

УДК 331.101.6

Х.М. Амаду

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, email: mamadouhantchilo@gmail.com

ЦИФРОВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ И ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ УСТОЙЧИВЫМ РАЗВИТИЕМ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Ключевые слова: индустрия 4.0, цифровые технологии, горнодобывающие предприятия, устойчивое развитие.

В эпоху Индустрии 4.0 цифровизация становится важнейшим инструментом обеспечения устойчивости развития предприятий горнодобывающей промышленности. В статье рассматриваются возможности использования современных цифровых технологий и инструментов в решении задач повышения устойчивости горнодобывающих компаний в условиях существующих экономических, экологических, социальных и культурных вызовов. Рассматриваются эффекты внедрения цифровых технологий с точки зрения снижения рисков устойчивого развития и повышения безопасности горнодобывающих компаний. Делается вывод о том, что использование современных цифровых решений, таких как геоинформационные системы, Интернет вещей, дроны и блокчейн, позволяют оптимизировать бизнес-процессы горнодобывающих предприятий, повышая устойчивость развития компании.

Н.М. Amadou

Southern Federal University, Rostov-on-Don, email: mamadouhantchilo@gmail.com

DIGITAL TOOLS AND TECHNOLOGIES IN MANAGING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF A MINING ENTERPRISE

Keywords: industry 4.0, digital technologies, mining enterprises, sustainable development.

In the era of Industry 4.0, digitalization is becoming an essential tool for ensuring the sustainability of mining enterprises. The article examines the possibilities of using modern digital technologies and tools to solve the problems of increasing the sustainability of companies in the face of existing economic, environmental, social, and cultural challenges. It considers the effects of introducing digital technologies on reducing the risks associated with sustainable development and improving the safety of companies. It concludes that using modern digital solutions such as geographic information systems, the internet of things, drones, and blockchain can optimize business processes and increase the sustainability of a company's growth.

Горнодобывающая промышленность является одним из ключевых секторов экономики многих стран, однако ее деятельность оказывает значительное негативное воздействие на окружающую среду и общество в целом: на ее долю приходится около 15% годовых мировых выбросов [1]. Руководство горнодобывающих предприятий испытывает постоянное давление со стороны общественности и различных заинтересованных сторон, мотивирующее их к поиску эффективных инструментов для преодоления этих проблем. В эпоху четвертой промышленной революции, называемой Индустрией 4.0, цифровые технологии являются одним из инструментов, позволяющим горнодобывающим компа-

ниям не только решать обозначенные проблемы, но и на основе этого повышать уровень своей устойчивости, обеспечивая эффективность производства, качество продукции и социальную ответственность компании и т. д. В этом смысле цифровые технологии выступают инструментом управления устойчивым развитием. Для горнодобывающих компаний вопросы цифровой трансформации и устойчивого развития являются весьма актуальными. Однако в научном академическом сообществе недостаточно внимания уделяется исследованию влияния процессов цифровизации на устойчивость развития горнодобывающих предприятий. Это предопределило постановку целей данного исследования.

Цель исследования

Целью данной статьи является исследование возможностей применения цифровых инструментов и технологий в управлении устойчивым развитием горнодобывающего предприятия.

Достижение поставленной цели предполагает решение следующих задач: определение основных этапов цифровой трансформации горнодобывающего производства; анализ влияния применения цифровых технологий на повышение устойчивости развития горнодобывающих компаний.

Материалы и методы исследования

В ходе данного исследования были использованы методы анализа и синтеза, сравнительный анализ, обзор научных источников.

Результаты исследования и их обсуждение

Вопросы цифровизации горнодобывающего производства не являются новыми и рассматриваются еще с 90-х годов прошлого века [2]. Однако бурное развитие цифровых технологий и искусственного интеллекта в последние годы, а также наличие множества проблем и вызовов для устойчивого развития горнодобывающих компаний, способствуют ускорению масштабной интеграции цифровых технологий в их деятельность. Сегодня ученые и практики все больше говорят об «intelligent mining», «smart mining» или «mining 4.0», имея в виду масштабное использование цифровых технологий в горнодобывающем производстве [3].

