

УДК 316.72

**ЦИФРОВИЗАЦИЯ И ЗЕЛЕНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: ТЕХНОЛОГИИ, ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ****К.С. Майорова**

Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, Санкт-Петербург, email: ksmaiorova@mail.ru

**Аннотация.** Современный мир испытывает острую необходимость в переориентации на ВИЭ для предотвращения катастрофических последствий изменения климата и снижения антропогенного воздействия на природу. Цифровизация энергетических систем выступает главным инструментом, обеспечивающим эффективный переход на чистые источники энергии и позволяющим интегрировать их в существующие энергосети. Передовые страны, активно внедряющие цифровые технологии в зеленую энергетику, уже закрепились на первых позициях мирового рынка, продемонстрировав высокие темпы роста и инновационность. Данное исследование посвящено исследованию влияния цифровизации на развитие зеленой энергетики в РФ и мире. Рассматриваются ключевые аспекты, обусловившие актуальность данной проблематики, такие как борьба с изменением климата, снижение загрязнения окружающей среды, повышение энергетической безопасности и экономическое развитие. Особое внимание в исследовании уделено роли цифровизации в снижении стоимости зеленой энергетики, обеспечении более точного планирования и повышении эффективности использования ВИЭ. Приводится глубокий анализ факторов, способствующих интеграции цифровых продуктов и технологий в существующую энергетическую инфраструктуру, также обозначены проблемы и вызовы на пути данного процесса. Автор подчеркивает важность правильного понимания динамики инвестиций в зеленую энергетику и цифровой трансформации, показывая, как изменения в структуре инвестиций и технологиях создают предпосылки для устойчивого развития. Отмечается, что цифровизация открывает возможности для повышения энергоэффективности, удобства и прозрачности энергораспределения, а также формирует основы для перехода к новой модели энергосбережения и устойчивого развития. В заключение предлагается ряд выводов и практических рекомендаций, направленных на решение выявленных проблем и дальнейшее продвижение цифровизации зеленой энергетики в РФ.

**Ключевые слова:** цифровизация, зеленая энергетика, сотрудничество, РФ, трансформация, экономика инноваций.

**DIGITALIZATION AND GREEN ENERGY: TECHNOLOGIES, PROBLEMS, PROSPECTS****K.S. Maiorova**

St. Petersburg State Maritime Technical University, St. Petersburg, email: ksmaiorova@mail.ru

**Abstract.** The modern world is in urgent need of reorientation to renewable energy sources (RES) to prevent the catastrophic consequences of climate change and reduce anthropogenic impact on nature. Digitalization of energy systems is the main tool that ensures an effective transition to clean energy sources and allows them to be integrated into existing energy networks. Advanced countries that are actively introducing digital technologies into green energy have already gained a foothold in the first positions of the world market, demonstrating high growth rates and innovation. This study is devoted to the study of the impact of digitalization on the development of green energy in the Russian Federation and the world. Key issues that have made this issue relevant are considered, such as combating climate change, reducing environmental pollution, improving energy security and economic development. The study pays particular attention to the role of digitalization in reducing the cost of green energy, ensuring more accurate planning, and increasing the efficiency of renewable energy sources (RES) utilization. A deep analysis is provided of the factors contributing to the integration of digital products and technologies into existing energy infrastructure, and the challenges and obstacles on the path of this process are identified. The author emphasizes the importance of correctly understanding the dynamics of investment in green energy and digital transformation, showing how changes in the structure of investments and technologies create prerequisites for sustainable development. It is noted that digitalization opens opportunities for improving energy efficiency, convenience and transparency of energy distribution, and forms the basis for the transition to a new model of energy saving and sustainable development. In conclusion, several conclusions and practical recommendations are proposed aimed at solving the identified problems and further promoting the digitalization of green energy in the Russian Federation.

