных ресурсов, снизить производственные и экологические риски и сформировать более устойчивую модель развития горнодобывающей промышленности южных регионов Узбекистана. Полученные результаты могут быть использованы при выборе приоритетных направлений технологической модернизации горнодобывающих и перерабатывающих объектов.

Abstract

The article analyzes the prospects for applying modern innovative technologies to the efficient development of the mineral-resource potential of southern Uzbekistan, primarily the Kashkadarya and Surkhandarya regions. The study aims to systematize technological solutions capable of improving the efficiency of mineral exploration, extraction, and processing while reducing environmental impacts. Based on a comparative analysis of scientific publications and open industry data, the paper considers geographic information systems, 3D modeling, remote monitoring, automation, Internet of Things technologies, and artificial intelligence. Particular attention is paid to biohydrometallurgical methods and modern technologies for processing refractory ores and technogenic raw materials. The prospects for developing metallic, rare, and strategically important mineral resources, including tungsten, tin, niobium, beryllium, and lithium, are considered. The analysis shows that combining digital exploration methods, automated control, modern mining technologies, and environmentally oriented processing can improve the comprehensive utilization of mineral resources, reduce operational and environmental risks, and contribute to a more sustainable model for the development of the mining industry in southern Uzbekistan. The results can be used to identify priority areas for the technological modernization of mining and mineral-processing facilities.

Ключевые слова: южные регионы Узбекистана, Кашкадарья, Сурхандарья, минеральные ресурсы, инновационные технологии, ГИС, 3D-моделирование, автоматизация, искусственный интеллект, био-гидрометаллургия, флотация, полиметаллические руды, редкие и рассеянные элементы, устойчивое развитие.

Keywords: southern regions of Uzbekistan, Kashkadarya, Surkhandarya, mineral resources, innovative technologies, GIS, 3D modeling, automation, artificial intelligence, biohydrometallurgy, flotation, polymetallic ores, rare and dispersed elements, sustainable development.

Введение

Узбекистан обладает значительным и разнообразным минерально-сырьевым потенциалом. Важную роль в его структуре играют металлические и редкие виды минерального сырья, освоение которых имеет стратегическое значение для дальнейшего развития горнодобывающей и металлургической промышленности страны [10, 3]. Южные регионы Узбекистана, включая Кашкадарьинскую область, характеризуются наличием разнообразных минеральных ресурсов и перспективных объектов их освоения [1, 4]. Повышение эффективности освоения минерально-сырьевой базы требует более широкого внедрения цифровых технологий, автоматизации и интеллектуальных систем управления горными процессами [8, 7].



Рисунок 1. Узбекистан – страна богатая месторождениями

В связи с этим возникает необходимость внедрения инновационных методов, которые не только улучшат эффективность добычи и переработки, но и способствуют устойчивому экологическому и социально-экономическому развитию региона.

Актуальность темы. Современные вызовы, связанные с охраной окружающей среды, энергоэффективностью и ресурсосбережением, выдвигают новые требования к горнодобывающей отрасли. В условиях глобальных изменений климата и растущей потребности в устойчивом управлении природными ресурсами становится особенно важным переход к инновационным и экологически безопасным методам добычи и переработки. Развитие высоких технологий, включая цифровизацию, автоматизацию процессов и интеллектуальные системы управления, выступает одним из ключевых факторов повышения эффективности горнодобывающего производства [8, 7]. Одновременно возрастает значение экологически ориентированных технологий переработки минерального сырья, включая биогидрометаллургические методы и извлечение ценных компонентов из труднообогатимых руд и отходов [9]. Эти направления создают технологическую основу для более устойчивого развития горнодобывающей отрасли.

Цель исследования заключается в систематизации и сравнительной оценке современных цифровых, горнотехнических и перерабатывающих технологий, перспективных для повышения эффективности освоения минерально-сырьевой базы Кашкадарьинской и Сурхандарьинской областей с учетом технологических и экологических факторов.

Материалы и методы

Материалами исследования послужили опубликованные научные работы и открытые отраслевые данные, посвященные развитию минерально-сырьевой базы Узбекистана [1, 3, 4, 10, 6], цифровизации геологоразведки и горных процессов [8, 7, 11], а также современным технологиям переработки минерального сырья [9]. В работе применены обзорно-аналитический, сравнительный и системный методы. Технологические решения сгруппированы по основным этапам освоения месторождений: поиски и разведка, добыча, обогащение и гидрометаллургическая переработка, экологический мониторинг. Для Кашкадарьинской и Сурхандарьинской областей выполнено сопоставление возможностей ГИС и 3D-моделирования [11], дистанционного контроля, автоматизации, IoT и искусственного интеллекта [8, 7], а также флотационных и биогидрометаллургических технологий [9].

