

**И. Д. Шевцов**Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Москва, Россия,  
e-mail: shevy88@yandex.ru**А. Ф. Лещинская**

Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Москва, Россия

**Д. С. Захарова**

Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Москва, Россия

## **ФИНАНСИРОВАНИЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ В ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ РОССИИ В УСЛОВИЯХ САНКЦИОННОГО ДАВЛЕНИЯ**

**Ключевые слова:** цифровизация, финансирование; горнодобывающая промышленность, санкционное давление, импортозамещение, интернет вещей, датчики IoT, Schneider Electric, отечественные технологии, экономическая эффективность, технологический суверенитет.

В статье рассматриваются особенности финансирования цифровизации горнодобывающей отрасли России в условиях санкционного давления. Отмечается, что уход с российского рынка ряда иностранных компаний, в том числе Schneider Electric, осложнил процесс внедрения современных цифровых решений, что привело к росту затрат на параллельный импорт оборудования и увеличению сроков реализации проектов. Вместе с тем отечественные производители смогли предложить альтернативные решения, профинансировав выпуск российских аналогов применяемого оборудования, позволяющих компенсировать технологический разрыв и сохранить темпы цифровой трансформации. На примере внедрения датчиков интернета вещей и их финансирования, проведён сравнительный экономический анализ эффективности использования отечественных технологий и зарубежного оборудования, закупаемого через третьи страны. Расчёты показали, что применение российских аналогов обеспечивает экономию до 25% от общей стоимости проекта, а также позволяет сократить сроки поставки, снизить валютные риски и укрепить технологический суверенитет. Приведены возможные варианты привлечения финансовых ресурсов. Сделан вывод о том, что цифровизация на основе отечественных решений нуждается в расширенном финансировании, и выступает не только вынужденной мерой импортозамещения, но и стратегическим направлением развития горнодобывающей отрасли, способствующим повышению устойчивости и конкурентоспособности российской экономики.

**I. D. Shevtsov**Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia,  
e-mail: shevy88@yandex.ru**A. F. Leshchinskaya**

Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

**D. S. Zakharova**

Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

## **DIGITIZATION IN THE MINING INDUSTRY OF RUSSIA IN THE CONDITIONS OF SANCTION PRESSURE**

**Keywords:** digitalization, financing; mining, sanctions pressure, import substitution, Internet of Things, IoT sensors, Schneider Electric, domestic technologies, economic efficiency, technological sovereignty.

This article examines the digitalization of the Russian mining industry under sanctions pressure. It notes that the departure of several foreign companies, including Schneider Electric, from the Russian market complicated the implementation of modern digital solutions, leading to increased costs for parallel equipment imports and longer project implementation times. However, domestic manufacturers were able to offer alternative solutions that helped bridge the technological gap and maintain the pace of digital transformation. Using the implementation of Internet of Things sensors as an example, a comparative economic analysis is conducted of the effectiveness of using domestic technologies and foreign equipment purchased through third countries. Calculations show that the use of Russian equivalents provides savings of up to 25% of the total project cost, as well as reduces delivery times, mitigates currency risks, and strengthens technological sovereignty. It is concluded that digitalization based on domestic solutions is not only a necessary measure of import substitution but also a strategic direction for the development of the mining industry, contributing to the increased resilience and competitiveness of the Russian economy.

## Введение

Современное развитие горнодобывающей отрасли невозможно без активного внедрения цифровых технологий. Концепции необходимости финансирования «Индустрии 4.0» и «умного производства» уже давно стали определяющими в странах с развитой добывающей промышленностью [1]. Россия также движется по пути цифровизации, финансируя и внедряя автоматизированные системы управления, датчики мониторинга состояния оборудования, системы анализа больших данных и технологии интернета вещей.

