

ЭКОНОМИКА ЗНАНИЙ, ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА

Научная статья / Original article



JEL Q33 L71 L72

DOI 10.22394/sp251.02

BAK 5.2.3

EDN CQFQMT

Илюхин А. Н., Дивина Т. В.

ЦИФРОВИЗАЦИЯ В ГОРНОДОБЫВАЮЩЕМ СЕКТОРЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В УСЛОВИЯХ САНКЦИЙ

Илюхин Александр Николаевич

Академия труда и социальных отношений (г. Москва, Россия),
аспирант
ailyukhin@gmail.com

Alexander N. Ilyukhin

Academy of Labour and Social Relations (Moscow, Russia),
PhD student
ailyukhin@gmail.com

Дивина Татьяна Васильевна

кандидат экономических наук, доцент
Академия труда и социальных отношений (г. Москва, Россия)
divinatv@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8867-4269>
SPIN 1020-8024

Tatiana V. Divina

Candidate of Economic Sciences, Associated Professor
Academy of Labour and Social Relations (Moscow, Russia)
divinatv@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8867-4269>
SPIN 1020-8024

В данной статье анализируется влияние санкций недружественных стран на развитие цифровизации в российском горнодобывающем секторе. Несмотря на растущий интерес к цифровым технологиям, уровень их внедрения в российской горнодобывающей промышленности остаётся ограниченным. В статье рассматриваются ключевые направления цифровизации в горнодобывающей отрасли, такие как автоматизация процессов, внедрение систем сбора и анализа данных, использование искусственного интеллекта, а также машинного обучения. Приведены основные этапы цифровой трансформации горного производства и наиболее востребованные на сегодняшний день технологии цифровой трансформации. Авторами подчёркивается важность дальнейшего развития цифровизации в российской горнодобывающей отрасли для её устойчивого развития и конкурентоспособности на мировом рынке. Отмечена необходимость в дальнейшей активной поддержке от государства и стратегических предприятий, которые необходимы для успешной реализации поставленных Министерством промышленности и торговли РФ задач для достижения национальных целей цифровой трансформации.

The article analyzes the impact of sanctions of unfriendly countries on digitalization development in Russian mining sector. Despite the growing interest in digital technologies, the level of their implementation in Russian mining industry remains limited. The article discusses the key areas of digitalization in mining industry, such as process automation, introduction of data collection and analysis systems, and artificial intelligence use, as well as machine learning. The main stages of digital transformation of mining production and the most in-demand digital transformation technologies are also presented. The author emphasizes the importance of further digitalization development in Russian mining industry for its sustainable development and competitiveness in the global market. The necessity of further active support of the state and strategic enterprises was noted, as it is essential for successful implementation of the tasks set by the Ministry of Industry and Trade of the Russian Federation. Thus the national goals of digital transformation will be achieved.

Ключевые слова: цифровизация, горнодобывающая отрасль, санкции, автоматизация, импортозамещение, цифровой двойник, внедрение новых технологий.

Keywords: digitalization, mining industry, sanctions, automation, import substitution, digital twin, introduction of new technologies.

Вклад авторов: все авторы внесли равный вклад в проведение исследования и написание статьи; выразили согласие нести публичную ответственность за все аспекты работы, связанные с точностью или достоверностью любой части рукописи; одобрили финальную версию статьи перед публикацией.

Authors' contribution: All authors contributed equally to the research and writing; agreed to be publicly responsible for all aspects of the work related to the accuracy or integrity of any part of the manuscript; approved the final version of the article before publication.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest requiring disclosure in this article.

Для цитирования: Илюхин А. Н., Дивина Т. В. Цифровизация в горнодобывающем секторе Российской Федерации в условиях санкций // Форпост науки. 2025. Том 19, № 1. С. 22-31. <https://doi.org/10.22394/sp251.02>. EDN CQFQMT.

For citation: Ilyukhin A. N., Divina T. V. Digitalization in Mining Sector of the Russian Federation under Sanctions. *Science Outpost*, 2025, vol. 19, no. 1, pp. 22-31. Available from: <https://doi.org/10.22394/sp251.02>. Also available from: <https://elibrary.ru/CQFQMT>.

