

ГОСУДАРСТВО И БИЗНЕС В СОУПРАВЛЕНИИ ЦЕПОЧКАМИ СОЗДАНИЯ СТОИМОСТИ В УГОЛЬНОЙ ОТРАСЛИ: ПРИМЕР ЦИФРОВИЗАЦИИ¹

Саблин К.С., Гоосен Е.В., Никитенко С.М.

Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, Кемерово, Россия

sablin_ks@mail.ru, egoosen@yandex.ru, nsm.nis@mail.ru

Аннотация. Работа посвящена выявлению роли государства и бизнеса в соуправлении цепочками создания стоимости в угольной отрасли в рамках процесса цифровизации. Авторы выделили частно-корпоративную и государственную модели внедрения цифровых технологий. Первая модель присуща развитым странам (Австралия, Великобритания), вторая – Китаю. В основе моделей лежит характер цепочек создания стоимости, формируемых в угольной отрасли.

Ключевые слова: угольная отрасль, государство, бизнес, соуправление, цепочки создания стоимости, цифровизация.

Введение

В настоящее время происходит активное внедрение цифровых технологий (ЦТ) во всех отраслях российской экономики. В рамках Стратегии научно-технологического развития РФ (СНТР), инициатив Национального проекта «Экономика данных и цифровая трансформация государства», Национальной технологической инициативы (НТИ) активно поддерживаются такие направления цифровых технологий как большие данные, бизнес-аналитика, промышленный интернет, цифровые двойники, безлюдные технологии и роботизация, облачные технологии, аддитивные технологии и др. Наиболее активно в эти процессы вовлечены высокотехнологичные отрасли. Угольная отрасль, как и остальные добывающие отрасли, отстают во внедрении цифровых технологий. Тем не менее эти процессы идут как на уровне всей отрасли, так и на уровне отдельных компаний. Без этого невозможно достижение технологического суверенитета отрасли. В частности, направления и механизмы цифровизации угольной отрасли детально определены в «Программе развития угольной промышленности России на период до 2035 года». Одним из наиболее актуальных направлений цифровизации выступает внедрение цифровых двойников (ЦД), которые являются частью единой цифровой системы управления компанией. Они обеспечивают максимальную отдачу от внедрения прорывных технологий и используются для оптимизации производственных процессов, эффективного управления ресурсами, обучения персонала.

Последние технологические разработки и достижения в области искусственного интеллекта (ИИ) позволили начать внедрять ЦД в компаниях, работающих в добывающих отраслях, в том числе в угольной отрасли. ЦД делают возможной автоматизацию основных звеньев цепочек создания стоимости (ЦСС), позволяют комплексно внедрять перспективные технологии разведки месторождений, селективной выемки угля, обогащения, формирования проектных угольных смесей, разрабатывать оптимальные пути доставки и переработки угля и др. При этом сама цифровизация критически трансформирует угольную отрасль, повышая ее эффективность, безопасность и экологическую устойчивость. Например, устройства и датчики интернета вещей (IoT) в оборудовании предоставляют данные в реальном времени о его состоянии и производительности. Этот объем информации анализируется с использованием передовых алгоритмов для прогнозирования отказов оборудования до их возникновения, что значительно сокращает время простоя и расходы на техническое обслуживание. Автономные самосвалы с технологией IoT оптимизируют расход топлива и сокращают человеческие ошибки. Аналогичным образом, инструменты планирования на базе ИИ помогают оптимизировать рабочие процессы, распределяя ресурсы более эффективно, повышая производительность и снижая эксплуатационные расходы.

Другой ключевой задачей в угольной отрасли является обеспечение безопасности сотрудников компаний. Безопасность остается краеугольным камнем, а цифровая трансформация предлагает инновационные способы защиты работников. Дистанционно управляемая и автономная техника позволяет операторам выполнять высокорисковые задачи с безопасного расстояния, сводя к минимуму их воздействие на опасные среды. Например, использование компанией Anglo American бульдозеров с дистанционным управлением на комплексе Carsoal в Австралии является примером этого сдвига [1]. Бульдозеры снижают риск опрокидывания и других инцидентов, связанных с безопасностью,

¹ Исследование поддержано грантом РНФ № 25-28-01232, <https://rscf.ru/project/25-28-01232/>

демонстрируя, как цифровые технологии могут спасать жизни, сохраняя при этом эффективность работы. Кроме того, носимые устройства с датчиками IoT могут контролировать жизненные показатели рабочих и условия окружающей среды, обеспечивая ранние предупреждения о потенциальных опасностях, таких как утечки газа или тепловой стресс.