Сравнительная оценка технологических решений проводилась по следующим критериям: область применения, уровень цифровизации, потенциальное повышение эффективности извлечения полезных компонентов, экологическая направленность и применимость к геолого-технологическим условиям южных регионов Узбекистана. Полученные данные систематизированы по четырем основным направлениям: геологоразведка, добыча, переработка минерального сырья и экологический мониторинг.

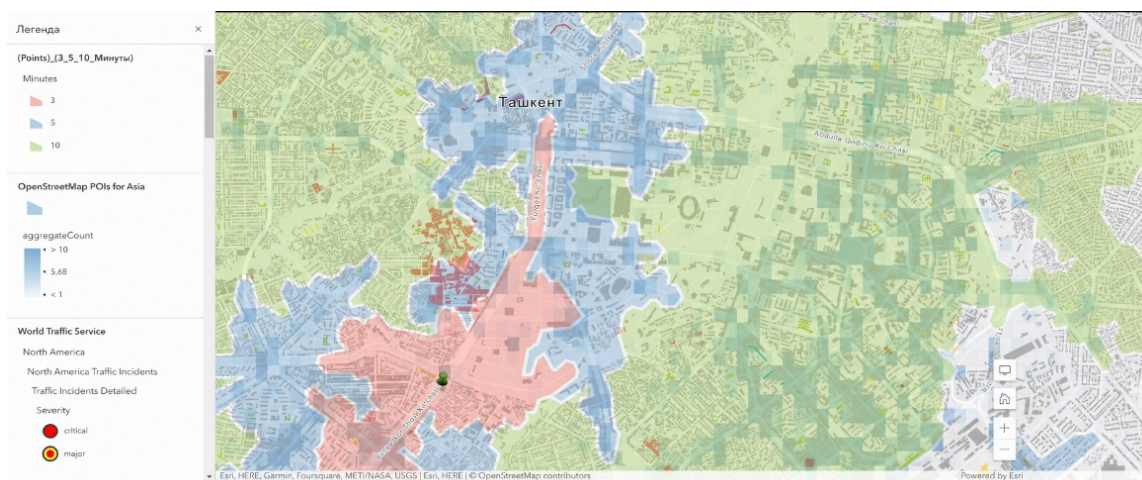


Рисунок 2. Доступные геоданные на Узбекистан: векторные карты, космоснимки, карты землепользования, цифровые модели местности и другие слои, которую можно использовать для ГИС анализа

Результаты и обсуждение

Основные направления инноваций

1. Геоинформационные системы (ГИС) Использование ГИС-технологий для построения 3D-моделей месторождений, оценки рентабельности разработки, мониторинга состояния карьеров и шахт [11].
2. Автоматизация и дистанционное управление Внедрение автономных буровых установок, роботизированных систем погрузки и транспортировки, дистанционное управление горной техникой [8, 7].
3. Энергоэффективные и экологически чистые методы переработки Применение биогидрометаллургии, флотационных методов нового поколения, переработка шламов и отходов с извлечением ценных компонентов [9].
4. Цифровизация процессов Использование датчиков, IoT, Big Data и искусственного интеллекта для оптимизации производственных процессов и прогнозирования техногенных рисков [8, 7].
5. Инновационные методы подземной добычи В южных регионах, где горные условия сложные, актуальны технологии подземной выработки с использованием буровзрывных и камерно-столбовых систем нового поколения.