Введение

С 2022 года российская горная отрасль столкнулась с множеством вызовов, включая экспортно-импортные логистические ограничения, утрату доступа к технологиям, проблемы с восстановительным ремонтом, рост себестоимости продукции и финансовые трудности, требующие от менеджеров срочной пиритизации расходов. В частности, компании столкнулись с беспрецедентными ограничениями и санкциями со стороны недружественных стран. Для того чтобы преодолеть санкционное давление и его экономические последствия, российской горной промышленности необходимо стать более динамичной, а компаниям в отрасли важно определить новые приоритеты и адаптироваться к постоянно меняющимся условиям.

На фоне продолжающихся санкций ключевыми мерами стали отказ от формального подхода, ускорение процессов закупок, защита важнейших проектов в цифровом сегменте, организация технологического поиска и анализа уникальных решений в России и дружественных стран, а также пересмотр существующих партнёрских отношений. Интерес к цифровым технологиям среди горнодобывающих компаний возник задолго до введения беспрецедентных санкций и продолжает усиливаться ежегодно. Однако говорить о широкомасштабном внедрении цифровых решений пока преждевременно.

Сегодня сложно удивить кого-либо беспилотными большими карьерными самосвалами, цифровыми двойниками, прогнозными и рекомендательными системами – все они стали уже привычными элементами в этой сфере. Представители горнодобывающей промышленности активно перенимают опыт использования современных систем управления производством и выбирают наиболее эффективные из доступных. Однако, несмотря на все усилия, уровень цифровизации в российской горнодобывающей отрасли пока остаётся ограниченным в силу действующих ограничений со стороны недружественных стран, которые исторически являлись первооткрывателями данных уникальных систем.

В мае 2023 года было проведено исследование аналитиками департамента горнодобывающих решений «Рексофт» по оценке уровня заинтересованности горнодобывающих предприятий в процессе цифровизации. Опрос руководителей ИТ и бизнес-подразделений 138 компаний показал, что 31 % из них активно разрабатывает цифровую стратегию¹.

Хотя интерес к новым решениям растёт, лишь немногие компании действительно используют их. Только 29 % опрошенных сообщили, что цифровые технологии охватывают большую часть процессов. У остальных компаний процесс цифровизации либо находится на начальной стадии, либо охватывает только ключевые процессы.

Исследование также помогло определить, что вызывает наибольший интерес у предприятий с точки зрения цифровизации, и в рамках опроса были выявлены основные запросы рынка горной добычи, представленные на рисунке 1.

В Российской Федерации горнодобывающая отрасль традиционно считается консервативной. Её развитие требует серьёзных инвестиций и создания сложной инфраструктуры. Также отрасль отличается высокой устойчивостью к изменениям и преобразованиям, что связано с особенностями работы. Например, поиски и освоение новых месторождений требуют значительных временных затрат, особенно в отдалённых регионах, где инфраструктура развита слабо.

¹ 31% горнодобывающих предприятий находятся на стадии формирования стратегий цифровизации // Рексофт. 2023. URL: <https://cnews.ru/link/n571075> (дата обращения: 05.09.24).



Источник: составлено авторами с использованием материалов Рексофт¹

Рисунок 1 – Основные запросы рынка горной добычи с точки зрения цифровизации

Именно поэтому внедрение цифровых проектов в горнодобывающей отрасли идёт медленно не только из-за консерватизма в данной сегменте, но и потому, что эти проекты крайне сложные особенно с учётом новых вызовов и ограничений, действующих на рынке Российской Федерации. Масштабные бизнес-процессы, управление крупными производственными площадками, а также особенности отрасли – всё это создаёт значительные трудности при внедрении цифровизации. Каждый проект уникален, и не существует универсального решения, которое можно было бы повсеместно внедрять. Особенно важно учитывать специфику производства на предприятии: режимы работы (географические, температурные), условия эксплуатации и используемые технологии.

Цифровизация помогает автоматизировать процессы и повышать эффективность производства. Результаты её внедрения можно измерить в конкретных величинах и наглядно убедиться в эффективности реализации той или иной методики управления на производстве.

Внедрение цифровых решений позволяет увеличить производительность:

- на карьерах – до 15 %,
- на обогатительных фабриках – до 20 %,
- среди персонала – до 50 %.