Экологические соображения также стимулируют внедрение цифровых решений в угольной отрасли. Такие технологии, как цифровые двойники, или виртуальное представление физических активов, позволяют угледобывающим компаниям моделировать операции и тестировать сценарии в контролируемой среде. Такой подход снижает нарушения окружающей среды во время разведки и оптимизирует использование ресурсов. Цифровые двойники (ЦД) также используются для мониторинга потребления энергии и выбросов парниковых газов. Например, усовершенствованные имитационные модели могут выявлять неэффективность в системах вентиляции, позволяя операторам сокращать потери энергии и выбросы углерода. Такие инструменты имеют решающее значение, поскольку отрасль стремится соответствовать глобальным целям устойчивого развития, сохраняя при этом свою роль в энергетическом балансе.

В целом можно сделать вывод, что процесс цифровизации и внедрения ЦД – это достаточно длительный затратный процесс. Он идет параллельно с трансформацией ЦСС и требует перестройки всех бизнес-процессов вовлеченных компаний [2]. На всех этапах формирования и развития ЦД крайне важна кооперация и соуправление этими процессами со стороны других компаний отрасли, поставщиков оборудования и потребителей, разработчиков программного обеспечения. Важными участниками этих процессов являются инжиниринговые и научно-образовательные организации. Более того, в определении рисков, приоритетов и перспектив, стандартов развития ЦТ и ЦД крайне важно участие государства с точки зрения оказания финансовой, организационной и регуляторной помощи [3, 4].

В этой связи, цель исследования состоит в выявлении роли государства и бизнеса в осуществлении цифровизации угольной отрасли, как одной из наиболее консервативных отраслей экономики, на основе соуправления. Соуправление предполагает совместное участие государства и бизнеса в определении приоритетов развития угольной отрасли и отдельных ЦСС, а также обоюдный учет их интересов и существующих ограничений. Параллельно с формированием ЦД идет процесс создания центров цифровых компетенций (на уровне государства, компаний, отраслей), выполняющих функции институтов развития цифровых технологий. В роли таких институтов развития могут выступать органы государственной власти, специально созданные некоммерческие организации, компании-лидеры по внедрению таких технологий, смешанные консорциумы. Без этого внедрение ЦТ и ЦД может остановиться или надолго «зависнуть» на начальных этапах, так и не превратившись в эффективный источник обеспечения конкурентных преимуществ и инструмент развития компаний и отрасли в целом.

1. Зарубежный опыт внедрения ЦТ и ЦД в угольной отрасли: пример развитых стран и Китая

ЦТ и ЦД, начиная с 2000-х годов, активно внедряются в угольной отрасли. Внедрение платформ корпоративных ресурсов (ERP) позволило синхронизировать разрозненные производственные операции, корпоративные процессы и отчетность и значительно повысить эффективность. Следствием этого стали крупные инвестиции в цифровое ПО и цифровую инфраструктуру. В настоящее время специалисты выделяют четыре приоритетные ЦТ, комбинации которых играют определяющую роль в цифровой трансформации угледобывающих компаний: автономные самосвалы, интегрированные удаленные центры управления (IROC), ЦД и генеративный искусственный интеллект. Лидерами являются крупные горнодобывающие и угольные компании Австралии, США, Канады, Китая. Большая часть из них активно внедряет приоритетные технологии и находится на предпоследнем и последнем этапах цифровой трансформации и внедрения ЦД. При этом можно четко выделить две страновые модели внедрения ЦТ и ЦД в угольной отрасли: частно-корпоративную в развитых странах (BHP, Anglo American, Glencore и др.) и государственную Китай (China Shenhua Energy Company Limited, China Coal Energy Company Limited и др.). В основу выделения моделей положены характер ЦСС и уровень развития ЦТ и ЦД (см. табл. 1). Кроме того, есть группа стран, компании которых только формируют свою модель цифровой трансформации: Индонезия, Монголия, Россия. В целом, к факторам успеха выделенных моделей можно отнести высокий исходный уровень автоматизации основных и вспомогательных производств, наличие компаний-лидеров, производящих горную технику, значительный объем финансирования научных разработок в традиционной добыче угля,

значительную государственную поддержку. Все это обеспечивает технологический суверенитет этих стран и в угледобыче, и IT отраслях.