В условиях геополитической напряженности и санкционного давления на экономику Российской Федерации цифровая трансформация отрасли столкнулась с серьезными вызовами. Одним из ключевых факторов стало резкое сокращение поставок зарубежных решений в сфере промышленной автоматизации и электроники. Так, в 2022 году из России ушли такие крупные поставщики, как Schneider Electric, чьи технологии использовались в автоматизации производственных процессов, системах мониторинга и управления [2].

Проблема заключалась не только в отсутствии привычных каналов поставки, но и в росте затрат на закупку оборудования через «третьи руки». Сложившаяся ситуация угрожала снижением темпов реализации инвестиционных проектов, увеличением сроков ввода новых мощностей и риском падения качества добычи минеральных ресурсов из-за невозможности оперативного сбора и анализа данных [3].

Тем не менее, на фоне санкционного давления в России активизировалось финансирование разработки и внедрения отечественных цифровых решений, призванных заместить зарубежные аналоги. Российские компании в области промышленной автоматизации и цифровых платформ предложили альтернативы в финансировании проектов, которые позволяют не только поддерживать устойчивое функционирование предприятий горнодобывающей отрасли, но и минимизировать дополнительные расходы.

Цифровизация в горнодобывающей промышленности России на фоне санкционного давления представляет собой научно-практическую задачу, так как от скорости и качества внедрения отечественных технологий зависит эффективность всего добывающего комплекса страны. В условиях, когда сы-

рьевой сектор играет ключевую роль в экономике, замедление финансирования его цифрового развития может привести к значительным экономическим потерям, что делает анализ данного процесса особенно актуальным и значимым.

Важным научным аспектом является сравнительная экономическая эффективность использования отечественных цифровых технологий и приобретения зарубежных решений через параллельный импорт. Данное исследование позволяет оценить не только прямые затраты предприятий, но и косвенные эффекты, такие как срок поставки, зависимость от валютных колебаний и уровень технологической независимости [4].

**Целью настоящего исследования** является анализ процессов цифровизации в горнодобывающей отрасли России в условиях санкционного давления, выявление роли отечественных цифровых технологий и оценка целесообразности их финансирования, определение экономической эффективности по сравнению с зарубежными аналогами.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

- рассмотреть текущее состояние финансирования ключевых направлений цифровизации горнодобывающей отрасли России;
- рассчитать экономическую эффективность от использования финансовых ресурсов, вложенных в отечественные аналоги, на примере внедрения датчиков интернета вещей.

Новизна заключается в разработке методики и алгоритма реализации привлечения финансовых ресурсов для развития процесса цифровизации в горнодобывающей промышленности в условиях санкционного давления. Пример сравнительного экономического анализа показал наличие технологического потенциала для поддержания приоритета в развитии отечественных цифровых технологий как фактора суверенитета в базовых отраслях экономики России.

## Материалы и методы исследования

Методы теоретического исследования: изучение и анализ литературы по цифровой трансформации, системный анализ, логическое моделирование. Эмпирические методы: наблюдение, изучение документации, анализ полученных результатов с учетом специфики горнодобывающей отрасли. Математические методы: статистическая обработка полученных данных. Положительные результаты доказываются примерами.

**Результаты исследования  
и их обсуждение**

*Теоретические основы цифровизации  
горнодобывающей отрасли*

В современном мире различные информационные и цифровые технологии реализуются посредством определённых методов сбора и обработки информации для оценки текущего состояния объекта, горнодобывающей отрасли, являющейся базовой для развития экономики нашей страны. Возможности развития, которой, на современном этапе во многом определяются процессами цифровизации. Эти вопросы отражены в многочисленных публикациях [8]. Технологической основой процессов цифровизации являлось импортное оборудование, отрасли и нашего объекта исследования [5]. Поставка оборудования из стран ЕС и других недружественных стран прекращена, что связано с нарастающим санкционным режимом В статье Магомадовой М. М. и Рамазановой Э. А. дана точная характеристика используемым санкциям против России, а именно: «Санкционная архитектура, развёрнутая против России в 2024 году, приобрела системный и технологический характер ... о чем свидетельствуют переход от классических финансовых блокад (заморозка активов, отключение от SWIFT) к технологическому контролю – ограничению доступа к программным платформам, облачным сервисам и инфраструктуре цифрового финансового пространства» [6].