Цифровая трансформация с 2020 года является одной из приоритетных национальных целей Российской Федерации². В августе 2023 года Минпромторг РФ разработал обновлённую стратегию цифровой трансформации обрабатывающей промышленности. Особое внимание в ней уделено новым трендам в цифровизации, сделан акцент на внедрение технологий искусственного интеллекта и взят курс на технологический суверенитет. В этой стратегии особое внимание уделяется новым тенденциям в области цифровизации, включая внедрение технологий искусственного интеллекта. Кроме того, стратегия направлена на достижение технологического суверенитета [1].

Горнодобывающая отрасль отличается высокой гибкостью и способностью быстро реагировать на проблемы, возникающие на рынке под влиянием политических и

¹ 31% горнодобывающих предприятий находятся на стадии формирования стратегий цифровизации // Рексофт. 2023. URL: <https://cnews.ru/link/n571075> (дата обращения: 05.09.24).

² Указ Президента Российской Федерации от 21.07.2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года». URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45726>; Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2024 г. № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года». URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/50542>.

экономических факторов. Однако сегодня крайне тяжело внедрять проекты в области цифровизации, особенно в изоляции от западных IT-гигантов. Современное положение дел в сфере цифровизации, включая специализированное программное обеспечение для нефтедобывающей и горной промышленности, отражает негативные последствия глобализации, которая привела к тому, что рынок оказался в руках зарубежных компаний, зарегистрированных в недружественных странах [2; 3; 4].

В отличие от нефтегазового сектора, который представлен на рынке преимущественно крупными компаниями, в горнодобывающем сегменте существует множество частных предприятий [5], которые более гибко подходят к решению возникающих проблем на фоне тех или иных геополитических и экономических ограничений.

Безусловно, санкционное давление оказывает серьёзное влияние на отрасль. Возрастает цена оборудования, которое компании планировали закупать в этом году. Даже те поставщики, которые остаются на российском рынке, увеличивают стоимость продукции из-за изменений и усложнения логистических цепочек. Некоторые поставщики уходят с рынка, и компании в авральном режиме ищут альтернативные решения, заменяя частично или полностью имеющееся в наличии оборудование [6; 7].

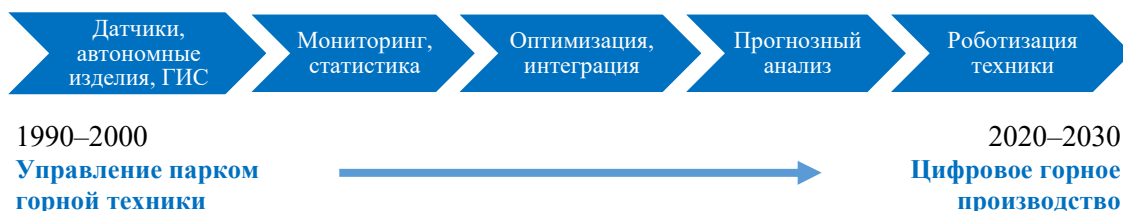
Результаты и обсуждение

На сегодняшний день мировая экономика находится на очередном новом этапе формирования технологического развития, который получил название «Цифровая экономика» или «Промышленность 4.0» [8; 9]. Переходу к данному этапу предшествовали: первая промышленная революция (внедрение машинного производства на паровом двигателе), вторая промышленная революция (внедрение массового поточного производства и использование двигателей внутреннего сгорания) и третья промышленная революция (автоматизация производства, внедрение информационных технологий и электроники).

Главной отличительной чертой четвёртого этапа от предыдущих является появление новых технологий, а также развитие уже существующих с использованием общепринятых методов работы с цифровой информацией [10].

Ранее до появления цифровых технологий данные и используемые модели хранились на бумажных носителях, что затрудняло их объединение в общее пространство. Развитие цифровых технологий позволило объединить данные и модели в едином цифровом пространстве и значительно сократить временные и трудовые затраты.

С начала 2000-х годов горнодобывающая отрасль претерпела значительные изменения благодаря усовершенствованию горнотранспортного оборудования и разработке новых информационных систем. Цифровизация горного производства основана на развитии автоматизированных систем управления, которые постоянно совершенствуются, включая появление большого количества объектов и элементов, оснащённых средствами автономного контроля и учёта. При этом выделяют следующие основные этапы цифровизации горного производства (рис. 2).