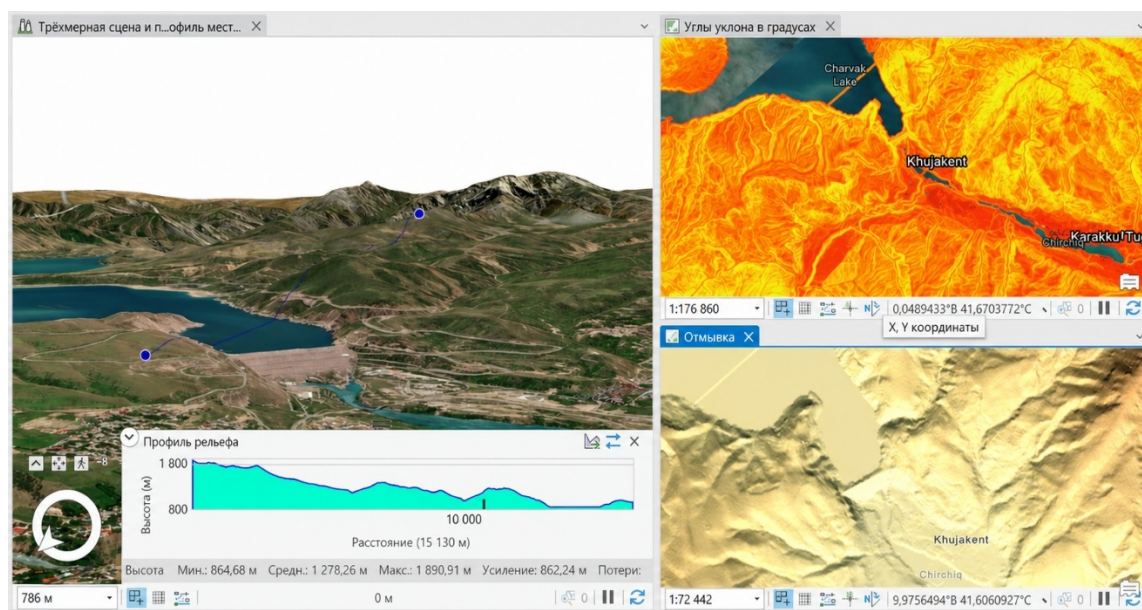


Рисунок 3. Цифровая модель местности с более высокой точностью

Примеры внедрения инноваций в южных регионах Узбекистана

1. Кашкадарьинская область. Кашкадарьинская область характеризуется разнообразной минерально-сырьевой базой и наличием перспективных объектов металлических полезных ископаемых [1, 4]. Для повышения эффективности их освоения перспективными направлениями являются применение цифровых методов геологоразведки и 3D-моделирования [11], автоматизированного и дистанционного контроля горных процессов [8, 7], а также современных биогидрометаллургических методов переработки труднообогатимых руд и отходов [9].

Для сурьмяных и комплексных руд региона перспективным является сочетание современных методов геологоразведки, селективной разработки и последующей переработки минерального сырья. Использование цифрового моделирования позволяет повысить точность интерпретации геологического строения и морфологии рудных тел [11], тогда как биогидрометаллургические подходы могут рассматриваться как одно из перспективных направлений переработки сложных и труднообогатимых руд [9].

Важным направлением дальнейшего развития является также внедрение автоматизированных систем мониторинга и дистанционного контроля горных процессов, способствующих повышению технологической управляемости и снижению производственных рисков [8, 7].

Таблица 1.

**Перспективные направления технологического развития минерально-сырьевой базы
Кашкадарьинской области**

Направление	Перспективные технологии	Ожидаемый эффект
Геологоразведка	ГИС, дистанционное зондирование, 3D-моделирование [10]	Повышение точности интерпретации геологического строения и выделения перспективных участков
Добыча	Автоматизированный и дистанционный контроль горных процессов [2, 5]	Повышение управляемости и снижение производственных рисков
Переработка труднообогатимых руд	Биогидрометаллургические методы [4]	Повышение полноты извлечения ценных компонентов
Переработка техногенного сырья	Современные методы обогащения и комплексной переработки [4]	Снижение потерь полезных компонентов и вовлечение вторичных ресурсов
Цифровой мониторинг	IoT, интеллектуальные системы контроля и анализа данных [2, 5]	Оперативный мониторинг технологических процессов и повышение эффективности управления

Комплексное применение цифровых, автоматизированных и биогидрометаллургических технологий может повысить эффективность освоения минерально-сырьевой базы Кашкадарьинской области и снизить производственные и экологические риски.

2. Сурхандарьинская область. Сурхандарьинская область характеризуется сложным геологическим строением и перспективами освоения полиметаллического минерального сырья. Для повышения эффективности геологоразведочных и горных работ перспективными направлениями являются применение ГИС, дистанционного зондирования и цифрового моделирования [11], автоматизированных систем управления и мониторинга [8, 7], а также современных методов переработки комплексных и низкосортных руд [9].

В условиях сложного рельефа и удалённости отдельных объектов особый интерес представляет использование мобильных и модульных технологических решений, позволяющих повысить гибкость организации переработки минерального сырья. Перспективным направлением также является применение биогидрометаллургических методов при переработке сложных и труднообогатимых руд [9].