Процесс цифровизации реализуемый в горнодобывающей отрасли использовал и дальнейшем предполагает использование комплекса технологий, направленных на автоматизацию, повышение точности производственных процессов и минимизацию человеческого фактора. Среди ключевых направлений цифровизации можно выделить прежде всего, внедрение систем интернета вещей (IoT) для сбора данных с датчиков, установленных на оборудовании и месторождениях. Другие методы также важны: использование цифровых двойников для моделирования производственных процессов и прогнозирования аварийных ситуаций; применение систем машинного зрения и анализа больших данных для контроля качества добычи и переработки руды; развитие интеллектуальных систем управления транспортом в карьерах (автономные самосвалы, дроны-мониторинги); интеграцию ERP и MES-систем для комплексного

управления производственными цепочками [7], но остановимся на первом.

*Экономический анализ*

Проводя экономический анализ реализации процесса цифровизация в горнодобывающей отрасли России в условиях санкционного давления основывимся на последствиях ухода зарубежных поставщиков и основных трудностях, вызванных ими.

До 2022 года значительная часть оборудования для автоматизации и цифровизации в России поставлялась крупными зарубежными корпорациями: Schneider Electric, Siemens, Rockwell Automation, ABB и др. Их решения занимали значительную долю на рынке систем управления, промышленных датчиков, контроллеров и цифровых платформ.

Например, Schneider Electric предлагала решения в области энергоэффективных систем автоматизации, датчиков для мониторинга оборудования и программного обеспечения для анализа данных. Уход компании из России привел к дефициту критически важного оборудования, которое использовалось в проектах по цифровизации карьеров и шахт [8].

Приведенная цитата [6], констатирует реальные финансовые и технологические трудности, с которыми столкнулись предприятия горнодобывающей отрасли, в том числе и крупнейшее предприятие ПАО «ГМК «Норильский никель».

Рост стоимости импортных технологий. Приобретение через параллельный импорт ведет к удорожанию до 40–60% из-за логистики, валютных колебаний и наценок посредников [9].

Увеличение сроков поставки. Если раньше срок доставки составлял 1–2 месяца, то теперь он увеличился до 5–7 месяцев. Это сдвигает сроки ввода объектов в эксплуатацию.

Технические сложности. Отсутствие гарантийного обслуживания, невозможность обновления ПО и ограниченный доступ к оригинальным запчастям.

Зависимость от третьих стран. Приобретение технологий через посредников (например, в странах Азии или Ближнего Востока) повышает риски вторичных санкций.

Выходом из сложившейся ситуации может быть только один – обеспечение финансирования отечественных производителей. Отсутствие финансирования, в частности заемного, связано прежде всего с высокой ставкой кредитных ресурсов, фактически

являющейся недоступной даже для гигантов горнодобывающей промышленности.

*Роль отечественных цифровых решений*

В условиях санкционного давления в России стали активно развиваться отечественные цифровые решения, реализуемые на отечественных предприятиях<sup>1</sup> [10, с. 41]. Среди них можно выделить: НПО «Автоматика» (ГК «Ростех») – промышленные контроллеры и системы управления, способные заменить оборудование Siemens и Schneider Electric (таблица 1).

Внедрение отечественных технологий позволило сохранить темпы цифровизации отрасли и снизить риски полной остановки отдельных проектов. Эти технологии позволяют абонентам меньше подвергаться угрозам со стороны мошенников, а бизнесу лучше оптимизировать процессы с регуляторами РФ. Несмотря на то, что пока некоторые российские решения уступают иностранным по ряду характеристик (масштабируемость, интерфейсы, удобство интеграции), они обладают не менее важным преимуществом – стоимостью и доступностью.

