

УДК 622.7:[622.013.014:004.9]

## ТЕНДЕНЦИИ ЦИФРОВИЗАЦИИ В ГОРНОДОБЫВАЮЩЕМ СЕКТОРЕ ЭКОНОМИКИ РФ

Т.Б. Яконовская, А.И. Жигульская

ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», г. Тверь

© Яконовская Т.Б., Жигульская А.И., 2021

DOI: 10.46573/2409-1391-2021-1-92-100

*Цифровизация в горнодобывающей промышленности относится к использованию компьютеризированных и цифровых устройств, систем и оцифрованных данных, которые должны снизить затраты, повысить производительность бизнеса и трансформировать практику добычи полезных ископаемых. В данной статье были выявлены цифровые технологии, актуальные для горнодобывающей промышленности, и рассмотрены направления их внедрения на горных предприятиях с различными темпами добычи. В настоящее время в горнодобывающем секторе используется 107 видов различных цифровых технологий.*

**Ключевые слова:** *цифровизация, горная промышленность, экономика, управление.*

Современной тенденцией в мировой горнодобывающей промышленности является активное использование цифровых технологий в добыче и переработке природных ресурсов. Сегодня горнодобывающий сектор сталкивается с внедрением цифровых инноваций. В средствах массовой информации, интернете и на конференциях появились различные термины, описывающие эти технологические достижения [1–3]. В этой связи авторы считают уместным использовать термины «четвертая промышленная революция», «цифровая революция», «цифровизация», «цифровая трансформация», «*intelligent mining*», «*smart mining*» или «*mining 4.0*». К сожалению, эти термины используются непоследовательно, хотя в первоначальных определениях есть заметные различия. Например, под «цифровизацией» первоначально понимается непрерывная эволюция и изменение конкретных процессов и процедур, основанных на цифровых технологиях. «Цифровая трансформация» описывает общий процесс изменения компании или бизнес-модели в связи с внедрением цифровых технологий, тогда как «*intelligent mining*», «*smart mining*» и «*mining 4.0*» ограничиваются цифровой трансформацией горнодобывающей промышленности. Несмотря на незначительные различия в определениях, цифровизация основана на применении цифровых технологий. Таким образом, в данной статье цифровизация в горнодобывающей промышленности относится к использованию компьютеризированных или цифровых устройств, методов и систем, а также оцифрованных данных, которые позволяют снизить затраты, повысить производительность и эффективность бизнеса, а также трансформировать технологии добычи полезных ископаемых. На сегодняшний день определена общая направленность и структура инновационных процессов и цифровых технологий для горнодобывающей промышленности [4; 5]. Также обсуждаются

специализированные цифровые технологии, которые особенно актуальны для переработки и обогащения полезных ископаемых [6–8] в различных секторах горной промышленности. Однако оценка текущих тенденций цифровизации (т. е. общего направления, в котором горнодобывающий сектор внедряет цифровые технологии) и внедрения цифровых технологий в горнодобывающей отрасли не существует.

На предприятиях горнодобывающего сектора РФ в сфере проектирования и управления различными горными бизнес-процессами используется около 100 разнообразных программных продуктов (рис. 1).

