

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ОТНОШЕНИЙ В ЭНЕРГЕТИКЕ как фактор устойчивого развития страны

Доктор экономических наук **В.И. АБРАМОВ**,

доктор технических наук **А.В. ПУТИЛОВ**

(Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ)

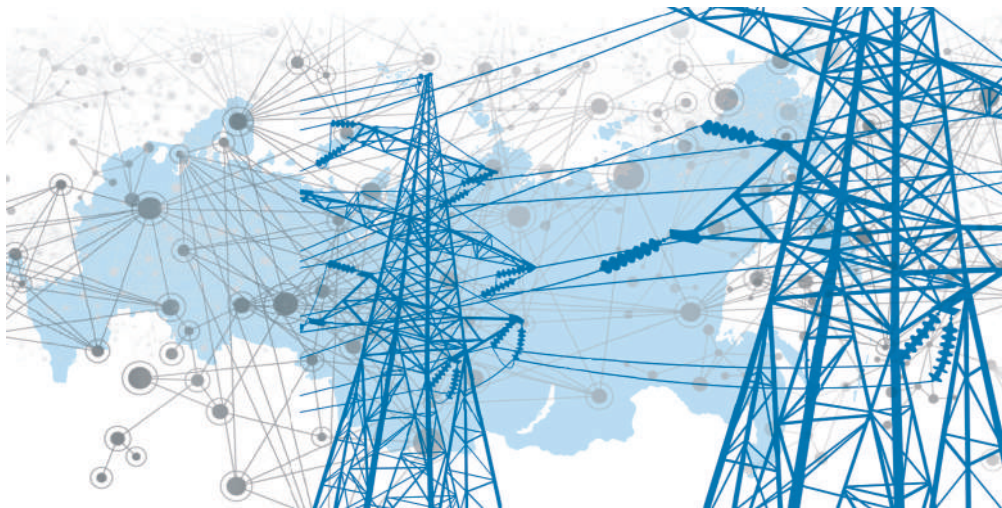
Поступила в редакцию: 18.02.2025

Принята к публикации: 24.04.2025

В статье рассматривается влияние цифровизации экономических отношений в энергетической отрасли на устойчивое развитие государства. Цифровизация в энергетике охватывает широкий круг вопросов, включая управление энергоресурсами, развитие интеллектуальных энергосетей, интеграцию возобновляемых источников энергии, автоматизацию производственных процессов и повышение качества обслуживания потребителей. Ключевые аспекты исследования: анализ текущего состояния цифровизации в энергетической отрасли и оценка влияния цифровых преобразований на ключевые аспекты развития страны. Гипотеза исследования заключается в том, что цифровизация экономических отношений в энергетике способствует повышению прозрачности, эффективности и экологичности отрасли и, таким образом, играет важную роль в достижении целей устойчивого развития.

В современном мире цифровизация становится ключевым драйвером трансформационных изменений, формируя новые подходы к управлению экономической, социальной сферой и природными ресурсами. Энергетический сектор, являющийся фундаментом экономического развития любого

государства, особенно остро нуждается во внедрении современных цифровых технологий. Такие технологии способны не только повысить эффективность использования природных и финансовых ресурсов, но и обеспечить переход к более экологически чистым и устойчивым моделям функционирования отрасли.



Цифровизация в энергетике охватывает широкий круг вопросов, включая управление энергоресурсами, развитие интеллектуальных энергосетей, интеграцию возобновляемых источников энергии, автоматизацию производственных процессов и повышение качества обслуживания потребителей. В условиях нарастающих климатических изменений и повышения требований к устойчивому развитию цифровые технологии становятся важным связующим звеном между экономическими, социальными и экологическими приоритетами.

Особую актуальность исследование возможностей цифровизации приобретает в контексте необходимости решения глобальных проблем устойчивого развития¹. Концепция устойчивого развития включает в себя интеграцию вопросов экономического роста, социальной

ответственности и сохранения окружающей среды. В связи с этим, цифровизация энергетики рассматривается как стратегический инструмент, способствующий достижению этих целей путём оптимизации использования ресурсов², минимизации углеродного следа³ и создания прозрачных, более эффективных экономических отношений⁴.