*Аналитическая часть: пример – внедрения датчиков интернета вещей*

Для оценки экономической эффективности цифровизации в условиях санкционного давления рассмотрим конкретный пример внедрения датчиков интернета вещей (IoT), применяемых в горнодобывающей отрасли для мониторинга температуры, давления и вибрации оборудования в карьерах и шахтах.

В качестве примера приведем данные по ПАО «ГМК «Норильский никель», где на каждую партию в 10 датчиков, требуемых при использовании IoT для установки на оборудовании на одном из месторождений.

Далее рассмотрим два сценария: закупка зарубежных датчиков (через параллельный

импорт) и закупка отечественных датчиков (на примере АО «Электронприбор»). Расчёты представлены в таблице 2.

Исходя из сравнительного анализа затрат в таблице 2 следует вывод, что затраты при параллельном импорте – 764 750 руб., а затраты при использовании отечественных датчиков – 577 500 руб. Экономия при использовании отечественного решения: 187 250 руб. на каждую партию, таким образом, экономия составляет около 25% от общей суммы закупки.

Помимо прямой экономии средств, использование отечественных решений обеспечивает:

- Сокращение сроков поставки. Внутри-российская логистика занимает 2–4 недели, тогда как поставка импортных датчиков через третьи страны может длиться до 6–7 месяцев. Это позволяет существенно сократить сроки ввода проектов;
- Снижение валютных рисков. Оплата в рублях исключает зависимость от колебаний курса доллара и евро.
- Гарантийное обслуживание. Российские производители предоставляют сервисную поддержку, что минимизирует простой оборудования в случае выхода датчиков из строя;
- Фактор технологического суверенитета. Замещение зарубежных технологий снижает риск критической зависимости от внешних поставщиков [11].

Наглядный пример демонстрирует целесообразность финансирования внедрения процессов цифровизации на отечественной платформе производства цифровых технологий который позволяет достичь экономической эффективности более 25% по сравнению с параллельным импортом и в формировании дополнительных преимуществ. Экономия в размере почти четверти стоимости проекта позволяет высвободить ресурсы для других направлений цифровизации, включая внедрение аналитических платформ, разработку отечественного программного обеспечения и расширение применения технологий больших данных.

Уменьшение сроков поставки в 2–3 раза оказывает критически важное влияние на весь цикл реализации проектов: предприятия получают возможность быстрее запускать новые производственные мощности, снижая риски сбоев и простоев. Наконец, переход на отечественные технологии способствует укреплению технологического суверенитета.

<sup>1</sup> • АО «РудТех» – платформы мониторинга для карьеров с использованием российских датчиков интернета вещей;

• ГК «Цифра» – программное обеспечение для управления горнодобывающими предприятиями, включая цифровые двойники и предиктивную аналитику;

• «Ростелеком-Solar» – решения в области промышленной кибербезопасности, интегрируемые с цифровыми системами добычи;

• АО «Электронприбор» – отечественные сенсоры и датчики контроля вибрации и температуры для тяжелого горного оборудования и др.

Таблица 1

Зарубежные и отечественные виды оборудования обеспечивающие процессы цифровизации

Оборудование	Стоимость, USD	Срок поставки, мес.	Характеристики
Зарубежный датчик (Schneider Electric)	400	3–4	Долгая доставка, высокая зависимость от цены валюты
Российский аналог	200	1–2	Независимость от импорта, снижение валютных рисков
Экономия	200	1–2	–

Источник: расчёты авторов по данным [6-8].