Источник: составлено авторами с использованием материалов [11]

Рисунок 2 – Этапы цифровой трансформации горного производства

Согласно статистике, девяносто девять процентов лиц, принимающих решения, считают, что технологические инновации имеют решающее значение для выживания организации [12]. Горнодобывающие предприятия в России, как и многие другие отрасли,

стремятся к импортозамещению и цифровизации. Они ищут альтернативы западным технологиям, поскольку сейчас наилучшее время для инвестиций в развитие отечественных аналогов.

Министерство промышленности и торговли РФ всеми способами поддерживает эти инициативы. В 2023 году министерство пересмотрело 90 % своих мер поддержки, сделав акцент на обеспечении технологического суверенитета страны и её независимости от импорта. Сейчас министерство разрабатывает цифровые инструменты, которые помогут предприятиям легче находить новых партнёров. Задача по преодолению проблем в цепочках поставок в отрасли является долгосрочной. Для её решения необходимо объединить усилия государства, бизнеса, посредников и интеграторов.

В таблице 1 продемонстрированы наиболее распространённые технологии, которые уже реализованы или будут применяться в горнодобывающем сегменте в скором времени.

Таблица 1 – Технологии цифровой трансформации в горнодобывающем сегменте

Разновидность цифровых технологий	Эффект
Анализ массива данных и предиктивная аналитика	• Повышение безопасности горных работ за счёт более точного прогнозирования изменений состояния природно-технической системы. • Снижение экономических затрат за счёт рациональной организации производства и увеличения срока службы оборудования при аварийных ситуациях
Блокчейн	• Хранение информации о действиях всех участников бизнес-процесса в виде цепочки блоков позволяет снизить транзакционные издержки на документооборот. • Данный подход снижает риск недобросовестного использования информации, а также помогает снизить финансовые, административные и временные издержки
Промышленный интернет вещей	• Упрощение и стандартизация процесса интеграции устройств и оборудования
Дистанционное управление и роботизация	• Повышение производительности труда. • Необходимо вывести персонал из опасных условий работы в шахтах и карьерах. • Повышение операционной эффективности за счёт сокращения персонала и оптимизации технологических процессов
Виртуальная, дополненная, расширенная реальности	• Повышение эффективности работы персонала и безопасности за счёт использования VR-технологий в обучении. • Программно-технические средства дополненной реальности предоставляют специалистам скрытую информацию о рабочих операциях и технологических объектах, что помогает им быстрее принимать решения и работать безопаснее
Искусственный интеллект, нейросети, машинное обучение	• Выявление закономерностей при обработке информации, которая поступает в режиме реального времени. • Анализ мониторинговой информации, результатов работы и экономических показателей, позволяющий определить наиболее эффективные технологические и организационные решения

Несмотря на то что процесс цифровой трансформации имеет длительную историю, в последние годы он вышел на кардинально новый уровень благодаря быстрому развитию вычислительных машин, программного обеспечения и разнообразных средств коммуникации, что позволяет совершить настоящий технологический прорыв в горнодобывающем сегменте. Чтобы понять, что требуется для цифровой трансформации сегмента переработки полезных ископаемых в горнодобывающей организации, может быть полезно обратиться к пирамиде автоматизации – модели, разработанной Международным обществом автоматизации.

Рассматриваемая модель обеспечивает стандарты относительно того, как различные предприятия и системы контроля должны работать вместе для снижения ошибок, рисков и затрат. Данная модель хорошо зарекомендовала себя и в настоящее время широко применяется во многих секторах, особенно в промышленном производстве (см. рис. 3).



Источник: составлено авторами с использованием материалов International Society of Automation¹

Рисунок 3 – Пирамида автоматизации для добычи и переработки полезных ископаемых, основанная на ISA-95 и адаптированная для горнодобывающей и перерабатывающей промышленности

Чтобы достичь максимальной эффективности от внедрения цифровых технологий, для всех уровней автоматизации необходимо подобрать подходящие цифровые решения. Эти решения должны работать вместе, образуя единую интегрированную систему.