Таблица 2.

**Перспективные технологии для освоения минерально-сырьевой базы
Сурхандарьинской области**

Технология	Потенциальное применение	Ожидаемый эффект
ГИС, дистанционное зондирование и цифровое моделирование [10]	Геологоразведка и уточнение строения перспективных участков	Повышение точности интерпретации геологических данных
Автоматизированные системы мониторинга и управления [2, 5]	Контроль горных и технологических процессов	Повышение оперативности управления и снижение производственных рисков
Мобильные и модульные технологические решения	Организация переработки сырья в удалённых и сложных по условиям освоения районах	Снижение транспортной нагрузки и повышение гибкости производства
Биогидрометаллургические методы [4]	Переработка сложных и труднообогатимых руд	Повышение полноты извлечения полезных компонентов
Цифровые системы анализа данных [2, 5]	Прогнозирование и оптимизация производственных процессов	Повышение эффективности принятия технологических решений

Для перспективных полиметаллических объектов Сурхандарьинской области особое значение имеет сочетание современных методов геологоразведки, цифрового моделирования, автоматизированного мониторинга и технологий переработки сложного минерального сырья. Применение таких решений может повысить качество геолого-технологической оценки объектов, снизить производственные риски и повысить эффективность последующего освоения минеральных ресурсов [8, 9, 7, 11].

Таблица 3.

Приоритетные направления технологического развития горных и перерабатывающих процессов в Сурхандарьинской области

Направление	Технологические решения	Ожидаемый результат
Геологоразведка	ГИС, дистанционное зондирование, цифровое и 3D-моделирование [10]	Уточнение геологического строения и повышение достоверности оценки перспективных участков
Управление горными работами	Автоматизированные системы мониторинга, дистанционный контроль, интеллектуальные системы управления [2, 5]	Повышение управляемости процессов и снижение производственных рисков
Переработка комплексных руд	Современные методы обогащения и биогидрометаллургические технологии [4]	Повышение полноты извлечения ценных компонентов
Переработка сырья в удалённых районах	Мобильные и модульные технологические решения	Снижение транспортной нагрузки и повышение гибкости организации производства
Анализ и прогнозирование	IoT, Big Data, искусственный интеллект [2, 5]	Оптимизация технологических параметров, прогнозирование рисков и повышение эффективности принятия решений

Одним из перспективных направлений дальнейшего развития является интеграция технологий искусственного интеллекта и цифрового мониторинга в управление горными и перерабатывающими процессами. Такие решения могут использоваться для моделирования производственных сценариев, прогнозирования технологических рисков и повышения эффективности управления минерально-сырьевыми объектами [8, 7].

3. Редкие и стратегически важные элементы южных регионов Узбекистана. Южно-Узбекистанский горнорудный район характеризуется наличием и перспективами выявления ряда редких и стратегически важных компонентов. В пределах Кашкадарьинской и Сурхандарьинской областей особый интерес представляют вольфрам, олово, ниобий, бериллий, литий и другие металлы, имеющие важное значение для современной металлургии, энергетики и высокотехнологичных производств [10, 1].

Вольфрам относится к числу стратегически значимых металлов минерально-сырьевой базы Узбекистана. Его комплексное освоение требует совершенствования методов геологоразведки, оценки качества рудного сырья и технологий последующей переработки. Перспективным направлением является использование цифровых геологоразведочных методов и современных аналитических подходов при оценке потенциальных вольфрамоносных участков [10, 11, 6].

Олово представляет интерес как компонент комплексных редкометалльных руд. Его перспективность связана прежде всего с необходимостью комплексного изучения минерального состава сырья и определения технологически рациональных методов извлечения сопутствующих полезных компонентов.

Ниобий и бериллий относятся к редким металлам, востребованным в производстве специальных сплавов и других высокотехнологичных материалов. При оценке перспектив их освоения важное значение имеют детальное геологическое изучение, выявление форм нахождения полезных компонентов и определение возможности комплексной переработки рудного сырья.

Литий является одним из наиболее востребованных стратегических элементов современной мировой промышленности. Перспективы его освоения требуют проведения дальнейших геолого-геохимических исследований, оценки минеральных форм нахождения лития и определения рациональных методов его извлечения из соответствующих типов минерального сырья.