Учитывая многочисленные проблемы, с которыми сталкиваются горнодобывающие компании, в последние годы наблюдается рост объемов инвестиций в технологии, способствующие устойчивому развитию. Так, согласно данным отчета по исследованию мирового рынка цифровых решений инвестиции в «цифровую добычу» полезных ископаемых в 2024 году составила 6,75 миллиарда долларов. Предполагается, что к 2032 году этот показатель достигнет 22,3 миллиарда долларов (с ежегодными темпами роста 16,11%) [4]. Эта тенденция показывает, что горнодобывающее производство все больше ориентируется на цифровые технологии.

По оценкам экспертов к 2032 году Африка и Ближний Восток станут крупнейшими потребителями цифрового оборудования для горнодобывающей промышленности, поскольку там будет размещаться наибольшее число горнодобывающих компаний в мире. Поэтому ожидается, что большая часть доходов от рынка решений для цифрового майнинга будет поступать именно из этих регионов (рис. 1).

Исследователи выделяют четыре вида цифровых технологий, используемых в горнодобывающем производстве (рис. 2).

Данные технологии могут быть использованы для решения задач устойчивого развития. В частности, данные возможности выражаются в следующем.

Технологии цифровой добычи могут быть использованы для оптимизации производственных процессов, повышения производительности труда, уменьшения человеческого ошибок, сокращения затрат на персонал и на производство, повышения безопасности труда работников, обеспечения бесперебойной работы и т. д.

Технологии восприятия находят применение для предупреждения опасных ситуаций в шахтах, оптимизации использования ресурсов (вода и энергия), снижения риска аварии, выявления утечек метана, обнаружения скрытых новых месторождений, постоянного мониторинга показателей окружающей среды (уровень выбросов, уровень загрязнения воды и воздуха, температура в горных выработках), повышения уровня безопасности производства, мониторинга состояния горных выработок в режиме реального времени (трещины, повышенное давление, риск обрушений и т.д.).

Передающие и интеграционные технологии позволяют вести учет и контроль активов предприятия в режиме реального времени, способствуют оптимизации и безопасности логистики (отслеживание местоположения грузов и транспортных средств в режиме реального времени), обеспечивают мониторинг состояния горнодобывающего оборудования и условий окружающей среды в режиме реального времени, обеспечивают обмен данными в режиме реального времени между оборудованием, сотрудниками и системами управления и т. д.



Рис. 1. Региональный обзор рынка решений для цифровой добычи полезных ископаемых [5]

Технологии цифровой добычи

- программно-аппаратная автоматизация,
- дистанционное управление оборудованием и т. д.

Технологии восприятия

- интеллектуальные датчики,
- умные камеры,
- носимые устройства,
- высокоточные детекторы и т. д.

Передающие и интеграционные технологии

- 5G, WiFi6,
- интернет вещей (IoT),
- блокчейн,
- радиочастотная идентификация и т. д.

Технологии анализа и использования данных

- анализ больших данных,
- облачные вычисления,
- искусственный интеллект (AI) и машинное обучение (ML),
- геоинформационные системы (ГИС) и 3D-картирование и т. д.

Рис. 2. Виды цифровых технологий в управлении устойчивым развитием горнодобывающего предприятия

Источники: составлено автором на основе [6,7].

Технологии анализа и использования данных позволяют осуществлять анализ больших объемов данных, собранных

от датчиков, спутников и других цифровых технологий; проводить анализ геологических данных для оценки уровня

опасных ситуаций; оптимизировать цепочку поставок и способствовать улучшению процесса принятия решений; осуществлять идентификацию и защиту объектов культурного и исторического значения и т. д.