**Keywords:** digitalization, green energy, cooperation, RF, transformation, innovation economy.

Дата поступления статьи в редакцию: 20.11.2025

Дата принятия статьи в печать: 22.12.2025

**Введение**

Современные тренды характеризуются активными процессами цифровизации и внедрением ее технологий и продуктов, гарантирующих повышение всеобщей эффективности, снижение временных и других видов затрат, оптимизацию внутренних и внешних процессов и т.д. Так цифровизация становится ключевым фактором, даже двигателем трансформации приоритетных отраслей народного хозяйства, включая энергетическую инфраструктуру. Особое значение данные тенденции приобретают для зеленой энергетики, где инновационные технологии и цифровые продукты и решения играют важную роль в повышении эффективности производственных процессов возобновляемых источников энергии (ВИЭ), снижении их себестоимости и обеспечении устойчивости энергосбережения.

Вопрос о важности перехода на возобновляемые источники энергии стоит остро на протяжении нескольких десятилетий перед экономикой развитых стран мира. Переход на зеленую энергетику крайне важен для решения глобальных экологических проблем, с которыми мир сталкивается, а именно: изменение климата, загрязнение окружающей среды и истощение природных ресурсов. Основные аспекты, которые являются наиболее важными для зеленой энергетики, представлены далее [1]:

1. Борьба с изменением климата. Значительное сокращение эмиссии парниковых газов, которые оказывают негативное воздействие на климатическую систему нашей планеты, возможно благодаря ВИЭ. Например, использование солнечных и ветровых установок предотвращает образование больших объемов CO<sub>2</sub>, характерных для традиционного топливно-энергетического комплекса.

2. Снижение уровня загрязнения воздуха и водных ресурсов. Использование традиционных видов топлива, которые включают в себя уголь и нефтепродукты, сопровождается загрязнением атмосферы и водных ресурсов, что впоследствии оказывает отрицательное влияние на состояние здоровья человека и функционирование природных экосистем. Переход на зеленую энергетику с элементами цифровизации позволит существенно снизить негативную нагрузку человеческой активности на природу.

3. Энергетическая безопасность и независимость. Активное использование ВИЭ позволяет достичь определенного уровня независимости от импорта/экспорта разного вида сырья, особенно нефтепродуктов и природного газа. Так достигается энергетическая независимость государств и минимизируются разнообразные виды затрат.

4. Экономический рост и создание рабочих мест. Повсеместное внедрение цифровых продуктов и технологий в отрасль зеленой энергетики инициирует необходимость в новых рабочих местах, что впоследствии стимулирует экономический рост и повышение конкурентоспособности отрасли на международной арене посредством увеличения потока инвестиций в инновационную инфраструктуру.

Цифровизация играет ключевую роль в более активном переходе на зеленую энергетику, обеспечивая эффективность, надежность и доступность инновационных технологий и цифровых продуктов. Ключевые направления влияния цифровизации на развитие отрасли зеленой энергетики это [2,3]:

1. Управление энергосетью («smart grid»). Продукты и технологии цифровизации дают возможность создавать интеллектуальные сети («smart grid»), которые обеспечивают оптимальное распределение электроэнергии между всеми участниками процесса, в том числе и потребителями. «Умные» датчики и алгоритмы ИИ помогают балансировать нагрузки и оперативно реагировать на изменения спроса и предложения энергии. Это важно для интеграции нестабильных источников, таких как солнечная и ветряная энергии, зависящие напрямую от погодных условий. Например, в Германии «умные» электросети используют цифровые решения для оптимизации производства и распределения электроэнергии, позволяя эффективно интегрировать большие объемы возобновляемой энергии.

2. Прогнозирование и мониторинг. Инновационные технологии и цифровые инструменты позволяют наиболее точно предсказывать объемы производства энергии из возобновляемых источников. Используя спутниковые снимки, метеорологические модели и исторические данные, высококвалифицированные специалисты могут заранее определить уровень выработки энергии, что в будущем помогает грамотно выстроить планирование потребления и оптимизацию работу сетей.

3. Оптимизация процессов эксплуатации и обслуживания. Искусственный интеллект и Big Data (аналитика больших данных) применяются для мониторинга состояния оборудования и выявления потенциальных неисправностей, что позволяет проводить профилактическое обслуживание и минимизировать простой оборудования, увеличивая срок службы технологий и оборудования, необходимых для ВИЭ.

