

УДК 338.4, 338.5, 338.3, 338.45.01, 330.15

Особенности и тенденции цифровой трансформации российской горнодобывающей отрасли

Лютягин Дмитрий Владимирович

Кандидат экономических наук, доцент,
Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе,
117997, Российская Федерация, Москва ул. Миклухо-Маклая, 23;
e-mail: l-d-v@list.ru

Яшин Владимир Петрович

Кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры горного дела,
замдекана факультета технологии разведки и разработки,
Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе,
117997, Российская Федерация, Москва ул. Миклухо-Маклая, 23;
e-mail: yashin49@bk.ru

Забайкин Юрий Васильевич

Кандидат экономических наук, доцент,
Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе,
117997, Российская Федерация, Москва ул. Миклухо-Маклая, 23;
e-mail: 89264154444@yandex.ru

Якунин Михаил Аркадьевич

Кандидат технических наук, декан факультета экономики,
Московский финансово-промышленный университет «Синергия»,
125190, Российская Федерация, Москва, просп. Ленинградский, 80;
e-mail: pest4@rambler.ru

Аннотация

Статья посвящена анализу состояния и проблем цифровой трансформации предприятий российской горнодобывающей отрасли. Рассматриваются ключевые предпосылки трансформации, а также основные выгоды и риски, которые связаны с цифровизацией предприятий отрасли. Проведен обзор наиболее значимых проектов и программ по внедрению цифровых технологий на отечественных предприятиях. На основе результатов анализа дан ряд рекомендаций по оптимизации процессов цифровизации горнодобывающего сектора. Горнодобывающие компании активно включились в процессы цифровой трансформации российской экономики, они внедряют самые передовые технологии для повышения производительности, снижения издержек, повышения качества продукции, интеграции цепочек поставок. Кроме того, для крупных компаний в

стратегическом плане цифровизация управленческих процедур и производственных процессов является большим шагом к прозрачности бизнеса, то есть к повышению интереса у инвесторов, в том числе зарубежных. Комплексная цифровизация приводит к тому, что все основные процессы компании становятся логичными, понятными, а влияние человеческого фактора сводится к минимуму. В целом, внедрение новейших цифровых технологий, в том числе элементов «Индустрии 4.0» в практику отрасли формирует базу для создания и развития новой интеллектуальной горнодобывающей промышленности России.

Для цитирования в научных исследованиях

Лютягин Д.В., Яшин В.П., Забайкин Ю.В., Якунин М.А. Особенности и тенденции цифровой трансформации российской горнодобывающей отрасли // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2019. Том 9. № 7А. С. 147-159.

Ключевые слова

Цифровая трансформация, цифровизация, горнодобывающая отрасль, Индустрия 4.0, интернет вещей, искусственный интеллект, прогнозная аналитика, киберфизические системы, интеграция цепочек поставок.

Введение

В настоящее время практически во всех отраслях экономики наблюдается динамичный рост объемов генерируемой и перерабатываемой информации, которая используется в различных функциональных областях бизнеса: производство, логистика, маркетинг, финансы и т.д. Соответственно, совершенствуются технологии, позволяющие управлять информационными потоками. Предприятия адаптируются к новым условиям, изыскивают резервы повышения эффективности работы с данными. Новые цифровые технологии позволяют упорядочить бизнес-процессы, повысить общую отдачу от инвестиций в основной капитал. Существует множество направлений использования цифровых технологий, однако, максимального эффекта можно достичь только в случае комплексного внедрения информационных систем, то есть полной цифровой трансформации компании.

Цифровизация бизнеса во многих странах стимулируется и поддерживается на государственном уровне. В нашей стране реализуется программа «Цифровая экономика Российской Федерации», в рамках которой предоставляются особые правовые, организационные и финансовые условия для предприятий, развивающих данное направление. Согласно прогнозам, в результате реализации мероприятий, заложенных в программу, в России к 2024 году будут эффективно функционировать: более 10 крупных технологичных компаний с высоким уровнем международной конкурентоспособности, десятки промышленных цифровых платформ (в том числе «умные города», цифровые медицинские и образовательные организации и т.д.). При этом множество отечественных компаний прилагают усилия для внедрения основных положений Программы «Цифровая экономика Российской Федерации» в свой бизнес. Прогнозируется, что в ближайшие годы начнут функционировать более 500 малых и средних предприятий, специализирующихся на развитие различных цифровых технологий.

Наиболее остро проблема цифровой трансформации стоит перед промышленными отраслями, в частности, перед горнодобывающей промышленностью. В существующих

условиях, когда спрос на природные ископаемые является нестабильным, горнодобывающие предприятия стремятся повышать свою гибкость, оперативно реагировать на изменения рыночной конъюнктуры. Кроме того, особую важность приобретает повышение рациональности использования имеющегося ресурсного потенциала, а также снижение производственных затрат. Цифровизация бизнес-процессов выступает в качестве одного из основных инструментов для решения этих задач. Согласно прогнозам McKinsey, к 2025 году использование цифровых технологий в мировой горнодобывающей отрасли позволит снизить затраты на 17% [Жолмагамбетов, 2018].