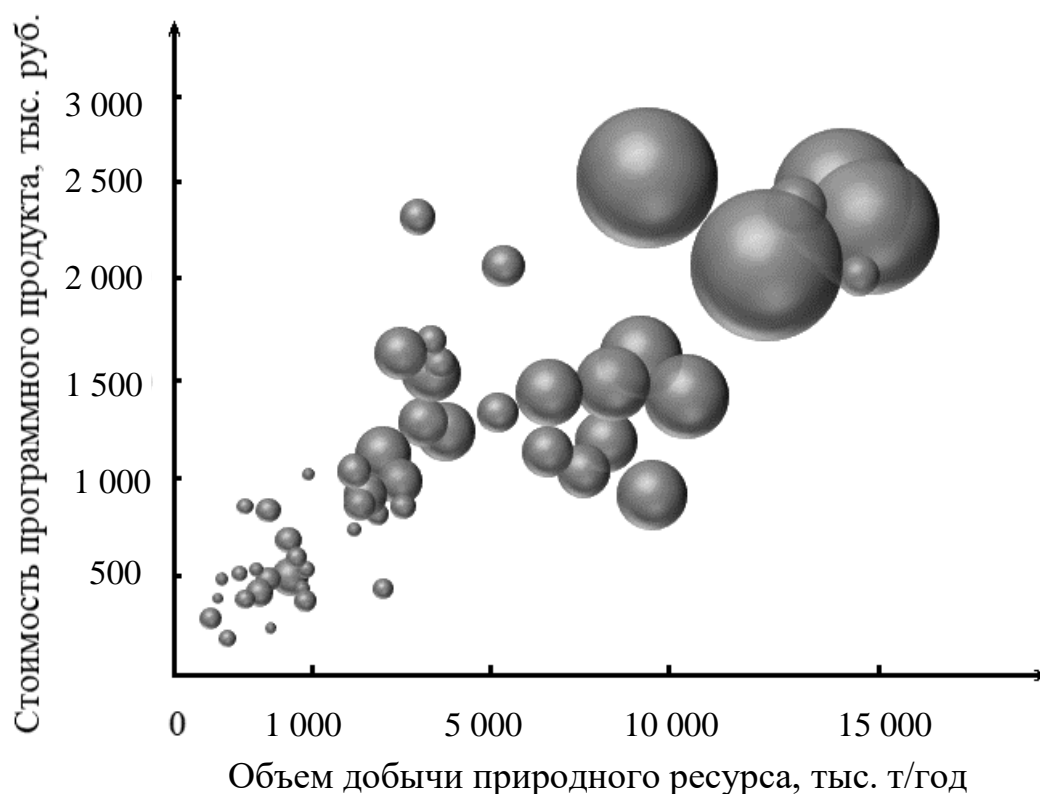


Рис. 1. Тенденции цифровизации горнодобывающих предприятий

На рис. 1 размер пузырьков показывает степень цифровизации горных процессов на добывающих предприятиях. Однако, как показывает рис. 1, степень использования информационных технологий значительно увеличивается с ростом мощности горнодобывающего производства, его диверсификации и инновационности используемых технологий в горных бизнес-процессах, т. е. чем крупнее и масштабнее добыча, тем выше уровень цифровизации горного производства. Анализ фактического внедрения цифровых технологий в выборке из 158 различных действующих горных предприятий России показывает ограниченное их освоение в целом. Крупномасштабные и стратегически важные для национальной экономики горнодобывающие предприятия, как правило, выбирают и применяют цифровые технологии, соответствующие их потребностям. Мелкомасштабные горные производства с низкими темпами добычи, разрабатывающие общераспространенные полезные ископаемые, не реализуют имеющиеся в настоящее

время цифровые технологии. Этим мелким горнодобывающим производителям могут потребоваться другие решения для цифровой трансформации, адаптированные к их возможностям и потребностям и применимые к масштабу их деятельности. Как правило, предприятия, добывающие стратегически важные ресурсы, обладают более сложной технико-экономической структурой горных бизнес-процессов, требующих особого контроля технологической безопасности. Они используют различные информационные технологии в управлении и проектировании горного производства. В качестве еще одной отличительной черты в распространении информационных технологий управления в горном секторе следует отметить, что в малообъемных горных производствах (как правило, по добыче не стратегически важных минерально-сырьевых ресурсов) уровень цифровизации низкий, а в некоторых отраслях вообще отсутствует.

Яркий пример тому стагнирующая торфяная отрасль горнодобывающего сектора РФ. Следует также отметить, что информационные программные продукты для горного сектора весьма различаются по стоимости, функциональному содержанию и надежности. Чаще всего в России крупные горные компании предпочитают использовать универсальные, экспертные и интеллектуальные горные геоинформационные системы (ГИС Micromine, Surpak, K-MINE и др.), как правило, зарубежного производителя, довольно дорогие, требующие времени и затрат на адаптацию под требования конкретного горного производства. Хотя на российском рынке присутствуют и отечественные разработки в относительно недорогом сегменте (до 800 тыс. руб.), их недостатком является узкоспециализированная направленность на проектирование и управление каким-либо одним горным бизнес-процессом.