4. Инновационные бизнес-модели. Цифровые платформы и приложения способствуют развитию децентрализованных моделей энергоснабжения, включая локальное производство и торговлю энергией среди домохозяйств и предприятий. Такие цифровые продукты, кроме того, поддерживают реализацию концепции микрогридов, которые позволяют объединять небольшие сообщества для совместного пользо-

вания возобновляемой энергией. Примером успешного взаимодействия являются проекты распределенных энергетических платформ в Европе, где жители совместно инвестируют в установку солнечных панелей и получают прибыль от продажи излишней энергии, которая направляется обратно в общую энергосеть.

5. Повышение энергоэффективности. Цифровые устройства и системы управления энергопотреблением позволяют существенно повысить энергоэффективность зданий, объектов промышленности и логистики. Датчики и «умные» счетчики контролируют расход энергии и предлагают рекомендации по экономии, сокращая общие затраты на электроэнергию.

Актуальность внедрения зеленой энергетики и ее цифровизации для российской экономики обусловлена несколькими ключевыми факторами, которые отражены в таблице 1. Российская Федерация обладает огромными территориями и разнообразием климатических зон, подверженных изменениям климата. Соответственно развитие зеленой энергетики позволит сократить эмиссию парниковых газов и уменьшить воздействие антропогенного фактора на природу. Цифровизация, в свою очередь, обеспечит эффективное управление «умными» сетями, повышение надежности и устойчивости энергетической инфраструктуры перед лицом экстремальных погодных явлений [4].

Таблица 1

**Факторы актуальности внедрения цифровых продуктов и технологий в зеленую энергетику для российской экономики**

№	Фактор	Описание
1	Экологическая ситуация и климат	Уменьшение воздействия на природу путем сокращения выбросов парниковых газов; Повышение устойчивости энергетической инфраструктуры благодаря цифровизации
2	Энергетическая безопасность и диверсификация экспорта	Диверсификация экспорта и снижение риска потерь вследствие уменьшения спроса на традиционные энергоносители; Потенциал РФ стать лидером рынка водорода, произведенного из возобновляемых источников
3	Экономические выгоды и инвестиционная привлекательность	Рост ВВП и привлечение международных инвестиций; Улучшение качества и доступности энергоресурсов для потребителей
4	Технологический прогресс и лидерство в науке	Стимулирование научного прогресса и подготовки квалифицированных кадров; Возможность занять лидирующее положение в технологиях накопления энергии, водородной экономике и др.
5	Социальная справедливость и устойчивое развитие	Обеспечение равного доступа к недорогой и качественной энергии; Укрепление доверия граждан к власти и формирование положительного имиджа РФ
6	Международные обязательства и дипломатические преимущества	Выполнение обязательств по борьбе с изменением климата и улучшение международного положения РФ; Участие в крупных международных проектах и расширение круга стратегических партнеров

Традиционно наша экономика зависит от доходов от экспорта углеводородов (нефти и газа). Однако мировые тенденции таковы: постепенно лидирующие экономики стран мира активно двигаются к низкоуглеродному будущему, снижая спрос на традиционные энергоносители. Это создает риск потери конкурентоспособности и упадка ключевых отраслей российской экономики. Переход на возобновляемую энергию дает возможность диверсифицировать экспорт, создав новое направление для международного сотрудничества и торговли технологиями зеленой энергетики. Так, РФ обладает потенциалом стать крупным производителем и экспортером водорода, произведенного из возобновляемых источников, что создаст дополнительные возможности для роста ВВП и повышения занятости [5]. Кроме того, внутренняя модернизация электроэнергетики с использованием современных цифровых решений повысит стабильность и качество энергоснабжения внутри страны, снизив зависимость регионов от традиционных видов топлива.