Основная часть

Под цифровизацией горнодобывающей промышленности будем понимать комплексное использование новейших цифровых технологий: применение оборудования с дистанционным управлением и робототехники, использование технологий удаленной централизованной диспетчеризации, высокоточное спутниковое позиционирование экскаваторов и другой техники, применение цифровых портативных устройств контроля за состоянием здоровья работников, трехмерное моделирование объектов, предиктивная аналитическая обработка геологических данных и т.д. Цифровое горнодобывающее предприятие – предприятие, интегрировавшее промышленные системы автоматизации и бизнес-приложения. Такая интеграция дает возможность сформировать единую систему планирования, выполнения задач, учета и контроля деятельности компании, повысить гибкость управления и оперативность реагирования на изменения во внешней и внутренней среде.

Цифровая трансформация горнодобывающего предприятия позволяет связать в единую систему процессы в цепочке создания стоимости: от добычи и обогащения полезных ископаемых до выпуска конечной продукции и доставки ее до порта/склада. Многие предприятия начинают трансформацию с оцифровки только небольших сегментов в данной цепочке и внедрения отдельных автоматизированных технологий.

Основу цифровизации бизнес-процессов, как и цифровизации производства в целом в горнодобывающих компаниях составляет «принцип 4Е» [Мельников и др., 2017]:

- единая цифровая модель компании;
- единая база атрибутивной информации;
- единое поле координат;
- единая система информационного обмена.

Автоматизированная производственная система, построенная по данному принципу, является общей базой для основных процессов горнодобывающей компании: оценка запасов сырья, добыча горной массы и полезных ископаемых, обслуживание транспортной инфраструктуры, планирование развития производства и т.д. Использование «Принципа 4Е», дает возможность решить проблемы, связанные с несогласованностью данных, генерируемых в различных подразделениях компании, и позволяет оперативно (в реальном времени) получать информацию для принятия управленческих решений на различных стадиях процесса планирования: от разработки стратегии до формулировки текущих задач персоналу.

В России, как и во многих других странах, цифровые технологии внедряются на предприятиях горнодобывающей отрасли быстрыми темпами. К ключевым факторам, влияющим на этот процесс, можно отнести: повышение производительности аппаратного обеспечения, развитие робототехники, разработку новых управленческих технологий и

развитие технологий искусственного интеллекта, а также изменение подходов к организации процесса добычи полезных ископаемых.

В настоящее время на открытых горных работах уже повсеместно используются автоматизированные системы управления горнотранспортного комплекса (АСУ ГТК). Применение этих систем дает возможность эксплуатировать горную технику в оптимальных режимах, повышать эффективность процессов добычи полезных ископаемых.

Кроме АСУ ГТК на горнодобывающих предприятиях применяются и другие цифровые системы: горного планирования, АСУ ТП (автоматизированная система управления технологическим процессом), MES (Manufacturing Execution System – производственная исполнительная система), ТОиР (информационная система технического обслуживания и ремонта), ERP (Enterprise Resource Planning – система планирования ресурсов предприятия) и др.

Крупнейшие российские горнодобывающие компании ведут активную работу в области цифровизации своих производственных процессов, реализуют множество технологических проектов.

Например, горно-металлургический комбинат ПАО «ГМК «Норильский никель», в настоящее время вкладывает значительные средства в модернизацию своей ИТ-инфраструктуры, формирует базу для цифровой трансформации. В компании до конца 2019 года планируется обновить практически все центры обработки данных (ЦОД).

ПАО «ГМК «Норильский никель» активно реализует программу «Технологический прорыв», в рамках которой внедряется комплекс специальных решений по автоматизации процессов на переделах добычи сырья, его обогащения и производства металлургической продукции. В частности, на предприятиях холдинга внедряются цифровые системы, позволяющие осуществлять позиционирование горной техники, снижать расход топлива, повышать эффективность диспетчеризации производства, вести учет баланса металлов. Кроме того, компания использует системы моделирования оборудования и технологических процессов, что дает возможность определять оптимальную численность горнодобывающей техники.

В компании применяются передовые технологии, позволяющие снизить производственный травматизм и повысить отдачу от использования ресурсов. На «Норильском никеле» внедряется робототехника, дающая возможность сократить численность персонала, задействованного на тяжелых и рутинных работах. Применяются технологии: «большие данные», «виртуальная дополненная реальность», «искусственный интеллект», «цифровые двойники» и т.д. На основе новейших цифровых технологий компания внедряет концепцию «зеленой металлургии» и минимизирует экологический ущерб, поставляя «чистые металлы» производителям катализаторов для автомобилей (в том числе гибридных), а также аккумуляторы для электромобилей.