В настоящее время на горных предприятиях РФ в зависимости от масштабов добычи и объема ежегодной выручки распространены следующие виды цифровых технологий (в порядке увеличения доли их использования) (рис. 2):

- 1) автоматическое управление технологическими машинами и оборудованием;
- 2) квантовые вычисления (в частности, в сфере информационной безопасности горных предприятий);
- 3) автоматизированный процесс контроля горных бизнес-процессов;
- 4) цифровые бизнес-модели горного производства;
- 5) облачные решения;
- 6) интеллектуальная аналитика;
- 7) аналитическая визуализация данных;
- 8) планирование горных работ в реальном времени;
- 9) централизованное дистанционное управление горным производством (перевозка горной массы);
- 10) управление данными в реальном времени (в геологоразведке);
- 11) облачные и периферийные вычисления;
- 12) виртуальные тренажеры;
- 13) планирование финансовых, материальных, трудовых ресурсов горного предприятия;

- 14) профилактическое обслуживание технологического оборудования;
- 15) «Интернет вещей»;
- 16) 3D-печать;
- 17) планирование цепочки поставок;
- 18) искусственный интеллект;
- 19) дроны, беспилотники;
- 20) машинное обучение;
- 21) автоматизированные, экспертные горные ГИС.

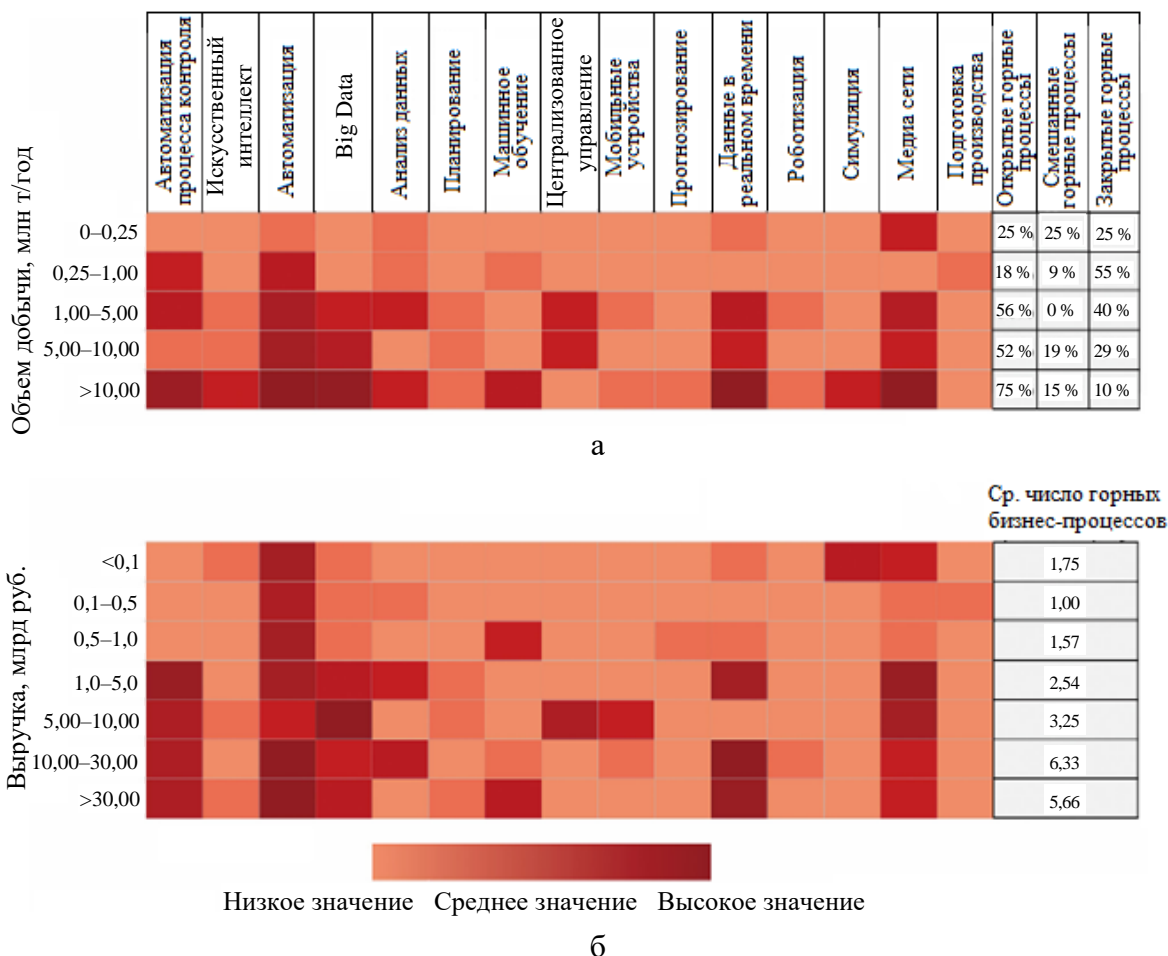


Рис. 2. Внедрение цифровых технологий на действующих горных предприятиях в зависимости от объемов добычи (а) и выручки (б)

Проанализировав тенденции цифровизации, авторы разделили горные предприятия на пять групп в соответствии с их объемами добычи (0–0,25; 0,25–1; 1–5; 5–10 и свыше 10 млн т/год) (см. рис. 2а) и на семь групп в зависимости от их ежегодной выручки (меньше 0,1; 0,1–0,5; 0,5–1; 1–5; 5–10; 10–30 и свыше 30 млрд руб.) (см. рис. 2б). Более насыщенный цвет отражает количество горных бизнес-процессов, связанных с отдельной цифровой технологией.

В целом большее количество цифровых технологий характерно для горных производств с крупномасштабным объемом добычи на отдельных карьерах, шахтах с высокой выручкой. Чаще всего широко внедряются и эксплуатируются различные цифровые технологии на карьерах и шахтах с объемом производства более 10 млн т/год и на горных предприятиях с доходом более 1 млрд руб.

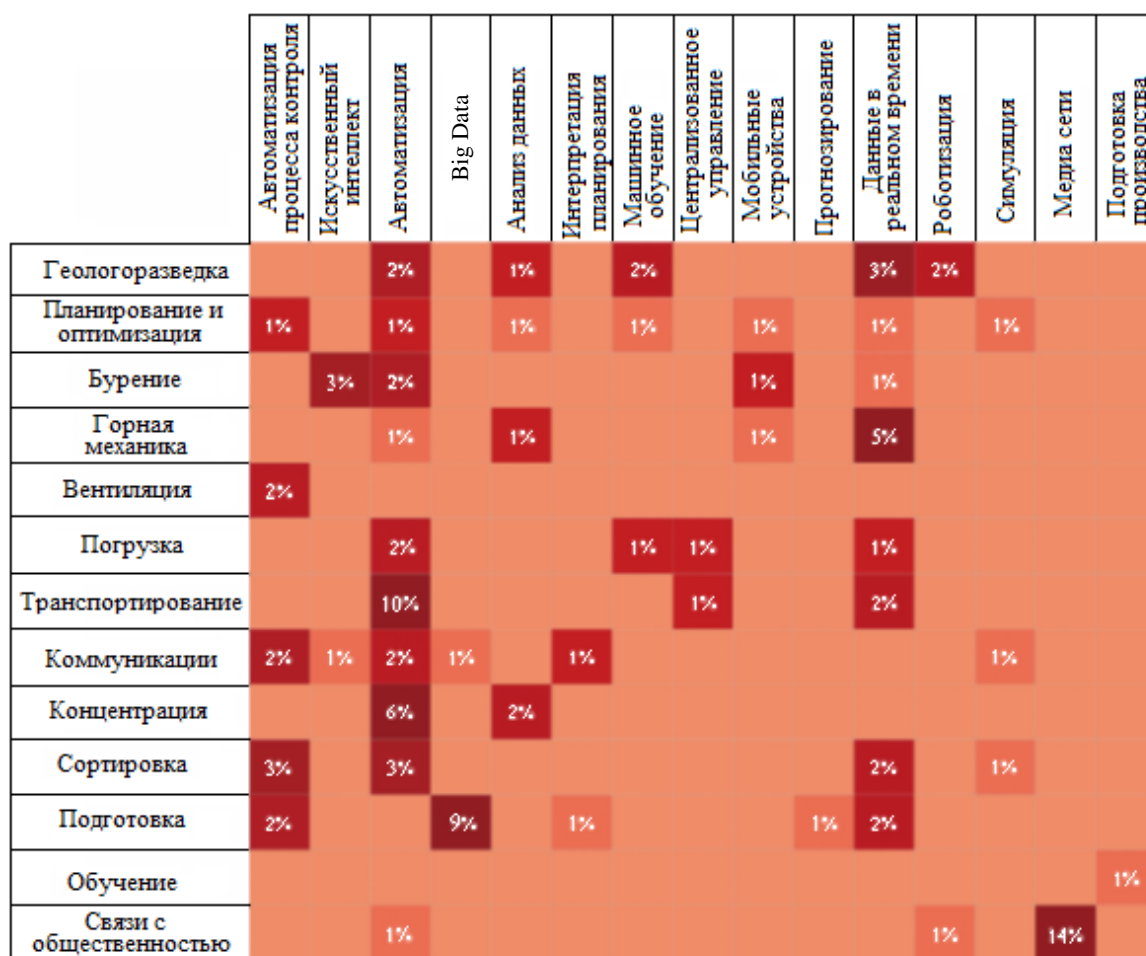
Если принять во внимание количество горных бизнес-процессов на горнодобывающем предприятии, то становится очевидным, что больше цифровых технологий используется в горнодобывающих предприятиях с несколькими горными процессами.