За нулевой уровень принимают базовый уровень оптимизации, необходимый для любого предприятия. Данные собираются с помощью интернета вещей, включая контрольно-измерительные приборы, такие как расходомеры, плотномеры, весоизмерительные приборы и другие устройства, которые постоянно отслеживают производственные показатели, а также исполнительные механизмы, которые выполняют утверждённые команды.

Устройства первого уровня получают информацию от устройств на уровне месторождения, а затем уже используют полученные данные для управления производственными процессами. В горнодобывающем сегменте существует несколько наборов решений, которые взаимодействуют с бортовыми системами транспортных средств и делают эти данные доступными для диспетчерского программного обеспечения более высокого уровня и программного обеспечения для управления рудником.

¹ ISA95, Enterprise-Control System Integration // International Society of Automation. URL: <https://www.isa.org/standards-and-publications/isa-standards/isa-standards-committees/isa95> (дата обращения: 05.09.2024).

На втором уровне применяются устройства, отвечающие за мониторинг, диспетчеризацию и управление технологическим процессом. Что касается сегмента переработки, то используются архивы производственных данных и системы управления лабораторной информацией. Здесь также можно найти решения для горнодобывающего сегмента, связанные с управлением рудником, эксплуатацией, краткосрочным планированием или транспортировкой.

На третьем уровне рассматриваются инструменты и системы для операционного планирования, которые контролируют весь производственный процесс, начиная от исходного сырья и до готовой продукции (далее системы MES). В горнодобывающем сегменте на этом уровне будут представлены решения для среднесрочного и долгосрочного планирования добычи, а также общие решения по охране труда и технике безопасности [13].

Четвёртый уровень является наивысшим уровнем пирамиды автоматизации. Он представляет собой уровень, который предоставляет лицам, принимающим решения в организации, информацию, извлечённую со всех уровней пирамиды автоматизации и касающуюся всех аспектов работы завода или шахты. Именно здесь можно найти решение для управления предприятием и производственными ресурсами (ERP). Они обычно получают информацию с третьего уровня и сопоставляют её с финансовыми аспектами деятельности. Обычно здесь содержатся решения по продажам, маркетингу и, возможно, цепочке поставок, которые также могут быть представлены на более низких уровнях пирамиды в зависимости от сложности.

За последние 10 лет инновации в области оцифровки привели к разработке ряда невероятно продвинутых решений, или системы MES с поддержкой цифрового двойника, для уровня планирования пирамиды автоматизации.

Цифровой двойник представляет собой виртуальную копию любых объектов, систем или процессов. Он полностью повторяет форму и поведение оригинала и синхронно функционирует с ним. Использование цифровых двойников позволяет смоделировать ситуацию для наблюдения поведения оригинала в различных условиях. Это даёт возможность значительно сократить временные затраты и ресурсы, особенно при работе со сложным и дорогостоящим оборудованием [14].

Существует множество различных типов цифровых двойников, используемых в различных отраслях промышленности. Каждый двойник сконструирован по-разному и имеет уникальные и специфические области применения. Для горнодобывающей промышленности используются два различных типа цифровых двойных решений: цифровые двойники активов (ЦДА) и цифровые двойники процессов (ЦДП).

Цифровые двойники активов используются в горнодобывающем сегменте цепочки создания стоимости горнодобывающей промышленности [15]. ЦДА являются цифровыми копиями физических компонентов рудника, разработанные с использованием систем автоматизированного проектирования. Например, ЦДА могут включать в себя 3D-модели для планирования горных работ, такие как разработка карьеров, согласование маршрутов транспортировки, а также анализ схемы расположения рудников. Этот тип цифрового решения помогает людям визуализировать предприятие при работе на удалённом объекте.

Цифровые двойники процессов (ЦДП) гораздо более сложные цифровые двойники, которые используются в технологическом сегменте цепочки создания стоимости в горнодобывающем сегменте. ЦДП является цифровой копией реального процесса по переработке полезных ископаемых – от сырья до готового продукта. Рассматриваемый тип цифрового двойника использует динамическое моделирование и учитывает ряд физических свойств, таких как температура и давление. Имитационная модель также учитывает конкретные химические уравнения и процессы, которые происходят на каждом этапе процесса переработки.