Для изучения перспективных редкометалльных объектов особое значение приобретает интеграция геологических, геохимических и пространственных данных. Использование ГИС, дистанционного зондирования и цифрового моделирования позволяет систематизировать большие массивы геологоразведочной информации, выделять перспективные участки и повышать обоснованность последующих поисково-оценочных работ [11].

Таким образом, развитие редкометалльной сырьевой базы южных регионов Узбекистана целесообразно осуществлять на основе комплексного подхода, сочетающего современные методы геологоразведки, цифровой анализ данных, минералого-технологические исследования и оценку возможностей комплексного извлечения ценных компонентов [10, 1, 11, 6].

Таблица 4.

Перспективные редкие и стратегически важные элементы и направления их изучения

Элемент	Значение и перспективность	Основные направления дальнейшего изучения
Вольфрам (W)	Стратегически важный металл, представляющий значительный интерес для минерально-сырьевой базы Узбекистана	Геологоразведка, минералого-технологическое изучение, совершенствование методов переработки и комплексного извлечения
Олово (Sn)	Перспективный компонент комплексных редкометалльных руд	Изучение минеральных форм, оценка технологических свойств сырья и возможности комплексной переработки
Ниобий (Nb)	Востребован при производстве специальных и высокопрочных сплавов	Геолого-геохимическое изучение, оценка содержания и форм нахождения в комплексных рудах
Бериллий (Be)	Используется в высокотехнологичных материалах и специальных сплавах	Выявление перспективных участков, минералогическое изучение и оценка возможностей извлечения
Литий (Li)	Стратегический металл, значение которого возрастает в современной энергетике и высокотехнологичных производствах	Геолого-геохимические исследования, определение минеральных форм и выбор рациональных технологий извлечения

Заключение

Применение инновационных технологий в горнодобывающей промышленности южных регионов Узбекистана обладает значительным потенциалом для повышения эффективности освоения минерально-сырьевой базы. Проведённый анализ показывает, что наиболее перспективными направлениями являются внедрение геоинформационных систем и 3D-моделирования, автоматизация и дистанционный контроль горных процессов, применение технологий искусственного интеллекта, а также развитие современных биогидрометаллургических методов переработки минерального сырья.

Комплексное использование цифровых и экологически ориентированных технологий позволяет повысить полноту использования минеральных ресурсов, снизить производственные и экологические риски и улучшить качество технологического управления. Для Кашкадарьинской и Сурхандарьинской областей особое значение имеет сочетание цифровых методов геологоразведки, современных технологий добычи и переработки с системами экологического мониторинга. Интеграция этих решений может стать одним из ключевых факторов устойчивого развития горнодобывающей промышленности южных регионов Узбекистана.

Список литературы

1. Министерство горнодобывающей промышленности и геологии Республики Узбекистан. Минеральные и сырьевые ресурсы Кашкадарьинской области по состоянию на 01.06.2024 [Электронный ресурс]. URL: <https://gov.uz/en/mingeo/pages/foydali-qazilmalarning-davlat-balansi> (дата обращения: 11.09.2026).
2. Пирматов Э.А., Шодиев А.Н.У., Боймуродов Н.А. Изучение растворимых форм вольфрама и условий кристаллизации шеелита и вольфрамитов // Universum: технические науки. – 2023. – № 11–2 (116). – С. 15–19.