Более 60 % рассматриваемых карьеров – это открытые выработки (наземные горные бизнес-процессы), 13 % – смешанные горные предприятия с открытым и подземным способами добычи и 24 % – подземные шахты и рудники [9–12].

Весьма интересным представляется рассмотрение процесса внедрения цифровых технологий по всей цепочке создания стоимости добытого полезного ископаемого в горнодобывающей промышленности (рис. 3). Анализ рис. 3. позволяет сделать вывод о том, что некоторые цифровые технологии можно отнести ко всему процессу добычи полезного ископаемого, например ГИС. Также часто используются технологии «Машинного обучения» и «Медиа-технологии» для работы с общественностью на стадиях подготовки проекта горного производства. «Автоматизация» проявляется в деятельности по всей цепочке добычи полезных ископаемых. Особенно тесно связаны с цифровыми технологиями горные процессы транспортировки и разведки месторождения.

Здесь «Данные в реальном времени» используются в геологоразведочных работах, тогда как «Централизованное управление» используется исключительно при транспортировке и погрузке. Тем не менее в целом распространение цифровых технологий в горнодобывающей промышленности России довольно низкое. Это можно объяснить тем, что высший менеджмент российских горных компаний не обладает достаточными знаниями и пониманием текущих тенденций цифровизации, а также существующих, доступных информационных технологий [13; 14].

Многие из новых технологий еще предстоит внедрить в горнодобывающую промышленность и на отдельные карьеры и шахты, о чем свидетельствует общее отсутствие внедрения цифровых технологий в горнодобывающем секторе (рис. 3, более высокая насыщенность цвета указывает на более широкое внедрение цифровых технологий). Мелкие горные производства практически не реализуют информационные технологии. Степень инноваций и уровень инвестиций в мелкомасштабных горных компаниях, конечно, меньше, чем в более крупных, но и расходы на ИТ-оборудование в последние годы резко увеличились, так что цифровые системы по-прежнему недоступны по цене для мелких горнодобывающих производств.