ПАО «ГМК «Норильский никель» в 2018 г. получил премию «ИТ-ЛИДЕР» в номинации «Цветная металлургия» за реализацию проекта по внедрению системы связи и позиционирования техники и работников на руднике «Заполярный». Данный проект ориентирован на повышение безопасности персонала при проведении подземных работ, предполагает использование индивидуальных меток, портативных систем радиосвязи для каждого работника, а также автоматической системы «Антинаезд», которая оповещает водителей транспортных средств о приближении к людям или технике. Данная система также дает возможность проводить мониторинг различных производственных процессов на руднике (например, перемещение горной массы).

В течение 2019 года компания планирует ввести в эксплуатацию систему электронной торговли металлами и выпустить свою криптовалюту Stablecoin, обеспеченную металлами, находящимися в собственности «Норильского никеля». Для электронных торгов будет открыта специальная площадка. Ожидается, что объем продажи токенов превысит 1 млрд. долл. Использование технологии «блокчейн» позволит компании получать недолговое финансирование на выгодных условиях.

Русская медная компания (РМК) также активно реализует проекты по цифровизации бизнес-процессов. Задействован значительный объем оперативных вычислений, автоматизируется множество рутинных процедур, проводится удаленный мониторинг параметров работы технологического оборудования и т.д. Так, в 2019 году введена в эксплуатацию система управления и производственного мониторинга на Михеевском горно-обогатительном комбинате. С помощью цифровых систем операторы контролируют параметры работы различных агрегатов на обогатительной фабрике – от гирационных дробилок на рудниках до насосных станций оборотного водоснабжения.

На шести предприятиях РМК внедрены ERP-системы. Эти системы позволяют персоналу осуществлять контроль наличия комплектующих на складах, планировать текущие потребности и автоматически формировать заявки на приобретение комплектующих. Таким образом, оптимизируется уровень складских запасов, повышается точность бюджетного планирования, оптимизируется процесс ремонта оборудования, повышается оперативность разработки управленческих решений. В настоящее время более 70% процессов в РМК автоматизированы.

Постепенно происходит процесс цифровой трансформации в компании «Полиметалл». В частности, на одном из предприятий «Полиметалла» – «Серебро Магадана» – внедряется система управления подземными горными работами. Система уже эксплуатируется в тестовом режиме на месторождении Лунное (Магаданская область). Разработчиком и интегратором проекта является компания «ВИСТ Групп». С помощью созданного для опытного участка программного обеспечения автоматизировано формирование отчетности производственных участков «Серебра Магадана». При этом учитывается вся специфика подземной отработки. Система позволяет контролировать работу подземных самосвалов и погрузочно-доставочных машин, работающих в едином цикле.

Следующим примером цифровой трансформации в горнодобывающей отрасли является «Сибирская угольная энергетическая компания» (СУЭК). Это крупная компания, которая экспортирует 40% угля, добытого в «Восточно-Бейском разрезе». Оставшиеся 60% угля поставляются для нужд отечественного ЖКХ. В начале 2019 года началась реализация проекта по автоматизации и роботизации системы бурения скважин на одном из объектов компании – разрезе «Тугнуйский» (Бурятия). Планируется, что буровые станки, с помощью датчиков и специально разработанных алгоритмов будут выполнять основные операции, которые в настоящее время контролируются в ручном режиме.

Летом 2019 года стартовал проект по использованию роботизированных самосвалов в карьерах компании «СУЭК» в Хакасии. Планируется, что эта техника не только позволит обеспечить безопасность работников, но и даст возможность провести оптимизацию параметров процессов добычи угля (ширина погрузочной зоны, параметры дорожной сети). Кроме того, нововведение позволит решить острые проблемы, связанные с дефицитом квалифицированного персонала, и снизить расходы на ремонт горнодобывающего оборудования. Проект совместно реализуют российская компания «Цифра», занимающаяся автоматизацией производственных процессов, и один из крупнейших мировых производителей

карьерной техники – завод БелАЗ, которые заключили соглашение о стратегическом партнерстве. На базе завода создан инновационный исследовательский центр, специализирующийся на разработках в области беспилотного транспорта и искусственного интеллекта.

Роботизированные самосвалы, управляемые дистанционно, должны найти широкое применение в ситуациях, когда в карьере сформировались условия, неблагоприятные или опасные для человека (например, высокая загазованность, высокая вероятность обвала и т.д.).

Интерес вызывает реализуемый в настоящее время проект по внедрению системы комплексной автоматизации металлургического производства (от добычи руды до изготовления металлопроката) на ЗСМК ЕВРАЗ на платформе «Форсайт». Компания-подрядчик подготовила математические модели для оптимизации всех переделов. В качестве основного оптимизационного критерия выбран показатель EBITDA. На основе модели технологи выбирают наилучший состав сырья и параметры загрузки оборудования. При этом в некоторых случаях для достижения оптимальной работы всей производственной цепочки допускается временное снижение эффективности на отдельных участках. Внедрение системы повлекло за собой пересмотр схем мотивации персонала и подходов к контролю эффективности производства. В системе обрабатывается примерно 80 тыс. переменных в месяц и около 350 тыс. – в год.