Таблица 1. Страновые модели внедрения ЦТ и ЦД в угольной отрасли

Критерий	Австралия	Китай	Россия
Модель	Частно-корпоративная	Государственная	Нет (стадия отдельных пилотных проектов)
Характер ЦСС в отрасли	Открытая, диверсифицированная по горизонтали, глобальная	Закрытая, вертикально-интегрированная	Закрытая, вертикально-интегрированная
Ориентация на рынки	Внешний рынок	Внутренний рынок	Внешний рынок
Безопасность	Превентивный мониторинг	Системы прогнозирования аварий	Локальные решения (ad hoc)
Результативность: производительность труда сокращение ФОТ в добыче сокращение запасов	+5-10% -5-10% -10 -5%	+15-20% -3-5% -10 -5%	+2-5%, часто < 0 -5-10% н/д
Основные технологии	Автономная техника, блокчейн, IoT	IoT, 5G, AI	Датчики, ГИС, ERP-системы
Уровень внедрения ЦТ и ЦД	Высокий	Средний	Низкий

Источник: составлено авторами на основе официальных отчетов и сайтов компаний, данных McKinsey, Яков и партнеры, GlobalData

В частно-корпоративной модели компании-лидеры ведут деятельность в глобальном масштабе, имеют географическую и пространственную диверсификацию, благодаря чему их ЦСС более гибкие и устойчивые. В их состав входят компании расположенные в разных частях света, которые ведут добычу, транспортировку и переработку угля, черных и цветных металлов, алмазов. В частно-корпоративной модели присутствуют сервисные, финансовые и исследовательские структуры, центры цифровизации. С другой стороны, государственная поддержка и административный ресурс позволяют снижать операционные расходы и внедрять ЦТ и ЦД государственным вертикально-интегрированным горнодобывающим и угольным компаниям Китая.

Крупнейшая горнодобывающая компания ВНР является одним из самых успешных примеров реализации открытой частно-корпоративной модели цифровизации угольной отрасли, в основе которой лежит сотрудничество глобальных компаний, при активной поддержке со стороны национального правительства (см. табл. 2). Сходной модели развития придерживаются такие компании как RIO Tinto (Австралия) и Glencore (Великобритания). Эти компании активно внедряют ЦД, ИИ, IoT, роботов и автономную технику, блокчейн для повышения операционной эффективности за счет оптимизации и автоматизации производственных процессов, снижения затрат, повышения безопасности, достижения целей устойчивого развития. В то же время, правительство Австралии играет важную роль в угольной отрасли, как на федеральном уровне, так и на уровне штатов. Оно влияет на горнодобывающие операции, регуляции и эмиссию углекислого газа. Федеральное правительство прямо не владеет угольными шахтами и не инвестирует в них, однако оно реализует политику, влияющую на отрасль, посредством правил и налогообложения. Например, правительство Австралии использует Закон об охране окружающей среды и сохранении биоразнообразия 1999 года (Закон EPBC) для защиты водных ресурсов от воздействия добычи угля. Более того, оно устанавливает национальные стандарты для угольной отрасли и других отраслей, связанных с ресурсами, включая экологические нормы и стандарты безопасности, и играет определенную роль в утверждении новых проектов по добыче угля [5].

Таблица 2. Этапы и направления внедрения ЦТ и ЦД в компании ВНР

Этапы цифровизации	Годы	Объемы инвестиций (млрд. долл. США)	Цели этапа	Пилотные проекты/приоритетные направления
Базовая автоматизация	2000–2010	1,5	Завершение автоматизации всех этапов ЦСС	Пилотные проекты по дистанционному управлению техникой (буровые установки, погрузчики).

Этапы цифровизации	Годы	Объемы инвестиций (млрд. долл. США)	Цели этапа	Пилотные проекты/приоритетные направления
IoT, Big Data и облачных вычислений. Автономные системы ИИ	2011-2015	6-7	Внедрение базовых ЦТ на основных триггерных точках	Внедрение предиктивной аналитики для мониторинга состояния оборудования.
Зеленая цифровизация	2016-2024	3-4	Создание единой цифровой экосистемы компании	Запуск Integrated Remote Operations Centre – единый центр управления добычей на основе данных. Внедрение технологий генеративного интернета.