Низкое значение Среднее значение Высокое значение

Рис. 3. Внедрение цифровых технологий в цепочке создания стоимости в горнодобывающей промышленности

Скорость внедрения инноваций, т. е. распространение цифровых технологий, характеризуется пятью атрибутами, которые помогают объяснить, почему на крупных горных предприятиях наблюдается более высокая скорость распространения цифровых технологий:

1. Относительным преимуществом, описывающим, насколько выгодна цифровая технология, независимо от ее преимуществ.
2. Совместимостью, ориентированной на опыт, потребности и ценности последователей, а также на то, как новая технология вписывается в существующую систему. Реализация цифровизации на крупных горных предприятиях усиливается за счет наличия уже существующей инфраструктуры (например, ГИС, датчиков и человеческих ресурсов).
3. Сложностью, описывающей, насколько сложно понять или использовать новую цифровую технологию. В настоящее время большинство профессионалов горнодобывающей отрасли не имеют навыков и знаний, чтобы понимать и использовать новые цифровые технологии. Более того, некоторые технологии,

такие как блокчейн, требуют специально обученного персонала, а небольшие горные производства не имеют ресурсов для найма этих специалистов.

4. Испытаниями, указывающими, в какой степени технология может быть протестирована или опробована. Крупные горнодобывающие компании часто имеют подразделения исследований и разработок (НИОКР) и финансовые ресурсы для тестирования новых технологий и систем. Эти научно-исследовательские мощности часто отсутствуют в корпоративной структуре малых горнодобывающих предприятий.

5. Наблюдаемостью, показывающей, осознают ли внешние заинтересованные стороны, что цифровые технологии успешно применяются и используются горнодобывающими компаниями. Горнодобывающая компания, которая использует новые технологии и адаптируется к ним, может восприниматься как образец для подражания или как первопроходец. Кроме того, наблюдаемость результатов новых цифровых технологий также важна для внутренних заинтересованных сторон, таких как правление, и других лиц, принимающих решения. Это помогает оценить целесообразность и преимущества инвестиций в цифровые технологии, поэтому остаются препятствия на пути внедрения цифровых технологий в горнодобывающую промышленность. Принятие, по-видимому, зависит от таких факторов, как производственные масштабы горнодобывающих предприятий, существующая инфраструктура, наличие обученного персонала, возможности НИОКР и готовность компании лидировать в распространении технологий.

Автоматизация, робототехника, «Интернет вещей», большие данные, данные в реальном времени, машинное обучение, искусственный интеллект и 3D-печать являются ключевыми технологиями для горнодобывающей промышленности. Однако в целом отсутствует распространение технологий, а распространение цифровых технологий во многом зависит от темпов производства. Результаты статьи показали очевидный дефицит в распространении цифровых технологий среди более мелких горных предприятий. При меньшем количестве оборудования и меньшем производстве абсолютная экономия от внедрения цифровизации ниже, поэтому рентабельность цифровых технологий оценивается критически. Этим мелким горным производствам могут потребоваться другие решения цифровой трансформации, адаптированные к их возможностям и потребностям и применимые к их масштабам деятельности.

### **Библиографический список**

1. Яконовская Т.Б., Жигульская А.И., Жигульский М.А. Анализ инвестиционно-инновационной активности в торфяной отрасли // Современное состояние экономических систем: экономика и управление: сборник научных трудов Международной научной конференции / под общ. ред. Д.В. Розова, Г.Г. Скворцовой. Тверь: СКФ-офис, 2018. С. 148–153.
2. Информационно-диагностические средства объективного контроля как инструмент повышения эффективности эксплуатации добычных горных машин / С.А. Асонов [и др.] // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. 2015. Т. 14. № 14. С. 62–71.