В горно-металлургической компании «Металлоинвест» реализуется комплексная программа цифровизации бизнеса «Industry 4.0». Руководство поставило цель – унифицировать деловые процессы, повысить оперативность и гибкость реагирования на изменения во внешней и внутренней среде. Цифровая трансформация проводится на базе ERP-системы SAP (ядро S/4HANA). Формируется интегрированная система управления производственно-хозяйственной деятельностью компании.

В рамках программы цифровой трансформации «Металлоинвест», помимо внедрения SAP, запустил ряд проектов, в частности «Обмен электронным документооборотом», «Быстрое закрытие отчетного периода», «Договорная работа», «Сервисы самообслуживания», «Обеспечение информационной безопасности» и т.д. Общее количество «надстроек» над основной системой автоматизации управления составляет более 20.

Основные ожидаемые результаты цифровой трансформации «Металлоинвеста»: снижение трудозатрат и оптимизация управленческих расходов. Кроме того, система SAP даст компании возможность оперативно реагировать на требования заказчиков относительно характеристик готовой продукции, действовать в соответствии с изменениями конъюнктуры рынка. Ожидается повышение прозрачности и гибкости бизнеса.

Внедрение цифровых технологий на горнодобывающих предприятиях позволяет полностью автоматизировать большинство процессов. В результате растет производительность труда и объемы продаж, повышается конкурентоспособность.

В горнодобывающем секторе отмечается положительная тенденция снижения количества аварий и уровня производственного травматизма. Например, в угольной отрасли с 2010 года произошло снижение аварийности на 40% (если учитывать информацию по всем объектам, контролируемым Ростехнадзором). Смертность от несчастных случаев снизилась примерно на 50%.

Во внедряемых на горнодобывающих предприятиях комплексных системах автоматизации хранятся значительные объемы данных о производственных процессах. Однако, во многих случаях уровень развития подсистем анализа данных в этих системах является достаточно низким. Также проблемой является отсутствие интеграции различных подсистем между собой.

Так, например, режимы работы компании на оперативном уровне и на уровне краткосрочного планирования анализируются разными сотрудниками с помощью различных программных продуктов. При этом используются массивы данных, не связанные между собой.

Также наблюдаются сложности в сфере прогнозной аналитики: вопросы производственной деятельности решаются по факту возникновения тех или иных ситуаций. Используемые автоматизированные аналитические системы не позволяют заранее предвидеть многие проблемы и заблаговременно принять соответствующие управленческие решения.

Предприятия горнодобывающего сектора вкладывают значительные средства в технологии, позволяющие повысить аналитический потенциал применяемых автоматизированных систем. Одним из наиболее перспективных направлений в данной сфере является использование технологий искусственного интеллекта (ИИ), которые позволяют повышать эффективность процессов принятия решений и планирования на всех этапах создания добавленной стоимости. С помощью искусственного интеллекта повышается производительность и безопасность труда, снижаются издержки, повышается эффективность совместной работы различных групп персонала. Горнодобывающие предприятия оценивают перспективность различных направлений совершенствования аналитических систем и систем ИИ на основе практического опыта других компаний сектора, а также опыта компаний других отраслей. Таким образом, определяются оптимальные области для инвестирования в новые технологии.

Важным направлением цифровой трансформации горнодобывающих предприятий является цифровизация цепочки поставок. В отрасли постепенно происходит формирование цифровых сетей поставок (DSN), однако этот процесс находится еще на ранней стадии развития. Компании, которые смогут подобрать оптимальный комплекс решений и сформировать полностью интегрированные цепочки поставок (от карьера до порта), не только объединят свои операционные процессы, но и повысят прозрачность бизнеса, смогут более эффективно использовать активы, повысят производительность и операционную эффективность, что в итоге приведет к ощутимому снижению производственных затрат.

Более того, цифровизация операционной и управленческой деятельности горнодобывающих предприятий позволяет им трансформировать основы управления эффективностью горнодобывающих предприятий в условиях рисков санкционного воздействия, что повышает скорость реакции и принятия решений [Лютягин и др., 2019].

Для того чтобы в полной мере раскрыть потенциал цифровой трансформации, горнодобывающим компаниям целесообразно внедрять технологий «Индустрии 4.0». Для «Индустрии 4.0» свойственно использование «интернета вещей» (Internet of Things, IoT) и применение в управлении производством «киберфизических систем» (Cyber-Physical Systems, CPS). Наиболее активно развиваются следующие направления: дополненная реальность, промышленный интернет вещей, большие данные, бизнес-аналитика, технологии облачных вычислений, автономная робототехника, вертикальная и горизонтальная системная интеграция, аддитивное производство (в частности, 3D-печать), защита информации, технологии цифрового моделирования.

В сфере внедрения технологий «Индустрии 4.0» лидируют следующие страны: США, Германия, Великобритания, Нидерланды, Швеция, Южная Корея. Во многих странах разработаны и реализуются специальные государственные программы поддержки внедрения этих технологий в различных отраслях промышленности, в том числе – в горнодобывающей.