Источник: составлено авторами на основе данных официальных сайтов BHP, CSIRO, данных международных консалтинговых агентств

Китайские угольные компании отстают по скорости и уровню внедрения ЦТ и ЦД от австралийских корпораций. Они параллельно завершают автоматизацию и внедряют локальные цифровые двойники для оптимизации процессов, повышения безопасности и снижения затрат. ЦД оборудования используются для моделирования работы горнодобывающей техники, прогнозирования отказов, увеличения срока службы. ЦД шахт и разрезов в виде 3D-модели месторождений с динамическим обновлением геологических данных планируют горные работы, управляют запасами и снижают риски. Большая часть угольных компаний Китая носит закрытый вертикально интегрированный характер, поэтому в них большую роль играют цифровые двойники инфраструктуры, которые контролируют состояние тоннелей, складов, дренажных систем и энергосетей. В рамках проекта Smart Mines появились первые умные шахты с полной цифровизацией всех основных и вспомогательных процессов. China Shenhua Energy – крупнейшая в мире угольная компания по рыночной капитализации и ключевой игрок в энергетическом секторе Китая. В рамках жесткой вертикальной интеграции она контролирует всю ЦСС. Источниками конкурентоспособности компании являются: масштаб деятельности, низкая себестоимость добычи, жесткий контроль по вертикали за всей цепочкой создания стоимости – от разведки до транспортировки, продажи и переработки с фокусом на защищенный внутренний рынок. Большую роль играет государственная поддержка. China Shenhua Energy имеет статус «национального лидера в энергетике», который позволяет компании получать государственные субсидии на проекты, льготные кредиты в государственных банках, приоритет в государственных закупках (гарантированный заказ на уголь и электроэнергию от государственных предприятий). Государство сдерживает вход иностранных компаний (Glencore, BHP) на китайский угольный рынок. Через China Energy Investment Corporation (CEIC) China Shenhua Energy активно участвует в разработке отраслевого законодательства и отраслевых стандартов. Государство предоставляет приоритетный доступ к крупнейшим угольным месторождениям и инфраструктурные преференции – строительство ж/д веток и портов за государственный счёт [6]. С другой стороны, китайское правительство является крупнейшим бенефициаром в получении крупных дивидендов от China Shenhua Energy.

Опыт China Shenhua Energy – это пример реализации закрытой преимущественно государственной модели цифровизации угольной отрасли, с ведущей ролью крупной государственной компании. При этом именно роль государства в угольной отрасли китайской экономики чрезвычайно велика. Оно выступает и как регулятор, и как ключевой игрок в ее развитии и энергопереходе. Это подразумевает контроль над инвестициями, производством и ценами, реализацию политики по решению проблемы избыточных мощностей и выбросов, а также управление отходами от угля. По замечанию ряда исследователей [7] в китайской экономике существует избыток угольных мощностей. Данный случай предлагает идеи о том, как управлять рынками природных ресурсов и энергетики. Управление угольной отраслью имеет решающее значение для Китая, поскольку он потребляет более 50% мирового годового производства угля, что одновременно подпитывает экономическое чудо в Китае и приводит к серьезному загрязнению воздуха и проблеме изменения климата [8]. Показательно, что ведущие горнодобывающие и угольные компании Китая внедряют примерно те же технологии, что и компании развитых стран, но приоритеты здесь иные. В этих компаниях ниже исходный уровень автоматизации процессов, поэтому внедрение базовых ЦТ идет параллельно с автоматизацией. От

этого нулевой, первый и даже второй этапы внедрения ЦТ и ЦД оказываются объединены. Это ведет к значительному удорожанию оперативных и инвестиционных расходов. Активное участие государства позволяет не ставить на первый план снижение этих затрат, но в обмен оно требует обеспечения безопасности и решения социальных проблем территорий базирования.