Целью данного исследования является анализ влияния цифровизации экономических процессов в энергетике на обеспечение устойчивого развития страны. В рамках работы поставлены задачи: изучить направления цифровой трансформации в энергетиче-

¹ Trusina I., Jermolajeva E., Abramov V., Gopejko V.. World development assessment in an invariant coordinate system of energy units: The newly industrialized economies perspectives // *Journal of Infrastructure, Policy and Development*. 2024. Vol. 8. No. 3.

² Иванов В.В., Путилов А.В. Цифровое будущее: следующий шаг в развитии атомных энергетических технологий // *Энергетическая политика*. 2017. № 3. С. 31–42.

³ Абрамов В.И., Власов А.В., Перфильев Д.О. Углеродный след: методы оценки, сравнение методик и перспективы расчётов в России // *Креативная экономика*. 2024. Том 18. № 8. С. 2101–2124.

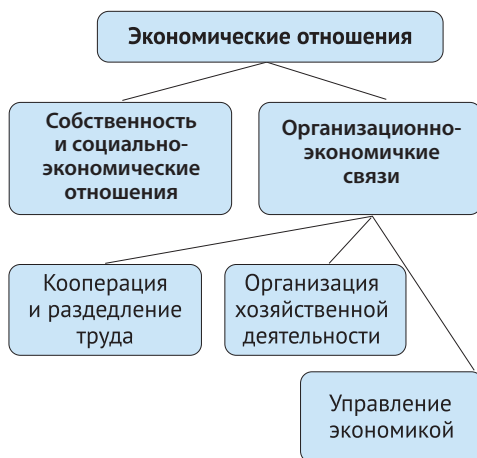
⁴ Абрамов В.И., Абрамов И.В., Путилов А.В., Трушина И. Цифровизация экономических отношений как фактор устойчивого развития стран // *Вопросы инновационной экономики*. 2023. Том 13. № 2. С. 615–635.

ской отрасли, оценить её влияние на ключевые аспекты устойчивого развития и проанализировать практические примеры, раскрывающие взаимосвязь между цифровыми решениями и устойчивостью энергетических систем.

Гипотеза исследования заключается в том, что цифровизация экономических отношений в энергетике способствует повышению прозрачности, эффективности и экологичности отрасли и, таким образом, играет важную роль в достижении целей устойчивого развития.

Теоретические основы цифровизации экономических отношений в энергетике

Цифровизация – это процесс перевода различных сфер человеческой деятельности, экономики и общественных отношений на цифровую основу с использованием современных информационно-коммуникационных технологий (ИКТ). Цифровизация включает внедрение инновационных решений, использование больших данных (Big Data), искусственного интеллекта (ИИ), интернета вещей (IoT) и других технологий для автоматизации различных процессов, повышения их прозрачности, скорости и эффективности⁵. В экономике цифровизация даёт возможность улучшить управление ресурсами, повысить производительность труда, разработать новые бизнес-модели и модернизировать целые отрасли, в том числе в энергетике – снизить



Структура современных экономических отношений

операционные издержки, повысить надёжность поставок и сократить выбросы парниковых газов. Например, в электроэнергетике цифровизация помогает интегрировать ВИЭ, что является важным шагом на пути к декарбонизации экономики⁶. В энергетическом секторе переход на цифровые технологии выражается во внедрении интеллектуальных счётчиков, цифрового мониторинга и систем управления энергопотреблением.

Экономические отношения – это система различных социальных и организационных связей между субъектами экономики (людьми, организациями, государствами и другими экономическими агентами), возникающих в процессе производства, обмена, распределения и потребления материальных благ и услуг (рисунок). Они отражают взаимодействие и взаимозависимость

⁵ Booth A., Patel N., Smith M. *Digital transformation in energy: Achieving escape velocity*. URL: <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/digital-transformation-in-energy-achieving-escape-velocity#/>

⁶ International Energy Agency (IEA). *Digitalisation. 2023*. URL: <https://www.iea.org/energy-system/decarbonisation-enablers/digitalisation>

участников экономической деятельности в рамках самых разных экономических систем (рыночной, плановой, смешанной). В условиях цифровизации экономические отношения трансформируются за счёт появления новых форм взаимодействия, таких как цифровые платформы, сетевые маркетплейсы и другие цифровые экосистемы, которые меняют традиционные структуры рынков и цепочек поставок. Организационно-экономические связи в современную эпоху подвержены воздействию и влиянию информатизации и цифровизации в гораздо большей степени, чем традиционные отношения собственности. Поэтому применение цифровых платформ, облачных технологий, систем распределённого реестра, интернета вещей и многого другого должно анализироваться с точки зрения улучшения именно этого аспекта современных экономических отношений.