При внедрении технологий «Индустрии 4.0» осуществляется сквозная цифровизация процессов использования всех материальных активов, и формируется единая цифровая

экосистема, в которую включаются предприятия-партнеры, работающие в различных звеньях цепочки создания стоимости. Концепция «Индустрии 4.0» подразумевает цифровую трансформацию и вертикальную интеграцию процессов всех компаний, участвующих в цепочке. Осуществляется цифровизация всех функциональных областей: логистика, маркетинг, производство, финансы и т.д. При этом информация о бизнес-процессах, об экономической эффективности, о стратегических и тактических планах доступна для соответствующих специалистов в реальном времени в рамках общей информационной сети. Для обобщения и анализа имеющихся данных используются технологии дополненной реальности, а форматы данных оптимизируются для кроссплатформенного применения. Также осуществляется горизонтальная интеграция, которая выходит за рамки внутренних бизнес-процессов и охватывает партнеров и покупателей. Для обеспечения интеграции применяются всевозможные технологии: от систем мониторинга производственных процессов до систем стратегического планирования.

Основные компоненты концепции «Индустрии 4.0» и соответствующие цифровые технологии отражены на рис. 1.

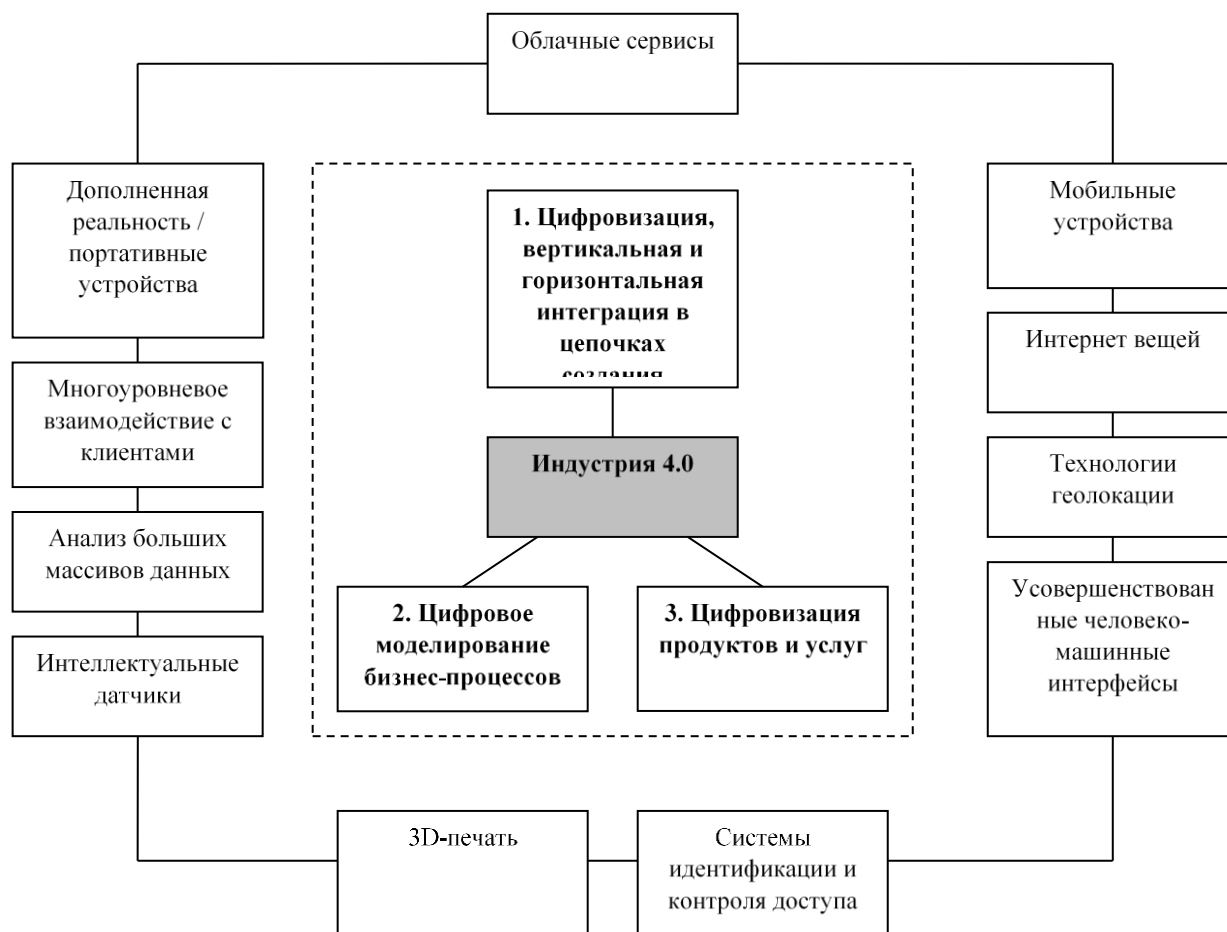


Рисунок 1 – Основные компоненты концепции «Индустрии 4.0» и соответствующие технологии