3. Сафиров Е. Горнодобывающая промышленность Узбекистана // U.S. Geological Survey Minerals Yearbook. – 2023.
4. Султонов Ш.А., Навотова Д.И., Алиева Д.И. Географо-экономические особенности использования минеральных ресурсов Кашкадарьинской области // Science and Education in the Modern World: Challenges of the XXI Century. Нур-Султан, Казахстан. – 2020. – С. 12–15.
5. Фаизуллаев М.А., Нурматов А.У., Хужакулов С.У. Экономико-географические характеристики развития промышленных сетей Кашкадарьинской области // Proceedings of International Conference on Modern Science and Scientific Studies. Париж, Франция. – 2023. – С. 125–134.
6. Хужакулов А.М., Боймуродов Н.А. О базе вольфрамового минерального сырья Узбекистана и её основных проблемах // Цифровые технологии в промышленности. – 2024. – Т. 2. – С. 40–45.
7. Янг А., Роджерс У.П. Обзор цифровой трансформации в горнодобывающей промышленности // Mining, Metallurgy & Exploration. – 2019. – Т. 36. – С. 683–699. – DOI: 10.1007/s42461-019-00103-w.
8. Ali D., Frimpong S. Artificial intelligence, machine learning and process automation: Existing knowledge frontier and way forward for mining sector // Artificial Intelligence Review. – 2020. – Т. 53. – P. 6025–6042. – DOI: 10.1007/s10462-020-09841-6.
9. Johnson D.B. Biomining–Biotechnologies for extracting and recovering metals from ores and waste materials // Current Opinion in Biotechnology. – 2014. – Т. 30. – P. 24–31. – DOI: 10.1016/j.copbio.2014.04.008.
10. Safirova E., Golovko Y., Dulabova N. Analysis of the potential effects of Uzbekistan’s mineral endowment on the critical mineral supply of tungsten. Reston, VA: U.S. Geological Survey, 2025. Open-File Report 2025–1032. 14 P. DOI: 10.3133/ofr20251032.
11. Tagwai M.G., Jimoh O.A., Shehu S.A., Zabidi H. Application of GIS and remote sensing in mineral exploration: Current and future perspectives // World Journal of Engineering. – 2024. – Т. 21, № 3. – P. 487–502. – DOI: 10.1108/WJE-09-2022-0395.

References

1. Ministry of Mining Industry and Geology of the Republic of Uzbekistan. Mineral and Raw Material Resources of the Kashkadarya Region according to the State Balance of Mineral Reserves of the Republic of Uzbekistan (as of 01.06.2024) [Electronic resource]. – URL: <https://gov.uz/en/mingeo/pages/foydali-qazilmalarning-davlat-balansi> (дата обращения: 11.09.2026).
2. Pirmatov E.A., Shodiev A.N.U., Boymurodov N.A. Izuchenie rastvorimyykh form volframa i usloviy kristallizatsii sheelita i volframita [Study of soluble forms of tungsten and conditions for crystallization of scheelite and wolframite]. Universum: Technical Sciences. – 2023. – No. 11–2 (116). – P. 15–19. (In Russ.)
3. Safirova E. The mineral industry of Uzbekistan // U.S. Geological Survey Minerals Yearbook. – 2023.

4. Sultonov Sh.A., Navotova D.I., Aliyeva D.I. Qashqadaryo viloyati mineral resurslari va ulardan foydalanishning geografik xususiyatlari [Mineral resources of the Kashkadarya region and geographical features of their use] // Science and Education in the Modern World: Challenges of the XXI Century. – 2020. – P. 12–15.
5. Faizullaev M.A., Nurmatov A.U., Khujakulov S.U. Economic geographical characteristics of the development of industrial networks of Kashadarya region // Proceedings of International Conference on Modern Science and Scientific Studies. – 2023. – P. 125–134.
6. Xujakulov A.M., Boymurodov N.A. O‘zbekistonda volfram mineral xom ashyo bazasi va uning asosiy muammolari [Tungsten mineral raw material base in Uzbekistan and its main problems] // Sanoatda raqamli texnologiyalar / Digital Technologies in Industry. – 2024. – Vol. 2, No. 1. – P. 40–45.
7. Young A., Rogers W.P. A review of digital transformation in mining // Mining, Metallurgy & Exploration. – 2019. – Vol. 36. – P. 683–699. – DOI: 10.1007/s42461-019-00103-w.
8. Ali D., Frimpong S. Artificial intelligence, machine learning and process automation: Existing knowledge frontier and way forward for mining sector. Artificial Intelligence Review. – 2020. – Vol. 53. – P. 6025–6042. – DOI: 10.1007/s10462-020-09841-6.
9. Johnson D.B. Biomining–Biotechnologies for extracting and recovering metals from ores and waste materials. Current Opinion in Biotechnology. – 2014. – Vol. 30. – P. 24–31. – DOI: 10.1016/j.copbio.2014.04.008.
10. Safirova E., Golovko Y., Dulabova N. Analysis of the potential effects of Uzbekistan’s mineral endowment on the critical mineral supply of tungsten. – Reston, VA: U.S. Geological Survey, 2025. – Open-File Report 2025–1032. – 14 P. – DOI: 10.3133/ofr20251032.
11. Tagwai M.G., Jimoh O.A., Shehu S.A., Zabidi H. Application of GIS and remote sensing in mineral exploration: Current and future perspectives. World Journal of Engineering. – 2024. – Vol. 21, No. 3. – P. 487–502. – DOI: 10.1108/WJE-09-2022-0395.