Структура современных экономических отношений

Устойчивое развитие – это концепция роста и трансформации общества, экономики и экосистем, направленная на удовлетворение потребностей настоящего поколения, без ущерба для возможностей будущих поколений. Основным принципом устойчивого развития является баланс между экономической, социальной и экологической составляющими. В рамках цифровизации устойчивое развитие подразумевает использование инновационных технологий для решения экологических проблем (например, снижения углеродного следа), повышения энергоэффективности, оптимизации использования ресурсов

и поддержки экологически чистой энергетики.

“Умная” энергетика (smart energy) – это интегрированная система производства, распределения и потребления энергии, построенная на основе цифровых технологий, инновационных решений и интеллектуальных инструментов управления (например, искусственного интеллекта, машинного обучения, IoT). Она предполагает создание адаптивной, гибкой и экологически устойчивой энергетической инфраструктуры, отвечающей современным вызовам, таким как рост энергопотребления, необходимость уменьшения выбросов углекислого газа и использования возобновляемых источников энергии. Примеры “умной” энергетики включают:

- умные электросети (smart grids), адаптирующиеся к изменению спроса и предложения и минимизирующие потери энергии;
- смарт-счётчики, предоставляющие пользователям данные об использовании энергии в реальном времени;
- интеграцию зелёных технологий, способствующих устойчивому развитию энергосистем.

Именно благодаря цифровизации энергетического сектора создается “умная” энергетика, обеспечивающая более рациональное использование ресурсов и повышающая общую экономическую и экологическую эффективность энергетической отрасли.

Понятие и сущность цифровизации в энергетике

Цифровизация в энергетике представляет собой процесс внедрения цифровых технологий, инструментов

и решений для модернизации и оптимизации всех процессов в энергетической отрасли – от добычи и генерации энергии до её распределения, потребления и мониторинга. Это – комплексный переход от традиционных аналоговых технологий к цифровым системам управления и взаимодействия, целью которого является повышение эффективности, надёжности, устойчивости и экологичности энергетической системы.

Цифровизация энергетического сектора – это процесс использования информационно-коммуникационных технологий для создания интеллектуальных (умных) энергосистем с возможностью сбора, анализа и интерпретации данных в режиме реального времени, автоматизации процессов и предоставления более гибких и адаптивных решений в ответ на растущие требования общества к энергопотреблению. В широком смысле цифровизация энергетики означает внедрение таких инструментов, как интернет вещей, большие данные, искусственный интеллект, облачные вычисления, блокчейн и цифровые двойники, для формирования более цельной, взаимосвязанной, открытой, гибкой и надёжной энергетической экосистемы. Значит, цифровизация энергетического сектора – это не только изменение сугубо прикладного характера технических процессов в отрасли, но и кардинальное изменение подходов к управлению, взаимодействию с потребителями и освоению устойчивых технологий. Это не просто технологический тренд, а стратегическое направление развития, необходимое для решения современных вызовов – от удовлетворения растущего спро-

са на энергию до преодоления последствий изменения климата.

Цифровизация в корне трансформирует экономические отношения в энергетике, делая их более децентрализованными, прозрачными и взаимосвязанными. Эти изменения создают новые возможности для всех участников рынка, будь то производители, поставщики или потребители. Однако наряду с преимуществами цифровых технологий существует ряд проблем, которые необходимо разрешить, например, связанные с киберугрозами, необходимостью интеграции новых технологий с традиционными объектами инфраструктуры и адаптацией нормативно-правовой базы.

Цифровизация процессов в энергетике обеспечивает оперативный сбор и анализ огромных объёмов данных в реальном времени, что помогает быстрее реагировать на изменения спроса, сбои в производстве или транспортировке энергии. Например, использование smart-сетей (smart grids) позволяет мгновенно перераспределять нагрузки между генераторами и устранять проблемы в сети благодаря автоматическим алгоритмам обработки данных. Скорость принятия решений становится ключевым фактором успешной адаптации к изменяющимся условиям рынка и повышенному спросу на энергоэффективность.

Благодаря цифровизации увеличивается производительность энергетических компаний на всех уровнях: от добычи и генерации до распределения и потребления энергии. Использование цифровых двойников (digital twins) – виртуальных моделей энергетических систем – нацелено на оптимальное использование оборудования и сведение

к минимуму времени простоя и аварий. Интеграция IoT-устройств в системы мониторинга предполагает более полное и рациональное использование ресурсов и снижение затрат на эксплуатацию, создавая экономические преимущества вследствие более продуктивной работы каждой единицы техники.