2. Опыт внедрения ЦТ и ЦД в российской угольной отрасли

Угольная отрасль России значительно уступает в цифровизации и внедрении ЦД зарубежным лидерам. Министерство энергетики РФ разработало ведомственный проект «Цифровая энергетика», затрагивающий угледобывающую промышленность [9]. В соответствии с проектом предполагается, что внедрение цифровых технологий позволит снизить операционные и капитальные затраты, обеспечить прирост добычи угля подземным и открытым способом на 5-7% в 2024 г. В качестве важного эффекта от использования цифровых технологий отмечается повышение безопасности работы на угледобывающих предприятиях. Отечественная угольная отрасль постепенно начинает формировать цифровые инструменты управления производственным процессом и повышения производительности. В целях уточнения текущего состояния в области цифровизации и внедрения ЦД в угольной отрасли в 2024 году авторами исследования был проведен опрос 10 экспертов-представителей крупнейших угледобывающих компаний, действующих в Кемеровской области. Эксперты сошлись в своих оценках на том, что российские угольные компании пока не готовы внедрять полноценные ЦД, а ЦТ внедряются пока лишь в отдельных звеньях угольных ЦСС: логистика и управление безопасностью (табл. 3).

Таблица 3. Приоритетные направления цифровизации, внедряемые в угольных компаниях России

Компания	Приоритетные направления внедрения ЦТ
АО «Русский Уголь»	Системы беспроводной передачи данных. Технологии искусственного интеллекта. Управление логистикой.
АО «Восточная горнорудная компания»	
УК «Колмар»	
УК «Кузбассразрезуголь»	Комплексные системы MES управления бизнес-процессами. Безлюдные роботизированные технологии. Цифровые двойники.
АО «СУЭК»	
Шахта «Осинниковская» Распадской угольной компании (угольные активы ЕВРАЗ)	
Разрез «Барзасское товарищество» (АО «Стройсервис»)	

Источник: составлено авторами на основе данных официальных отчетов и сайтов компаний, опроса экспертов.

Например, угледобывающая компания «Кузбассразрезуголь» (КРУ) одной из первых в отрасли стала внедрять в производство цифровые технологии. На сегодняшний день в компании действуют все базовые ЦТ, необходимые для запуска ЦД: системы беспроводной передачи данных, технологии искусственного интеллекта, развивается управление логистикой. Компания при поддержке государства приступила к внедрению локальных квази-ЦД: 3D-модель угольного разреза «Талдинский» на основе данных геологоразведочных работ, перенесла в цифровой формат все скважины, породные отвалы и перспективные для освоения участки месторождения. Эти ЦД включили в себя блочные «макеты» пластов и каркасные модели вмещающих пород, позволили интегрировать геологоразведочные данные и производственные процессы. Компания стремится создать квази-цифровые двойники всей производственной цепочки. Для этого идет оцифровка и синхронизация геолого-маркшейдерского данных, данных о производственных процессах внешней и внутренней логистике.

Интересен опыт АО «СУЭК-Кузбасс» в разработке и внедрении ЦД в форме виртуальных симуляций и тренингов для обучения работе в шахте. Компания запатентовала виртуальный тренажер «Живая шахта», который использует для обучения новых сотрудников. Помимо этого, в компании действуют ЦД горных выработок с расположенным внутри них шахтовым оборудованием. Эти 3D модели позволяют в on-line режиме проводить мониторинг и удаленно управлять его работой, корректировать действия сотрудников в процессе добычи угля. В СУЭК первым прикладным сервисом стала система управления лабораторной информацией. Следующий проект – модули контроля распределения ресурсов, материальных балансов, диспетчеризация производства, модули контроля и аналитики. В 2024 году компания приступила к переводу всех своих внутренних программ в единую систему, что позволит интегрировать все имеющиеся сервисы и создать необходимое ПО. В планах

построение и объединение на платформе системы управления производственным процессом (MES, MOM), системы мониторинга и контроля процессов и состояния оборудования (вибромониторинг, IoT-решения), системы контроля качества (LIMS), системы планирования, прогнозирования, виртуальные анализаторы и рекомендательные системы, инструменты предиктивной аналитики, диспетчерские центры.