За счет внедрения цифровых технологий и решений в свою деятельность горнодобывающие компании могут не только повысить ее эффективность, но и снизить негативное воздействие на окружающую среду [8], оправдывая ожидания заинтересованных сторон. В настоящее время, благодаря этим технологиям, горнодобывающая отрасль преобразилась, а горнодобывающие компании становятся все более конкурентоспособными и социально ответственными, добываясь положительных результатов в отношении производительности труда, рентабельности производства, повышения эффективности рабочих процессов, росту безопасности труда [7].

В целом можно сказать, что внедрение цифровых технологий выступает частью реализации программы модернизации предприятий, позволяя повысить их эффективность и устойчивость.

Использование цифровых технологий позволяет горнодобывающим предприятиям получить разнообразные эффекты в решении задач управления устойчивым развитием [9]. В контексте данного исследования рассмотрим данные эффекты в разрезе отдельных составляющих устойчивого развития промышленного предприятия: экономические, социальные, экологические и культурные (рис. 3).

Экономические эффекты (повышение экономической устойчивости предприятия). Цифровые технологии играют важную роль в переходе к более устойчивой экономической модели производственно-хозяйственной деятельности. Их использование позволяет повысить производительность труда, оптимизировать производственный процесс и, как следствие, снизить себестоимость продукции. Использование цифровых технологий позволяет автоматизировать бизнес-процессы, что ведет к снижению трудозатрат. Внедрение цифровых технологий дает горнодобывающим компаниям большое экономи-

ческое преимущество: по данным BCG, их использование позволяет повысить эффективность работы на 10–20%, сократить затраты на 40–50% и увеличить производительность труда на 3–5% [10].

Помимо оптимизации процесса добычи и снижения себестоимости, цифровые технологии сегодня позволяют более точно охарактеризовать геологическое строение месторождения, что дает возможность определить ценность руды и выбрать оптимальные методы ее добычи [7].

Экологические эффекты (повышение экологической устойчивости). Внедрение цифровых технологий помогает горнодобывающим компаниям существенно сократить потребление энергии и воды (20–30%) [10], минимизировать отходы и сократить выбросы парниковых газов (15–30%), сократить количество радиоактивных отходов [10, 12]. По данным исследования McKinsey, 45% компаний, интегрировавших цифровые технологии в свою деятельность, отметили значительное сокращение потребления энергии [11].

Цифровые технологии также позволяют компаниям оцифровать рабочие процедуры и предложить новые услуги, такие как электронное администрирование и электронные платежи.

Социальные эффекты (повышение социальной устойчивости). Горнодобывающая деятельность – это деятельность, сопряженная с огромными рисками, в том числе для здоровья и благополучия сотрудников и местного сообщества. Внедряя цифровые технологии в свою деятельность, горнодобывающие компании могут значительно снизить уровень этих рисков. Автоматизация производственных процессов и дистанционное управление машинами помогают снизить уровень заболеваемости сотрудников и риск несчастных случаев на рабочем месте. Кроме того, их использование позволяет улучшить самочувствие работников и снизить уровень стресса.

Культурные эффекты (повышение культурной устойчивости). Внедрение цифровых технологий в деятельность горнодобывающих компаний укрепляет их культурную устойчивость, способствуя сохранению местного наследия,

эффективному взаимодействию с сообществами и интеграции традиционных знаний в производственные бизнес-процессы. Сегодня геоинформационные системы (ГИС) и 3D-картирование предоставляют горнодобывающим компаниям возможность идентифицировать и защищать объекты культурного и исторического значения, сводя к минимуму их ущерб во время горных работ.

Цифровые технологии также позволяют горнодобывающим компаниям разрабатывать платформы цифрового консультирования и анализа данных, которые способствуют инклюзивному взаимодействию с местными сообществами, гарантируя, что их интересы и традиции будут учитываться компаниями при принятии решений.

Таким образом, цифровые технологии играют важнейшую роль в решении задач управления устойчивым развитием. Они представляют собой важный инструмент повышения устойчивости

горнодобывающих предприятий на всех уровнях управления.