Точное прогнозирование спроса на энергоресурсы всегда является сложной задачей для энергетических компаний. Цифровые технологии, такие как машинное обучение и алгоритмы больших данных, создают пространство для моделирования циклов энергопотребления, региональных особенностей и влияния каких-либо неожиданных факторов (например, резких изменений погоды). Благодаря точности прогнозов достигается снижение вероятности перепроизводства или дефицита электроэнергии, что значительно сокращает уровень финансовых потерь.

Объём данных, генерируемых в энергетической отрасли, стремительно растёт в результате распространения интеллектуальных счётчиков, датчиков и оборудования, подключённого к телекоммуникационным сетям. Появляются беспрецедентные возможности для анализа и оптимизации. Тем не менее, обработка больших объёмов данных одновременно вызывает необходимость в использовании высоких вычислительных мощностей, облачных технологий и принципиально новых подходов к управлению данными. Компании, владеющие этими технологиями, приобретают весомое преимущество на рынке, в максимальной степени задействовав свои знания и информационные ресурсы для разработки новых продуктов,

снижения затрат и создания персонализированных предложений для клиентов.

Современное развитие технологий и цифровизация экономики изменили концепцию собственности и характер социально-экономических отношений между производителями, поставщиками и потребителями. В этой системе формируется качественно новый уровень взаимодействия, где традиционные подходы уступают место цифровым платформам, основанным на децентрализации, прозрачности и обмене данными.

В традиционной экономике собственность – это, прежде всего, категории материальные: земля, здания, предприятия, товары, однако с развитием цифровых технологий представление о собственности расширилось и теперь включает в себя и нематериальные активы, и информационные активы. В контексте цифровизации активами часто становятся данные (данные о потреблении, поведенческие модели) или интеллектуальная собственность (патенты, технологии, алгоритмы).

Цифровые платформы, которые сегодня становятся посредниками в экономических отношениях, кардинально меняют природу собственности, вместо индивидуального владения ресурсами всё больше появляется экономических моделей совместного или временного пользования (sharing economy). Это касается автомобилей (Uber, каршеринг), жилья (Airbnb), а также энергетических ресурсов (peer-to-peer energy trading), что актуально при внедрении возобновляемых источников энергии.

Цифровая эпоха обозначила новое направление в развитии миро-

вых социально-экономических систем⁷. Постепенная трансформация организационно-экономических связей стала результатом внедрения передовых цифровых технологий, что привело к изменению и способов взаимодействия между производителями, потребителями и государственными структурами. Появление новых форм кооперации, интеллектуальных сетевых систем, растущая роль больших данных и усиление внимания к вопросам цифровой безопасности обусловили необходимость переосмысления механизмов работы экономики в XXI в.

Цифровая эпоха способствует развитию новых моделей экономических отношений, таких как потребитель-контрибьютор (prosumer), где потребители могут не только потреблять, но и производить энергию, продавая излишки обратно в сеть. Кроме того, операторы энергетического рынка теперь взаимодействуют на принципах открытого партнёрства, обмениваясь данными и технологиями ради повышения общей производительности. Формирование гибких цифровых экосистем делает энергетическую отрасль более конкурентоспособной и адаптивной к новым вызовам, таким как переход к устойчивой энергетике и углеродной нейтральности. Поэтому цифровизация энергетического сектора с использованием больших данных представляет собой серьёзный прорыв, который устранил старые барьеры и открывает

новые экономические возможности за счёт повышения скорости, производительности, точности и возможности работы с большими объёмами информационных потоков. Энергетическая отрасль становится более интеллектуальной, прозрачной и устойчивой, способной реагировать на вызовы времени и менять способы взаимодействия между её участниками. Таким образом, экономические отношения в энергетике в цифровую эпоху – это прорыв в скорости, производительности, точности и объёме больших данных.

Цифровизация является одной из ключевых движущих сил устойчивого развития общества, способствуя улучшению экономической, социальной и экологической сфер. Интегрируя цифровые технологии в различные отрасли, можно создать новые возможности для решения глобальных проблем, таких как изменение климата, социальное неравенство и экономическая нестабильность. Цифровизация способствует устойчивому развитию по трём основным направлениям: экономика, общество и окружающая среда (таблица)

Цифровизация обладает огромным положительным влиянием на устойчивое развитие и улучшение состояния экономики, социальной сферы и природной среды.