ЦДП составляют часть ядра системы MES с поддержкой цифровых двойников на уровне планирования пирамиды автоматизации. Динамическая имитационная модель извлекает все данные из нижележащих уровней автоматизации. Выходные данные, рассчитанные с помощью динамической модели, напрямую связаны со всеми исходными

данными. Именно эта функциональность даёт модели возможность использовать машинное обучение для выполнения интеллектуальных вычислений для большей наглядности. Исходные данные и расчётные данные по всем этим слоям проверяются, упорядочиваются и предварительно агрегируются в системы MES.

Важнейшая задача для любого технологичного производства – это создание продукта с минимальными затратами, что невозможно осуществить без обладания максимально достоверной информацией о свойствах производимого продукта и технологиях его получения. Рассматриваемые технологии цифровизации, такие как автоматизация и использование цифровых двойников, позволяют значительно снизить себестоимость производимой продукции, тем самым определяя цифровой уровень цифровой трансформации производства.

Представители ведущих производственных компаний не ожидают отказа от использования уже внедрённых цифровых систем и сокращения масштабов цифровизации. В настоящее время становятся всё менее доступными готовые решения от зарубежных компаний, поэтому необходимо отталкиваться от конкретных клиентских задач и создавать качественные системы, приспособленные для решения тех или иных задач. Данный подход в конечном итоге принесёт дополнительный экономический эффект.

В текущих условиях беспрецедентных санкций важнейшим вопросом для успешной цифровой трансформации горнодобывающей отрасли становится обеспечение технологического суверенитета страны. Без доступа к современным цифровым технологиям или возможности внедрить альтернативные отечественные решения существует значительный риск отставания от действующих трендов, что незамедлительно скажется на себестоимости готовой продукции.

Заключение

В настоящее время в горной промышленности наблюдается тенденция к цифровизации, которая охватывает различные аспекты: от использования инструментов для инженерного обеспечения горных работ и до средств управления технологическими процессами. В России процесс цифровой трансформации отрасли в последние годы замедлился – это последствия негативного влияния глобализации. Особенно сильно данный эффект сказывается в сегментах, где долгое время в силу конкуренции и других причин не рассматривали отечественные аналоги. В частности, в области программного обеспечения, а также специализированного горнодобывающего программного обеспечения, которое поставлялось зарубежными компаниями из недружественных теперь уже стран.

Экономические проблемы 1990-х годов, недофинансирование многих сегментов бизнеса и скептическое отношение потенциальных потребителей к отечественным разработкам – всё это оказало негативное влияние на развитие цифровизации и отставание в рассматриваемой плоскости.

Для успешной реализации поставленных Министерством промышленности и торговли РФ задач требуется активная поддержка от государства и стратегических предприятий, совместные усилия которых позволят сформировать научную школу нового образца с привлечением высококлассных разработчиков. В противном случае развитие направления цифровизации в горнодобывающем и других смежных сегментах будет затруднено, что в конечном итоге может привести к снижению конкурентоспособности отечественной горной добычи на зарубежных рынках по причине ограниченного использования таких современных технологий, как автоматизация производства и использование цифровых двойников.

Список источников

1. Галиева, Д. «Цифру» перезапускают в обработку / Д. Галиева // Коммерсантъ. – 2023. – № 150. – С. 1. – URL: <https://www.kommersant.ru/doc/6162035>.
2. Георгобиани, Г. Г. Изменения в инвестиционной деятельности и развитии нефтяного сектора России после введения санкций / Г. Г. Георгобиани // Образование и наука без границ: социально-гуманитарные науки. – 2023. – № 21. – С. 113-117. – EDN JCIVMB.