3. Проектирование информационного обеспечения задач управления безопасностью технологических процессов / В. Богатилов [и др.] // Информационные ресурсы России. 2004. № 3 (79). С. 5–8.
4. Информационные модели на основе CASE-средств промышленных объектов для информационной поддержки принятия решений / А.В. Вицентий [и др.] // Программные продукты и системы. 2003. № 4. С. 9.
5. Зюзин Б.Ф., Жигульская А.И., Яконовская Т.Б. Горнопромышленный комплекс Тверского региона Российской Федерации: анализ развития // Геология и минерально-сырьевые ресурсы запада Восточно-Европейской платформы: проблемы изучения и рационального использования: материалы Международной научной конференции / под ред. А.К. Карабанова. Минск: Государственное научное учреждение «Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси», 2017. С. 148–151.
6. Котов С.Л., Палюх Б.В., Федченко С.Л. Разработка, стандартизация и сертификация программных средств и информационных технологий и систем: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Прикладная информатика (по обл.)» и другим экономическим специальностям. Тверь: ТГТУ, 2006. 104 с.
7. Лагунова Ю.А., Ибраева Н.Р. Перспективное применение нейронных сетей при формировании баз данных технического состояния рабочего процесса конусной дробилки // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сборник трудов XVIII Международной научно-технической конференции «Чтения памяти В.Р. Кубачека». Екатеринбург: УГГУ, 2020. С. 154–158.
8. Палюх Б.В., Цветков Р.Е. Информационная система имитационного моделирования торфяных пожаров // Программные продукты и системы. 2007. № 3. С. 48.
9. Романова Л.В., Яконовская Т.Б. Проектирование системы менеджмента персонала горной компании как проектирование успеха бизнеса. М., 2014. 3 с.: ил. Деп. в «Горная книга» 17.02.2014, № 1011/06-14.
10. Рыльников А.Г., Пыталев И.А. Цифровая трансформация горнодобывающей отрасли: технические решения и технологические вызовы // Известия ТулГУ. Науки о Земле. 2020. Вып. 1. С. 470–481.
11. Трифанов Г.Д., Князев А.А. Опыт использования цифровых технологий для повышения эффективности и безопасности работы шахтных подъемных установок // Актуальные проблемы повышения эффективности и безопасности эксплуатации горно-шахтного и нефтепромыслового оборудования. 2018. Т. 1. С. 4–11.
12. Трифанов Г.Д., Князев А.А., Трифанов М.Г. Обеспечение безопасности эксплуатации шахтных подъемных установок применением цифровых технологий // Актуальные проблемы охраны труда и безопасности производства, добычи и использования калийно-магниевых солей: материалы I Межд. научно-практической конференции / под ред. Г.З. Файнбурга. Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2018. С. 97–108.
13. Яконовская Т.Б., Жигульская А.И. Проблемы информатизации технологических процессов предприятий по добыче торфа // Актуальные направления научных исследований: технологии, качество и безопасность: сборник материалов Национальной (Всероссийской) конференции / под общ. ред. А.Ю. Просекова. Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2020. С. 112–115.



14. Яконовская Т.Б. Проблемы информатизации анализа геологических данных предприятий по добыче торфа // Интеллектуально-информационные технологии и интеллектуальный бизнес (ИНФОС-2020): материалы 11-й заочной Международной научно-технической конференции / отв. ред. В.А. Горбунов. Вологда: Вологодский государственный университет, 2020. С. 89–94.

## **DIGITALIZATION TRENDS IN THE MINING SECTOR OF THE RUSSIAN ECONOMY**

**T.B. Yakonovskaya, A.I. Zhigulskaya**

Tver State Technical University, Tver

*Digitization in the mining industry refers to the use of computerized or digital devices or systems and digitized data that should lower costs, increase business productivity and transform mining practices. This article identified digital technologies that are relevant for the mining industry and considered the directions of their implementation in mining enterprises with different production rates. Currently, 107 different types of digital technologies are used in the mining sector.*

**Keywords:** *digitalization, mining, economics, management.*

Об авторах:

Яконовская Татьяна Борисовна – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и управления производством ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», г. Тверь, Россия. SPIN-код: 7769-2901, e-mail: tby81@yandex.ru

Жигульская Александра Ивановна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологических машин и оборудования ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», г. Тверь, Россия. SPIN-код: 8477-4984, e-mail: 9051963@mail.com

Authors information:

Yakonovskaya Tatyana Borisovna – PhD (Economics), Associate Professor of the Department of Economics and Production Management, Tver State Technical University, Tver, Russia. SPIN-code: 7769-2901, e-mail: tby81@yandex.ru

Zhigulskaya Alexandra Ivanovna – PhD (Technology), Associate Professor of the Department of Technological Machines and Equipment, Tver State Technical University, Tver, Russia. SPIN-code: 8477-4984, e-mail: 9051963@mail.com