Российская энергетика находится в стадии активного перехода к цифровым технологиям, что отражается в реализации масштабных программ, таких как “Цифровая экономика Российской Федерации” и “Энерджинет” (EnergyNet), входящая в Национальную технологическую инициативу (НТИ). Основными целями цифровизации являются: повышение эффективности

⁷ Герасимов К.Б., Герасимов Б.Н., Лашманова Ю.Ю. и др. Развитие экономических систем: теория, методология, практика: монография (научное издание) / ФГАОУ ВО “Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва”. Под ред. Б.Н. Герасимова. Пенза. ПГАУ. 2024. 275 с.

**Влияние цифровизации на устойчивое развитие
(составлено авторами на основе*)**

Влияние	Основные аспекты
Экономическое влияние цифровизации Цифровизация ускоряет экономический рост благодаря развитию инноваций, повышению производительности и созданию новых бизнес-моделей.	Повышение производительности, обусловленное внедрением технологий искусственного интеллекта, аналитики данных и автоматизации технологических процессов, в результате чего компании смогут оптимизировать использование ресурсов, сократить расходы и повысить свою эффективность
	Развитие цифровых экономических платформ, так как цифровизация способствует созданию новых рынков (электронной коммерции, финансовых технологий, криптовалюты), что стимулирует рост ВВП
	Глобальная интеграция, по мере того как цифровые технологии способствуют международному сотрудничеству, облегчая организацию логистики, торговли и доступа на мировые рынки
	Поддержка малого и среднего бизнеса, поскольку цифровые инструменты, такие как онлайн-платформы и облачные технологии, позволяют малым предприятиям эффективно конкурировать с крупными корпорациями и улучшают возможности продвижения на новые рынки
Социальное влияние цифровизации Цифровизация оказывает значительное влияние на общество, повышая качество жизни, предлагая удобный и быстрый доступ к источникам информации и образовательным ресурсам и сокращая социальное неравенство.	Улучшенный доступ к образованию и информации – интернет и цифровые платформы позволяют людям обращаться к качественному онлайн-обучению, повышая общий уровень знаний и профессиональных навыков
	Улучшение здравоохранения, поскольку телемедицина, цифровая диагностика и системы управления медицинскими данными открывают доступ к эффективному медицинскому обслуживанию, особенно в удалённых районах
	Устранение цифрового разрыва, поскольку правительственные инициативы по расширению доступа к интернету и цифровым технологиям в сельских районах будут способствовать более равномерному распределению ресурсов и возможностей.
	Развитие “умных городов”, где использование цифровых решений приводит к модернизации инфраструктуры (транспорта, энергоснабжения и т. д.), повышая комфорт и безопасность городской среды.

* Абрамов В.И., Путилов А.В., Шамаева Е.В. Формирование механизмов управления устойчивым развитием экономики промышленных отраслей и комплексов // Энергетическая политика. 2023. № 2. С. 41–53; Путилов А.В., Зыкин И.А., Хуснияров М.Р. Совершенствование экономической практики реализации энергосервисных контрактов на территории России // Экономика в промышленности. 2013. № 3. С. 16–21; Абрамов В.И., Абрамов А.В., Столяров А.Д. Инновационные тренды и вызовы использования генеративного искусственного интеллекта в управлении // Муниципальная академия. 2024. № 4. С. 200–210; Столяров А.Д., Гордеев В.В., Абрамов В.И. Цифровые двойники как инструменты повышения эффективности управления компанией // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2024. № 4. С. 5–20.

Влияние	Основные аспекты
Экологическое влияние цифровизации Экологическая устойчивость – это важное направление воздействия цифровизации, и современные технологии позволяют минимизировать негативное воздействие на окружающую среду	Энергоэффективность обеспечивается благодаря применению интеллектуальных/ умных сетей и интеллектуальных систем управления энергопотреблением, которые позволяют оптимизировать использование ресурсов и сократить углеродный след.
	Экономия ресурсов, которая достигается в результате того, что цифровизация сокращает объём бумажной работы, потребление ресурсов и образование отходов благодаря интеграции цифровых процессов.
	Поддержка “зелёной” экономики по мере того, как цифровые инструменты способствуют развитию возобновляемых источников энергии, таких как солнечная и ветровая энергия, обеспечивая эффективное управление ими.
	Возможность прогнозирования и мониторинга экосистем с использованием аналитики данных и технологий интернета вещей (IoT) для контроля за состоянием окружающей среды, отслеживания уровня загрязнения и формирования прогнозов изменения климата.