3. Заключение

Проведенный анализ показал, что угольная отрасль постепенно включает в процессы цифровой трансформации внедрение ЦД, но они идут пока достаточно медленно. Причиной тому являются барьеры как общие для всех отраслей, так и специфичные для угольной отрасли и для России. Первый и самый главный барьер – это недостаточный уровень и высокая цена собственных цифровых технологий, нехватка ресурсов, в том числе человеческих, значительный эффект масштаба. Поэтому цифровизация более высокими темпами идет в крупных компаниях, работающих на глобальный или общенациональный рынок. Это порождает несбалансированность и неравномерность внедрения ЦТ и ЦД среди компаний и отдельных регионов. Ограниченный бюджет не позволяет многим предприятиям инвестировать в дорогостоящие программы, в результате чего откладывается осуществление многих проектов, в том числе жизненно необходимых для развития. Заказчики в стремлении к экономии средств намеренно упрощают технические требования и отказываются от использования передовых решений.

Второй барьер – отсутствие четко выстроенной модели развития угольной отрасли и стратегии ее цифровизации. На уровне всей отрасли сформировалось представление о возможных направлениях внедрения ЦТ и ожидаемых эффектах, однако четких приоритетов внедрения ЦТ и ЦД ни на уровне отрасли, ни на уровне отдельных компаний не сформулировано. Нет представлений о возможных и допустимых формах кооперации бизнес-структур между собой, с государством и научно-образовательными учреждениями. Наконец, серьезным препятствием для внедрения ЦТ и ЦД является сложность оценки реальных эффектов цифровой трансформации. В настоящее время практически отсутствуют измеримые показатели целей, методики оценки эффективности и результативности внедрения ЦТ, а перечень показателей, по которым осуществляется мониторинг и создаются рейтинги, ориентированы на развитые страны и не сбалансированы [10]. Для российских компаний эти проблемы дополняются высокой зависимостью компаний от импортного оборудования и программного обеспечения, сокращением доступа к передовым технологиям и рынкам сбыта в условиях санкционного давления.

Для преодоления этих барьеров, для обеспечения технологического суверенитета отрасли, по мнению авторов, необходимо разработать стратегию цифровизации угольной отрасли, определить ключевые субъекты, цели и механизмы. В условиях санкций и крайней зависимости от импорта производственных и цифровых технологий сделать это невозможно без активного участия государства. В России угольные компании частные, поэтому это может быть только смешанная модель внедрения ЦТ и ЦД. Инструментом ее реализации могли бы стать индустриальные центры компетенций (ИЦК) – механизм взаимодействия государства, отраслей и IT-компаний.

Литература

1. Mining's digital evolution: Delivering technology for safety and sustainability. Anglo American. <https://australia.angloamerican.com/media/press-releases/pr-2025/minings-digital-evolution-delivering-technology-for-safety-and-sustainability> (дата обращения 28.05.2025).
2. Ghahramanieisalou M., Sattarvand J. Applications of Digital Twin Technology in Productivity Optimization of Mining Operations // Applications for Computers and Operations Research in the Minerals Industries. – Rapid City, 2023. – P. 1–17.
3. Liu Q., Wang J., Qiu Z. Data as evidence: Research on the influencing factors and mechanisms of coal mine safety supervision effect in China // Resources Policy. – 2023. – Vol. 81. – P. 103643.
4. Gong W., Lewis J.I. The politics of China's just transition and the shift away from coal // Energy Research & Social Science. – 2024. – Vol. 115. – P. 103643.
5. Evans S. Squaring the circle of Australia's coal mining ambitions. <https://www.mining-technology.com/analysis/squaring-the-circle-of-australias-coal-mining-ambitions/> (дата обращения 28.05.2025).
6. Lo J. Chinese government is the biggest beneficiary of Shenhua's fat dividend. <https://asia.nikkei.com/Business/Chinese-government-is-the-biggest-beneficiary-of-Shenhua-s-fat-dividend> (дата обращения 22.05.2025).
7. Dong C., Qi Y., Nemet G. A government approach to address coal overcapacity in China // Journal of Cleaner Production. – 2021. – Vol. 278. – P. 123417.

8. *Peng B. et al.* Bibliometric and visualized analysis of China's coal research 2000–2015 // *Journal of Cleaner Production*. – 2018. – Vol. 197. – P. 1177–1189.
9. Ведомственный проект «Цифровая энергетика». <https://minenergo.gov.ru/activity/project-activities/projects/departmental-project-digital-energy> (дата обращения 22.05.2025).
10. *Курлов В.В., Косухина М.А., Курлов А.В.* Модель оценки цифровой зрелости промышленного предприятия // *Экономика и управление*. – 2022. – Т. 28. – № 5. – С. 439–451.