Таблица 2

Пример расчета экономического эффекта на партию в 10 датчиков при внедрении систем интернета вещей IoT

Характеристики оборудования	Закупка зарубежных датчиков (параллельный импорт)	Закупка отечественных датчиков (на примере, АО «Электронприбор»)
Средняя стоимость 1-ого датчика	500 долларов США (доступные расценки 2022 года при официальных поставках)	55 000 руб.
Наценка посредников (логистические издержки)	+ 40 %	-
Доставка и таможенные расходы	+ 15 %	+ 5 %
Оплата в иностранной валюте	1 доллар США = 95 руб.	-
Итоговая цена 1-го датчика	$500 \times 1,4 \times 1,15 \times 95 = 76\,475$ руб.	$55\,000 \times 1,05 = 57\,750$ руб.
Итоговая цена 10 датчиков	764 750 руб.	577 500 руб.
Расчет эффекта $(764\,750 - 577\,500) =$		187 250 руб.

Не менее значимым фактором является снижение зависимости от валютных колебаний. В условиях нестабильного курса рубля прогнозируемость расходов становится важным элементом финансового планирования для добывающих компаний, особенно в долгосрочных инвестиционных проектах с горизонтом 10–15 лет.

Возможность опираться на собственные решения снижает риски остановки добычи и производственных процессов в случае дальнейшего усиления санкционного давления или ограничений поставок через третьи страны [12,13]. Другой пример, это применение цифрового рубля в России [14], который также уменьшает риск киберугроз и кибератак. С точки зрения экономической ценности, цифровой рубль будет равен другим денежным формам российской валюты – наличной и безналичной. Ключевое отличие будет заключаться в способе хранения такой формы денежных средств – оно будет

осуществляться в цифровых кошельках платформы, которая разработана Банком России, а оплата будет реализована с помощью мобильных приложений банков, которые будут подключены к данной платформе. [15]. Цифровые технологии способствует росту компаний, которые стремятся продавать свои продукты на рынке и развивать свою экосистемность, диверсифицировать доходы [16,17].

Системный экономический анализ показал целесообразность развития инновационных технологий и производства, соответствующих продуктов в России, где поиск финансовых ресурсов является наиболее актуальной задачей.

Рассмотрим возможные способы и алгоритмы привлечения финансов, целесообразные в настоящий период, при фактически недоступной кредитной ставке<sup>2</sup>,

<sup>2</sup> Ключевая ставка Банка России 15 % годовых. Дата 27.03.2026.

практически исключая привлечение заемных средств. Утверждение Й. Шумпетера<sup>3</sup>: «... что для финансирования новых, неопробованных комбинаций (инноваций) необходим дополнительный источник капитала – кредит, предоставляемый банковской системой. Кредит позволяет предпринимателю отвлечь ресурсы от их текущего, рутинного использования и направить их на реализацию инновационного проекта». Банк России на принимает во внимание.

Следующим способом финансирования информатизации в настоящее время может стать эмиссия акций и облигаций, что доступно для ПАО «ГМК «Норильский Никель», причем эмиссия акций требует решения общего собрания акционеров и расширяет собственный капитал. Эмиссия облигаций увеличивает долю заемного капитала, что может снизить финансовую устойчивость капитала. Для Норникеля это обстоятельство не играет значимой роли так как заемный капитал составляет 30,2%<sup>4</sup>. Следующим шагом в привлечении финансовых ресурсов будет продажа выпущенных ценных бумаг инвестиционным фондам и получение финансовых средств для развития цифровизации на предприятии.

И последний вариант привлечения финансовых ресурсов, это использование собственных средств предприятия, мобилизованных за счет привлечения чистой прибыли и амортизации, но что актуально только для крупнейших предприятий, так на рассматриваемом предприятии ... «Расходы на проекты, связанные с целями устойчивого развития, составили 374 миллиарда рублей – это 32 процента от общей выручки по консолидированной отчетности»<sup>5</sup>.

Эффект от перехода на отечественные технологии выходит за рамки простой экономии: он выражается в повышении устойчивости горнодобывающих предприятий, ускорении цифрового развития и укреплении национальной технологической независимости. И, можно сделать вывод, что курс на импортозамещение и раз-

витие отечественных цифровых технологий является не только вынужденным, но и стратегически обоснованным направлением. В долгосрочной перспективе это позволит российской горнодобывающей отрасли не только сохранить устойчивое развитие, но и создать основу для выхода на качественно новый уровень цифровизации, сопоставимый с мировыми стандартами, обеспечив решение проблемы финансирования технологических инноваций [18-20].