Программа «Цифровая экономика Российской Федерации» может рассматриваться в качестве отправной точки для технологической трансформации горнодобывающей промышленности в рамках концепции «Индустрия 4.0». При этом полноценная трансформация

невозможна без интеграции применяемых в горнодобывающем секторе технологических платформ. Целесообразно сформировать систему, которую условно можно обозначить как «отраслевая интегрированная платформа», к которой должны иметь доступ все горнодобывающие компании, а также заинтересованные государственные органы. Эта платформа должна базироваться на принципах «Индустрии 4.0» и позволять ее участникам в режиме реального времени получать наиболее важную информацию о состоянии рынка.

Создание такой системы в горнодобывающей отрасли предусматривает проведение комплексных научных исследований в области производственных киберфизических систем и промышленного интернета вещей.

В рамках «отраслевой интегрированной платформы» необходимо сформировать базу данных по инновационным технологиям горнодобывающей промышленности, обеспечить всеобщий доступ к этой базе и ее регулярное обновление. В перспективе в эту базу данных необходимо включать эффективные технологии добычи полезных ископаемых, основанные на применении искусственного интеллекта и робототехники второго и третьего поколений. На основе инновационных технологий, дающих возможность перейти к полностью автоматизированным производственным процессам, можно объединить отдельные звенья цепочки создания стоимости с использованием автономных киберфизических систем. Безусловно, для этого потребуются разработать новые пространственно-планировочные решения, специфичные для горнодобывающей промышленности.

Наиболее перспективные направления и технологии, которые могут быть внедрены в горнодобывающем секторе в рамках реализации концепции «Индустрия 4.0», отражены в табл. 1.

Таблица 1 – Реализация концепции «Индустрия 4.0» в горнодобывающем секторе

| Производственные процессы | Перспективные направления и технологии |
|---|--|
| Разведка месторождений полезных ископаемых | Виртуализация процессов поиска и разведки. Дистанционное зондирование земли. Геоинформационные системы с использованием технологий трехмерного геологического моделирования. |
| Добыча полезных ископаемых и формирование запасов | Применение автоматизированных и роботизированных технологий на горных выработках. Технологии безлюдной выемки полезных ископаемых. Геоинформационные технологии, базирующиеся на цифровом моделировании физических процессов. Использование систем «Интеллектуальная шахта» и «Интеллектуальный разрез», основанных на технологиях интернета вещей. |
| Переработка полезных ископаемых и отходов | Использование технологий интернета вещей при обогащении и переработке полезных ископаемых и отходов, использование систем типа «Интеллектуальная обогатительная фабрика». Применение инновационных химических технологий для производства продукции с высокой добавленной стоимостью. Применение биотехнологий и нанотехнологий. |
| Транспорт | Использование автоматизированного транспорта. Использование систем типа «Интеллектуальный транспорт», основанных на технологиях интернета вещей. |

Для эффективной цифровой трансформации горнодобывающего сектора необходимо разработать и реализовать на практике механизмы государственной поддержки этого процесса. Государство должно стимулировать производство отечественного цифрового оборудования и

программного обеспечения, используемого в процессах добычи и переработки полезных ископаемых. Особое внимание следует уделять технологиям промышленного интернета вещей и киберфизическим системам.

Для развития горнодобывающей отрасли в рамках концепции «Индустрия 4.0» необходимо обеспечивать отрасль квалифицированными кадрами. Для этой цели следует использовать комплексный подход к развитию системы обучения персонала, что предполагает использование передовых технологий и методик обучения, отвечающих мировым стандартам. Следует использовать хорошо зарекомендовавшие себя в мировой практике формы обучения, например, партнерство между образовательными организациями и производственными предприятиями, при котором выполняется заказ на обучение специалистов по специально разработанным программам с вовлечением в учебный процесс будущего работодателя. Кроме того, значимым направлением повышения кадрового потенциала горнодобывающей отрасли является обучение работников по программам непрерывного образования. Эти программы должны охватывать все основные категории работников: от высшего руководства до рабочих кадров, инженерно-технического и обслуживающего персонала.

Следует отметить, что преобразования на горнодобывающих предприятиях в рамках концепции «Индустрия 4.0» не только позволяют осуществлять революционные технологические изменения в отрасли, но и несут в себе определенные угрозы и риски. Прежде всего, цифровая трансформация, автоматизация и роботизация производства приводят к высвобождению кадров с низким уровнем квалификации. Естественно, что часть высвобождаемой рабочей силы проходит переобучение и трудоустраивается. Однако этот процесс является весьма затратным и сталкивается с множеством проблем.