3. Каукин, А. Перспективы российской нефтяной отрасли в условиях санкций / А. Каукин, Е. Миллер, В. Косарев // Экономическая политика. – 2023. – Т. 18, № 3. – С. 82-109. – <https://doi.org/10.18288/1994-5124-2023-3-82-109>. – EDN ICQSCI.
4. Татаринов, К. А. Особенности и возможности цифровизации компаний / К. А. Татаринов // Экономическая среда. – 2024. – Т. 13, № 2. – С. 58-64. – <https://doi.org/10.36683/ee242.58-64>. – EDN YJBZWZ.
5. Шевцов, Ю. В. Проблемы взаимодействия крупных и малых форм бизнеса (на примере горнодобывающей промышленности) / Ю. В. Шевцов, К. А. Цуканова, С. Л. Анисимов // Регион: системы, экономика, управление. – 2023. – № 4(63). – С. 136-142. – <https://doi.org/10.22394/1997-4469-2023-63-4-136-142>. – EDN GLIURA.
6. Строева, О. А. Исследование производственной системы бизнеса с учетом требований региональной инновационной политики / О. А. Строева, И. Р. Ляпина // Среднерусский вестник общественных наук. – 2024. – Т. 19, № 4. – С. 160-181. – <https://doi.org/10.22394/2071-2367-2024-19-4-160-181>. – EDN QXCDF.
7. Шабаева, С. В. Инструменты реализации стратегий в условиях цифровой трансформации промышленных предприятий / С. В. Шабаева, А. И. Шабаев // Управленческое консультирование. – 2023. – № 10(178). – С. 69-79. – <https://doi.org/10.22394/1726-1139-2023-10-69-79>. – EDN KLFQIU.
8. Yeates, G. Технологическая революция в горной отрасли, или как «промышленность 4.0» изменит основы мировой добычи / G. Yeates // Золотодобыча. – 2017. – № 223. – URL: <https://zolotodb.ru/article/11672>.
9. Хэмилтон Д. Взгляд в будущее или какие изменения грядут в добывающей промышленности до 2050 года. – URL: <https://habr.com/ru/company/ds/blog/434598/> (дата обращения: 05.09.2024).
10. Лукичев, С. В. Цифровая трансформация и технологическая независимость горнодобывающей отрасли / С. В. Лукичев, О. В. Наговицын // Горная промышленность. – 2022. – № 5. – С. 74-78. – <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2022-5-74-78>. – EDN LYRGN.
11. Цифровая трансформация - условие и основа устойчивого развития горнотехнических систем / М. В. Рыльникова, К. И. Струков, Д. Н. Радченко, Е. Н. Есина // Горная промышленность. – 2021. – № 3. – С. 74-78. – <https://doi.org/10.30686/1609-91922021-3-74-78>. – EDN EAGZTP.
12. Gleeson, D. Axora survey reveals mining sector moves towards digital transformation / D. Gleeson // International Mining. – 2021. – URL: <https://im-mining.com/2021/10/05/axora-survey-reveals-mining-sector-moves-towards-digital-transformation/> (дата обращения: 27.08.2024).
13. Дивина, Т. В. Основные организационно-экономические модули стратегического планирования промышленного производства / Т. В. Дивина // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. – 2017. – № 8-5(55). – С. 111-115. – EDN ZEIZGB.
14. Люля, В. В. Искусственные нейронные сети (ИНС) как инструмент цифрового мониторинга использования систем ресурсосбережения / В. В. Люля, Т. В. Дивина // Управление инновационными и инвестиционными процессами и изменениями в современных условиях : сборник научных трудов по итогам VI международной научно-практической конференции. В двух частях, Санкт-Петербург, 26–27 октября 2023 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2023. – С. 262-266. – EDN ZJUNEE.
15. Digital Twin Architecture for Mining Industry: Case Study of a Stacker Machine in an Experimental Open-Pit Mine / N. Elbazi, M. Mabrouki, A. Chebak, F. Hammouch // Proceedings 2022 4th Global Power, Energy and Communication Conference (GPECOM). – IEEE, 2022. – P. 232-237. – <https://doi.org/10.1109/GPECOM55404.2022.9815618>.

References

1. Galieva D. "Digital" is being restarted in processing. *Kommersant*, 2023, no. 150, pp. 1. Available from: <https://www.kommersant.ru/doc/6162035>.
2. Georgobiani G.G. Changes in investment activity and development of Russian Oil Sector under sanctions. *Education and Science without Limits: Social Sciences and Humanities*, 2023, no. 21, pp. 113-117. Available from: <https://elibrary.ru/JCIVMB>.
3. Kaukin A., Miller E., Kosarev V. Prospects for Russian Oil and Refining Industries Under Sanctions. *Economic Policy*, 2023, vol. 18, no. 3, pp. 82-109. Available from: <https://doi.org/10.18288/1994-5124-2023-3-82-109>. Also available from: <https://elibrary.ru/ICQSCI>.
4. Tatarinov K.A. Features and Opportunities of Companies Digitalization. *Economic environment*, 2024, vol. 13, no. 2, pp. 58-64. Available from: <https://doi.org/10.36683/ee242.58-64>. Also available from: <https://elibrary.ru/YJBZWZ>.