### Заключение

Проведённое исследование показало, что цифровизация в горнодобывающей отрасли России в условиях санкционного давления столкнулась с серьёзными вызовами, связанными с уходом крупных зарубежных поставщиков, таких как Schneider Electric, Siemens и др.

Дефицит цифровых технологий мог существенно замедлить темпы реализации проектов, увеличить издержки и снизить качество добычи минеральных ресурсов.

Привлечение финансовых ресурсов является необходимым условием реализации цифровизации, причем в зависимости от объемов производства могут быть различные решения по алгоритмам их привлечения.

Активное развитие отечественных решений в области интернета вещей, промышленной автоматизации, цифровых платформ и кибербезопасности позволило компенсировать последствия ухода иностранных компаний.

Пример с внедрением отечественных датчиков IoT в горнодобывающей отрасли демонстрирует, что использование российских технологий даёт не только стоимостное преимущество (экономия ≈25%), но и ряд дополнительных эффектов: сокращение сроков поставки, снижение валютных рисков, наличие гарантийного обслуживания и повышение технологического суверенитета. Помимо этого, российская телекоммуникационная сфера активно интегрирует собственные инновационные решения, которые напрямую связаны с цифровыми и ИТ-технологиями в свой бизнес. Наличие приведенных систем в компаниях горнодобывающей отрасли России, свидетельствует о высокой актуальности цифровизации, требующей финансовых вложений.

<sup>3</sup> Йозеф Шумпетер (1883–1950) – основоположник теории инноваций в экономической науке.

<sup>4</sup> URL: <https://lenta.ru/news/2025/05/27/rossiyskiy-biznes-uvlechil-investitsii-v-ekologiyu-i-bezopasnost/> (дата обращения: 15.02.2026).

<sup>5</sup> Там же.