эксплуатации энергетической инфраструктуры, оптимизация производства и потребления электроэнергии, создание интеллектуальных энергосистем (умных сетей), внедрение цифровых платформ и новых бизнес-моделей. Цифровизация энергетической отрасли в России находится на стадии активного развития, и, несмотря на все существующие вызовы, она имеет огромный потенциал для повышения эффективности, надёжности и устойчивости энергосистемы страны. Например, “Россети” активно внедряют умные сети, которые включают элементы интернета вещей (IoT), интеллектуальные сенсоры и системы управления энергетическими потоками. Примером является также проект “Цифровой РЭС” (распределительный электрический сетевой участок), где благодаря цифровым технологиям осуществляется полный контроль за: состоянием ин-

фраструктуры, сокращается время аварийного отключения, а также повышается эффективность распределения электроэнергии. Особенности реализации: использование интеллектуальных счётчиков и систем мониторинга, которые ведут учёт потребления электроэнергии в реальном времени, включение аппаратов дистанционного управления для оперативного устранения сбоев и автоматическое перенаправление потоков энергии в случае отключения отдельных сетей. Компания “Газпром” применяет методы машинного обучения и анализа больших данных для предиктивного (предсказательного) обслуживания. Анализируя данные о давлении, температуре, вибрации и других показателях с датчиков на газопроводах, создаются модели, предсказывающие возможные аварии и повреждения, что позволяет сокращать затраты на ремонт и сводить к минимуму

риски аварий. В результате достигается повышение надёжности работы крупных магистральных объектов и снижение времени простоя оборудования. Компания “Сибур” разрабатывает цифровые двойники своих энергокомплексов для оптимизации работы производственных мощностей. Цифровой двойник – это виртуальная модель физического объекта, которая обновляется в реальном времени с помощью данных из различных источников (датчики IoT, SCADA-системы). Полученные преимущества включают в себя возможность прогнозирования неисправностей и оптимизации работы в режиме реального времени, экономию ресурсов для проведения сложных испытаний и быстрое тестирование различных сценариев эксплуатации производственных сооружений и оборудования⁸. В целом, цифровизация в энергетическом секторе объединяет практическое применение обширного спектра новейших технологий, включая искусственный интеллект, предиктивную аналитику, средства автоматизации, цифровых двойников и системы управления данными. Приведённые выше примеры показывают, как применение интеллектуальных/умных технологий влияет на решение задач повышения производительности, снижения эксплуатационных издержек, обеспечения экологической безопасности и повышения эксплуатационной надёжности энергосистем. Однако для полноценной реализации цифровой трансформации необходимо продолжать со-

вершенствовать нормативную базу, привлекать инвестиции и развивать кадровый потенциал в области высоких технологий. Успешная цифровая трансформация этой отрасли зависит от координации усилий государства, бизнеса и научно-технического сообщества, а также от внедрения продуманной стратегии инвестиций в ключевые области цифровых технологий.

Заключение

В данной статье было рассмотрено влияние цифровизации экономических отношений в энергетической отрасли на устойчивое развитие государства. Проведённый анализ показал, что цифровизация является мощным фактором, способствующим достижению экономических, социальных и экологических целей устойчивого развития. Ключевые выводы исследования заключаются в повышении эффективности отрасли, развитии новых бизнес-моделей, обеспечении энергетической безопасности и достижении экологических целей. Полученные результаты подтверждают гипотезу о комплексном положительном влиянии цифровизации на устойчивое развитие страны. Результаты исследования могут быть использованы при разработке государственных стратегий и принятии решений на уровне предприятий. Необходимо в ближайшее время провести массовое исследование отдельных аспектов экономических отношений в энергетике, изучить отдельные примеры использования цифровых контрактов и цифровых систем, на базе обобщений результатов этих исследований сформулировать рекомендации.

⁸ Абрамов В.И., Гордеев В.В., Столяров А.Д. Цифровые двойники: характеристики, типология, практики развития // Вопросы инновационной экономики. 2024. Том 14. № 3. С. 691–716.