Использование технологий «Индустрии 4.0» кардинально меняет экосистему цепочек поставок вокруг горнодобывающих предприятий, особенно в части поставок услуг. Данная экосистема приобретает высокотехнологичный характер. Это означает, что предприятия, проведя автоматизацию производства, начинают больше нуждаться в ИТ-сервисах (консалтинг в сфере цифровых технологий, поддержка функционирования компьютерного оборудования и программного обеспечения, обслуживание робототехники и т.д.). При этом спрос на традиционные сервисы (ремонт механического или полуавтоматического оборудования, транспортировка сотрудников, услуги общественного питания, страхование персонала и т.д.) падает. В процессе разработки программ цифровизации предприятия должны уделять данным рискам особое внимание.

Заключение

Итак, горнодобывающие компании активно включились в процессы цифровой трансформации российской экономики, они внедряют самые передовые технологии для повышения производительности, снижения издержек, повышения качества продукции, интеграции цепочек поставок. Кроме того, для крупных компаний в стратегическом плане цифровизация управленческих процедур и производственных процессов является большим шагом к прозрачности бизнеса, то есть к повышению интереса у инвесторов, в том числе зарубежных. Комплексная цифровизация приводит к тому, что все основные процессы компании становятся логичными, понятными, а влияние человеческого фактора сводится к минимуму. В целом, внедрение новейших цифровых технологий, в том числе элементов «Индустрии 4.0» в практику отрасли формирует базу для создания и развития новой интеллектуальной горнодобывающей промышленности России.

Библиография

1. В России до конца года появится механизм цифровой торговли металлами. URL: <http://newslab.ru/news/909202>
2. Жолмагамбетов Т. Цифровизация производства – следующий этап повышения производительности горнодобывающей промышленности // Горно-металлургическая промышленность. 2018. №2. URL: <http://metalmininginfo.kz/archives/5578>
3. Искусственный интеллект из «Сколково» проследит за добычей угля в Хакасии. URL: <https://www.if24.ru/ai-skolkovo-dobycha-uglya-v-hakasii/>
4. Лютягин Д.В., Забайкин Ю.В., Богачев М.Ю., Рощина О.Е., Шихымов М. Трансформация методических основ управления эффективностью горнодобывающих предприятий в условиях рисков санкционного воздействия // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2019. №5.
5. Мельников С.Р. и др. Автоматизация производственных процессов на горнодобывающих предприятиях с использованием спутниковых технологий // Горная Промышленность. 2017. №2. С. 23-27.
6. «Металлоинвест»: цифровая трансформация гиганта. URL: https://hbr-russia.ru/partner_cases/sap/metalloinvest
7. На «Иннопроме» договорились о развитии роботизации горной промышленности. URL: <https://rg.ru/2019/07/10/reg-urfo/na-innoprome-dogovorilis-o-razviii-robotizacii-gornoj-promyshlennosti.html>
8. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. 1632-р: утв. расп. Правительства РФ от 28 июля 2017 г. 1632-р. URL: <http://government.ru/govworks/614/events/>
9. Рудник в цифре: какие технологии Индустрии 4.0 выбирает горнодобывающий бизнес. URL: <https://www.innoprom.com/media/letters/rudnik-v-tsifre-kakie-tehnologii-industrii-4-0-vybiraet-gornodobyvayushchiiy-biznes/>
10. Цифровизация угольной отрасли способствует ее эффективному развитию – Майнинг. Metallurgia. Генерация 2019. URL: <http://miningmetall.com/cifrovizacija-ugolnoj-otrasli-sposobstvuet-ee-jeffektivnomu-razvitiju/>

Features and trends of the digital transformation of the Russian mining industry

Dmitrii V. Lyutyagin

PhD in Economics, Associate Professor,
Russian State Geological Exploration University named after Sergo Ordzhonikidze,
117997, 23 Miklukho-Maklaya st., Moscow, Russian Federation;
e-mail: l-d-v@list.ru

Vladimir P. Yashin

PhD in Technologies, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Mining,
Deputy Dean of the Faculty of Technology for exploration and development,
Russian State Geological Exploration University named after Sergo Ordzhonikidze,
117997, 23 Miklukho-Maklaya st., Moscow, Russian Federation;
e-mail: yashin49@bk.ru

Yurii V. Zabaikin

PhD in Economics, Associate Professor,
Russian State Geological Exploration University named after Sergo Ordzhonikidze,
117997, 23 Miklukho-Maklaya st., Moscow, Russian Federation;
e-mail: 89264154444@yandex.ru

Mikhail A. Yakunin

PhD in Technologies,
Dean of Economics Faculty,
Moscow Finance and Industry University "Synergy",
125190, 80, Leningradskii av., Moscow, Russian Federation;
e-mail: pest4@rambler.ru

Abstract

The article is devoted to the analysis of the status and problems of digital transformation of enterprises of the Russian mining industry. The key prerequisites for the transformation, as well as the main benefits and risks associated with the digitalization of industry enterprises, are examined. A review of the most significant projects and programs for the implementation of digital technologies in domestic enterprises was conducted. Based on the results of the analysis, a number of recommendations have been made on optimizing the digitalization processes of the mining sector. Mining companies are actively involved in the processes of digital transformation of the Russian economy; they are introducing the most advanced technologies to increase productivity, reduce costs, improve product quality, and integrate supply chains. In addition, for large companies in the strategic plan, the digitalization of management procedures and production processes is a big step towards transparency of the business, that is, to increase interest among investors, including foreign ones. Integrated digitalization leads to the fact that all the main processes of the company become logical, understandable, and the influence of the human factor is minimized. In general, the introduction of the latest digital technologies, including the elements of Industry 4.0, into industry practice forms the basis for the creation and development of a new intellectual mining industry in Russia.