5. Shevtsov Yu.V., Tsukanova K.A., Anisimov S.L. Problems of interaction of large and small business forms, using (the example of the mining industry). *Region: systems, economics, management*, 2023, no. 4(63), pp. 136-142. Available from: <https://doi.org/10.22394/1997-4469-2023-63-4-136-142>. Also available from: <https://elibrary.ru/GLIURA>.
6. Stroeve O.A., Lyapina I.R. Research of the business production system taking into account the requirements of the regional innovation policy. *Central Russian Journal of Social Sciences*, 2024, vol. 19, no. 4, pp. 160-181. Available from: <https://doi.org/10.22394/2071-2367-2024-19-4-160-181>. Also available from: <https://elibrary.ru/QXCDF>.
7. Shabaeva S.V., Shabaev A.I. Tools for implementing strategies in the context of digital transformation of industrial enterprises. *Administrative consulting*, 2023, no. 10(178), pp. 69-79. Available from: <https://doi.org/10.22394/1726-1139-2023-10-69-79>. Also available from: <https://elibrary.ru/KLFQIU>.
8. Yeates G. The mining industry disrupted. *AusIMM Bulletin*, Apr 2017, pp. 20–24. Available from: <https://search.informit.org/doi/10.3316/ielapa.846177567508572>. Also available from: https://www.researchgate.net/publication/317163282_The_mining_industry_disrupted.
9. Hamilton J. *A look into the future or what changes are coming in the mining industry before 2050*. Available from: <https://habr.com/ru/company/ds/blog/434598/>.
10. Lukichev S.V., Nagovitsyn O.V. Digital transformation and technological independence of the mining industry. *Russian Mining Industry*, 2022, no. 5, pp. 74-78. Available from: <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2022-5-74-78>. Also available from: <https://elibrary.ru/LYYRGH>.
11. Rylnikova M.V., Strukov K.I., Radchenko D.N., Esina E.N. Digital Transformation: a Prerequisite and Foundation for Sustainable Development of Mining Operations. *Russian Mining Industry*, 2021, no. 3, pp. 74-78. Available from: <https://doi.org/10.30686/1609-91922021-3-74-78>. Also available from: <https://elibrary.ru/EAGZTP>.
12. Gleeson D. *Axora survey reveals mining sector moves towards digital transformation*. Available from: <https://im-mining.com/2021/10/05/axora-survey-reveals-mining-sector-moves-towards-digital-transformation/>.
13. Divina T.V. The main organizational and economic models of strategic planning of industrial production. *Competitiveness in a global world: economics, science, technology*, 2017, no. 8-5(55), pp. 111-115. Available from: <https://elibrary.ru/ZEIZGB>.
14. Lyulya V.V., Divina T.V. Artificial neural networks (INS) – a tool for digital monitoring of the use of resource-saving systems. *Proceedings Management of Innovation and Investment Processes and Changes in Modern Conditions*. Saint Petersburg: Saint Petersburg State University of Economics, 2023. pp. 262-266. Available from: <https://elibrary.ru/ZJUNEE>.
15. Elbazi N., Mabrouki M., Chebak A., Hammouch F. Digital Twin Architecture for Mining Industry: Case Study of a Stacker Machine in an Experimental Open-Pit Mine. *Proceedings 2022 IEEE 4th Global Power, Energy and Communication Conference (GPECOM)*, IEEE, 2022, pp. 232-237. Available from: <https://doi.org/10.1109/GPECOM55404.2022.9815618>.

Статья поступила в редакцию / Received: 22.02.2025

Принята к публикации / Accepted: 18.03.2025

Подписано в печать / Passed for printing: 11.04.2025

Дата выхода в свет / Date of publication: 21.04.2025