Однако, несмотря на позитивный вклад цифровых технологий в повышение устойчивости предприятий, горнодобывающие компании еще не достигли цифровой зрелости. Согласно индексу цифрового ускорения (DAI) BCG, металлургический и горнодобывающий секторы примерно на 30-40% менее зрелы в цифровом отношении, чем другие отрасли [10], что подтверждают данные, представленные на рисунке 4.

В качестве основных причин, сдерживавших цифровизацию горного производства можно выделить следующие:

- необходимость значительных объемов инвестиций в оборудование, программное обеспечение и инфраструктуру;
- необходимость наличия специальных навыков у работников для эффективного использования цифровых технологий;



Рис. 3. Эффекты внедрения цифровых технологий на горнодобывающих предприятиях для повышения устойчивости их развития

Источник: составлено автором.

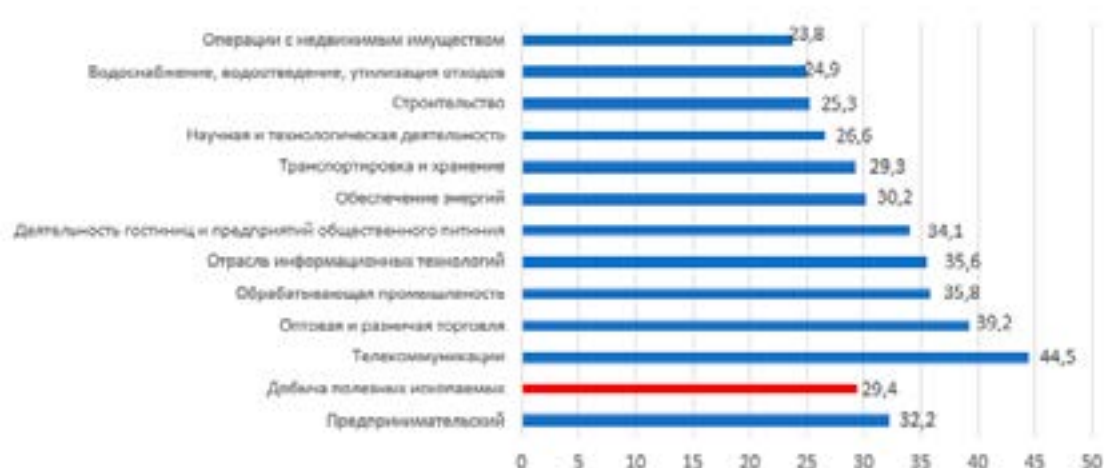


Рис. 4. Индекс цифровизации по видам деятельности [13]

– необходимость постоянно-го устойчивого доступа к интернету для эффективного функционирования цифровых технологий. Некоторые месторождения полезных ископаемых расположены в регионах с ограниченным доступом к интернету, например. Например, в Нигере, где находится крупнейший в мире подземный урановый рудник, покрытие интернетом очень плохое. По данным платформы DataHub Международного союза электросвязи (МСЭ), покрытие 4G и 5G в Нигере в 2021 году составило 15% и 0% соответственно [14]);

– сложность горнодобывающей деятельности, учитывая, что горнодобывающие предприятия часто находятся в удаленных, труднодоступных местах что затрудняет интеграцию цифровых технологий в их бизнес-процессы;

– недостаточный уровень развития цифровой инфраструктуры, ограничивающие возможности эффективного использования сетей связи и облачных решений.

Чтобы решить эти проблемы, многие страны прилагают усилия для развития цифровой инфраструктуры и обеспечения благоприятных условий для внедрения цифровых технологий во всем секторе экономики, включая горнодобывающий. Как мы подчеркивали

в начале настоящей статьи, в последние годы наблюдается рост инвестиций в цифровые технологии, предназначенные для горнодобывающей промышленности. Кроме того, сотрудничество между странами, особенно между менее развитыми и более развитыми, позволит осуществлять передачу технологий, способных изменить облик горнодобывающих компаний.