For citation

Lyutyagin D.V., Yashin V.P., Zabaikin Yu.V., Yakunin M.A. (2019) Osobennosti i tendentsii tsifrovoy transformatsii rossiiskoi gornodobyvayushchei otrasli [Features and trends of the digital transformation of the Russian mining industry]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 9 (7A), pp. 147-159.

Keywords

Digital transformation, digitalization, mining industry, Industry 4.0, Internet of things, artificial intelligence, predictive analytics, cyber-physical systems, supply chain integration.

References

1. *Iskusstvennyi intellekt iz «Skolkovo» prosledit za dobychei uglya v Khakasii* [Artificial intelligence from Skolkovo will track coal mining in Khakassia]. Available at: <https://www.if24.ru/ai-skolkovo-dobycha-uglya-v-hakasii/> [Accessed 06/06/2019]
2. Lyutyagin D.V. et al. (2019) Transformatsiya metodicheskikh osnov upravleniya effektivnost'yu gornodobyvayushchikh predpriyatii v usloviyakh riskov sanktsionnogo vozdeistviya [Transformation of approaches to efficiency management for mining enterprises facing risks of sanctions]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 5.
3. Mel'nikov S.R. et al. (2017) Avtomatizatsiya proizvodstvennykh protsessov na gornodobyvayushchikh predpriyatiyakh s ispol'zovaniem sputnikovykh tekhnologii [Automation of production processes in mining enterprises using satellite technology]. *Gornaya Promyshlennost'* [Mining], 2, pp. 23-27.

4. «*Metalloinvest*»: *tsifrovaya transformatsiya giganta* [Metalloinvest: the digital transformation of the giant]. Available at: https://hbr-russia.ru/partner_cases/sap/metalloinvest [Accessed 06/06/2019]
5. *Na «Innoprome» dogovorilis' o razvitii robotizatsii gornoj promyshlennosti* [At Innoprom, they agreed on the development of mining robotization]. Available at: <https://rg.ru/2019/07/10/reg-urfo/na-innoprome-dogovorilis-o-razvitii-robotizatsii-gornoj-promyshlennosti.html> [Accessed 06/06/2019]
6. *Programma «Tsifrovaya ekonomika Rossiiskoi Federatsii», utverzhennaya rasporyazheniem Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 28 iyulya 2017 g. 1632-r: utv. rasp. Pravitel'stva RF ot 28 iyulya 2017 g. 1632-r* [The program “Digital Economy of the Russian Federation”, approved by order of the Government of the Russian Federation of July 28, 2017 1632-r: approved by the Government of the Russian Federation of July 28, 2017 1632-r]. Available at: <http://government.ru/govworks/614/events/> [Accessed 06/06/2019]
7. *Rudnik v tsifre: kakie tekhnologii Industrii 4.0 vybiraet gornodobyvayushchii biznes.* [The mine in numbers: what technologies of Industry 4.0 does the mining business choose?] Available at: <https://www.innoprom.com/media/letters/rudnik-v-tsifre-kakie-tekhnologii-industrii-4-0-vybiraet-gornodobyvayushchiy-biznes/> [Accessed 06/06/2019]
8. *Tsifrovizatsiya ugol'noi otrasli sposobstvuet ee effektivnomu razvitiyu – Maining. Metallurgiya. Generatsiya 2019* [Digitalization of the coal industry contributes to its effective development. Mining. Metallurgy. Generation 2019]. Available at: <http://miningmetall.com/cifrovizatsiya-ugolnoj-otrasli-sposobstvuet-ee-jeffektivnomu-razvitiyu/> [Accessed 06/06/2019]
9. *V Rossii do kontsa goda poyavitsya mekhanizm tsifrovoi trgovli metallami* [In Russia, by the end of the year, a digital metal trading mechanism will appear]. Available at: <http://newslab.ru/news/909202> [Accessed 06/06/2019]
10. Zholmagambetov T. (2018) *Tsifrovizatsiya proizvodstva – sleduyushchii etap povysheniya proizvoditel'nosti gornodobyvayushchei promyshlennosti* [Digitalization of production as the next stage in increasing the productivity of the mining industry]. *Gorno-metallurgicheskaya promyshlennost'* [Mining and metallurgical industry], 2. Available at: <http://metalmininginfo.kz/archives/5578> [Accessed 06/06/2019]