*Библиографический список*

1. Тюленева Т. А. Цифровизация горнодобывающей промышленности региона: проблемы и перспективы // Вестник Сургутского государственного университета. 2020. № 4(30). С. 25–33. DOI: 10.34822/2312-3419-2020-4-25-33.
2. Каленов О. Е. Цифровизация в горнодобывающей промышленности // Теория и практика управления. 2021. № 5. С. 184–192. DOI: 10.21686/2413-2829-2021-5-184-192.
3. Рыльникова М. В., Струков К. И., Радченко Д. Н., Есина Е. Н. Цифровая трансформация – условие и основа устойчивого развития горнотехнических систем // Горная промышленность. 2021. № 3. С. 74–78. DOI: 10.30686/1609-91922021-3-74-78.
4. Лукичев С. В., Наговицын О. В. Цифровая трансформация и технологическая независимость горнодобывающей отрасли // Горная промышленность. 2022. № 5. С. 74–78. DOI: 10.30686/1609-9192-2022-5-74-78.
5. Великанов В. С., Дремин А. В., Лукашук О. А., Чернухин С. А., Лукашук М. Д. Цифровая трансформация горнодобывающих предприятий и теротехнология наземных транспортных средств // Горное оборудование и электромеханика. 2024. № 1(171). С. 50–56. DOI: 10.26730/1816-4528-2024-1-50-56.
6. Магомадова М. М., Рамазанова Э. А. Финансовая безопасность Российской Федерации в условиях санкционного давления и цифровизации: риски, вызовы и стратегии противодействия // Journal of monetary economics and management. Специальный выпуск. 2025. № 1. DOI: 10.26118/2782-4586.2025.91.88.016.
7. Власюк Л. И., Сиземов Д. Н., Дмитриева О. В. Стратегические приоритеты цифровой трансформации угольной отрасли Кузбасса // Экономика промышленности. 2020. Т. 13, № 3. С. 328–338. DOI: 10.17073/2072-1633-2020-3-328-338.
8. Зозуля А. В., Зозуля П. В., Титов С. А., Титова Н. В., Мезина Т. В. Эффективность использования цифровых технологий в производственных процессах угольной промышленности // Уголь. 2022. № 9(1158). С. 47–52. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-47-52.
9. Назарова Г. Е., Радченко Л. К. Разработка геоинформационной модели угольной промышленности Кемеровской области // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. 2019. Т. 6, № 2. С. 193–201. DOI: 10.33764/2618-981X-2019-6-2-193-201.
10. Ахматова Д. Р., Шавина Е. В. Развитие рынка цифровых финансовых активов в России // Экономика и управление инновациями. 2024. № 4(31). С. 20–31. DOI: 10.26730/2587-5574-2024-4-20-31.
11. Barnewold L., Lottermoser B. G. Identification of digital technologies and digitalisation trends in the mining industry // International Journal of Mining Science and Technology. 2020. Vol. 30, No. 6. P. 747–757. DOI: 10.1016/j.ijmst.2020.07.003.
12. Jung D., Choi Y. Systematic Review of Machine Learning Applications in Mining: Exploration, Exploitation, and Reclamation // Minerals. 2021. Vol. 11, No. 2. Art. 148. DOI: 10.3390/min11020148.
13. Temkin I., Myaskov A., Deryabin S., Konov I., Ivannikov A. Design of a Digital 3D Model of Transport–Technological Environment of Open-Pit Mines Based on the Common Use of Telemetric and Geospatial Information // Sensors. 2021. Vol. 21, No. 18. Art. 6277. DOI: 10.3390/s21186277.
14. Cudjoe M. N. M., Cawood F. T. The Tracking of Metal Content on a Surface Mine: A Digital Mining Technology Approach // Resources Policy. 2022. Vol. 76. Art. 102571. DOI: 10.1016/j.resourpol.2022.102571.
15. Nwaila G. T., Frimmel H. E., Zhang S. E., Bourdeau J. E., Tolmay L. C. K., Durrheim R. J., Ghorbani Y. The Minerals Industry in the Era of Digital Transition: An Energy-Efficient and Environmentally Conscious Approach // Resources Policy. 2022. Vol. 78. Art. 102851. DOI: 10.1016/j.resourpol.2022.102851.
16. Noriega R., Pourrahimian Y. A Systematic Review of Artificial Intelligence and Data-Driven Approaches in Strategic Open-Pit Mine Planning // Resources Policy. 2022. Vol. 77. Art. 102727. DOI: 10.1016/j.resourpol.2022.102727.
17. Hazrathosseini A., Moradi Afrapoli A. The Advent of Digital Twins in Surface Mining: Its Time Has Finally Arrived // Resources Policy. 2023. Vol. 80. Art. 103155. DOI: 10.1016/j.resourpol.2022.103155.
18. Buck C., Clarke J., Torres de Oliveira R., Desouza K. C., Maroufkhani P. Digital Transformation in Asset-Intensive Organisations: The Light and the Dark Side // Journal of Innovation & Knowledge. 2023. Vol. 8, No. 2. Art. 100335. DOI: 10.1016/j.jik.2023.100335.
19. Zvarivadza T., Onifade M., Dayo-Olupona O., Said K.O., Githiria J.M., Genc B., Celik T. On the Impact of Industrial Internet of Things (IIoT) – Mining Sector Perspectives // International Journal of Mining, Reclamation and Environment. 2024. Vol. 38. P. 771–809. DOI: 10.1080/17480930.2024.2347131.
20. Chatterjee C., Sindhvani R., Mangla S.K., Hasteer N. Digitization of the Mining Industry: Pathways to Sustainability through Enabling Technologies // Resources Policy. 2025. Vol. 100. Art. 105450. DOI: 10.1016/j.resourpol.2024.105450.