Выводы

В заключение следует отметить, что в настоящее время цифровые технологии необходимы для развития горнодобывающих предприятий. Их внедрение оказывает существенное влияние на различные составляющие устойчивого развития данных компаний. Однако, несмотря значительную роль цифровых технологий в повышении устойчивости горнодобывающих компаний, этот сектор еще не достиг цифровой зрелости. В условиях абсолютной необходимости и быстрого развития новых цифровых технологий в последние годы горнодобывающие компании вкладывают значительные средства в цифровое оборудование. Правительства стран также прилагают усилия для создания благоприятной среды для внедрения цифровых технологий, чтобы повысить устойчивость горнодобывающих компаний.

Библиографический список

1. Promoting metals and mining sustainability in critical supply chains. [Электронный ресурс]. URL: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/mining-and-metals/sustainability-in-metals-and-mining-energy-transition.html> (дата обращения 12.03.2025).
2. Рыльникова М.В. Условия и принципы устойчивого развития горнодобывающих предприятий в период повышенных рисков и глобальных вызовов // Горная промышленность. 2022. № 3. С. 69-73. DOI: 10.30686/1609-9192-2022-3-69-73.
3. Яконовская Т.Б., Жигульская А.И. Тенденции цифровизации в горнодобывающем секторе экономики РФ // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия: Науки об обществе и гуманитарные науки. 2021. № 1 (24). С. 92-100.
4. Rapport d'étude de marché mondial sur les solutions de mines numériques. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.wiseguyreports.com/fr/reports/digital-mine-solution-market> (дата обращения 12.03.2025).
5. Recherche primaire, recherche secondaire, base de données WGR et examen par les analystes. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.wiseguyreports.com/fr/reports/digital-mine-solution-market> (дата обращения 12.03.2025).
6. Балашов А.М. Внедрение современных цифровых технологий на горнодобывающих предприятиях // Горная промышленность. 2022. № 6. С. 83-86. DOI: 10.30686/1609-9192-2022-6-83-86.
7. Цифровизация, ключевые инициативы, и их значимость для горнодобывающей отрасли промышленности сегодня и в обозримом будущем. [Электронный ресурс]. URL: <https://rct-global.com/ru/2020/10/digitisation-in-mining/> (дата обращения 12.03.2025).
8. Мышлецов А.И., Авруцкая С.Г. Цифровые технологии и устойчивое развитие в горнодобывающей отрасли // Успехи в химии и химической технологии. 2023. Т. 37, № 1 (263). С. 55-59.
9. Абрашитов А.Ю., Жаров В.С. Эффекты и модели технологической модернизации горнодобывающего производства // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2023. № 4. С. 71-84. DOI: 10.37614/2220-802X.4.2023.82.006.
10. Racing Toward a Digital Future in Metals and Mining. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.bcg.com/publications/2021/adopting-a-digital-strategy-in-the-metals-and-mining-industry> (дата обращения 11.03.2025).
11. Sustainability in digital transformation : intégrer la durabilité dans l'ère numérique. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cdo-at-work.com/blog/sustainability-in-digital-transformation-integrer-la-durabilite-dans-lere-numerique#les-technologies-numeriques-au-service-de-la-durabilite> (дата обращения 11.03.2025).
12. Luthra S., Mangla S.K. Evaluating challenges to Industry 4.0 initiatives for supply chain sustainability in emerging economies // Process Safety and Environmental Protection. 2018. Vol. 117. P. 168-179.
13. Каленов О.Е. Цифровизация в горнодобывающей промышленности // Вестник Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова. 2021. Т. 18, № 5(119). С. 184-192. DOI: 10.21686/2413-2829-2021-5-184-192.
14. Le Niger discute avec des investisseurs libano-roumains pour déployer la 4 et la 5G. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.agencecofin.com/actualites-numerique/2301-125184-le-niger-discute-avec-des-investisseurs-libano-roumains-pour-deployer-la-4-et-la-5g> (дата обращения 13.03.2025).

Дата поступления статьи в редакцию: 13.03.2025

Дата принятия статьи в печать: 03.04.2025