Использование возобновляемых источников энергии и внедрение инновационных технологий открывает широкие перспективы для экономического роста и привлечения инвестиций. Создание крупных проектов по производству и хранению чистой энергии привлечет международные инвестиции и укрепит позицию РФ на мировом рынке экологически чистых технологий. Помимо прямого эффекта на экономику, цифровизация отрасли повышает производительность труда, улучшает качество услуг и расширяет доступ потребителей к недорогим и надежным источникам энергии. Примеры успешных проектов цифровой энергетики, реализуемых в ряде европейских государств, показывают высокий потенциал долгосрочного роста и увеличения производительности в соответствующих отраслях промышленности.

Развитие возобновляемой энергетики требует высоких компетенций в сфере инженерии, материаловедения, химии и физики. Внедрение цифровых технологий поднимает требования к уровню образования и квалификации кадров, стимулируя развитие научно-исследовательской сферы и образование нового поколения высококвалифицированных инженеров и ученых. Это способно укрепить позиции РФ в технологической гонке и обеспечить лидирующую роль в разработке перспективных технологий будущего, таких как водородная экономика, накопление энергии и умные сети. Например, российские научные центры уже работают над созданием высокопроизводительных аккумуляторов и эффективных фотопреобразователей, которые могут вывести страну в число лидеров в области экологически чистого производства энергии.

Обеспечение доступности дешевой, качественной и чистой энергии для населения нашей страны является одним из приоритетов социальной политики РФ. Применение цифровых продуктов и технологий в управлении энергетическим комплексом дает возможность повысить точность расчетов тарифов, создать прозрачные механизмы ценообразования и обеспечить доступ к энергетическим ресурсам в равных долях каждому члену общества. Реализация государственных программ поддержки региональных инициатив в области зеленой энергетики укрепляет социальную сплоченность и доверие граждан, одновременно формируя положительный имидж страны на международной арене. Активное участие РФ в международных программах борьбы с изменениями климата и в переходе на чистые источники энергии улучшают репутацию нашего государства на мировой арене и формируют перспективы для участия в крупных международных проектах. Приверженность принципам Парижского соглашения и другим международным обязательствам повысит доверие партнеров и инвесторов, создавая благоприятные условия для дальнейшего расширения экономических связей.

Подводя итог к вышеизложенному, отметим, что цифровизация является важным элементом устойчивого роста и модернизации отрасли зеленой энергетики, которая обеспечивает прозрачность, контроль и устойчивость функционирования всей энергетической инфраструктуры, повышая, таким образом, надежность поставок и создавая условия для быстрого масштабирования экологически чистых источников энергии. Переход на цифровую зеленую энергетику представляет собой важный стратегический шаг для укрепления национальной экономики нашей страны, повышения качественного уровня жизни населения и сохранения экологической инфраструктуры для будущих поколений. В современных условиях стремительного изменения мирового уклада этот путь становится не просто возможным вариантом, а необходимым условием процветания современной экономики РФ и ее ключевых отраслей народного хозяйства.

### **Цель исследования**

Исходя из вышеизложенного сформулируем цель настоящего исследования, которая направлена на выявление особенностей видоизменения отрасли зеленой энергетики, как одной из ключевых и приоритетных отраслей развитых стран мира, посредством внедрения во внутренние процессы и практического использования цифровых продуктов и технологий. Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд следующих задач:

- дать характеристику актуальному состоянию развития зеленой энергетики в условиях глобальных процессов цифровизации;
- рассмотреть современное состояние и тенденции по вопросу инвестирования в цифровизацию зеленой энергетики;
- выявить причины увеличения инвестиций в зеленую энергетику в условиях цифровизации;
- изучить влияние цифровой трансформации на стоимость зеленой энергетики;
- отражены проблемы и вызовы, выявленные при анализе интеграционных процессов, которые возникают при цифровизации существующих энергетических структур;
- сформулировать практические рекомендации для более стремительного и качественного развития зеленой энергетики в условиях цифровой трансформации.

### **Материал и методы исследования**

Выполненное исследование проводилось на основе научных трудов и материалов по вопросам, посвященным рассмотрению особенностей развития отрасли зеленой энергетики в современных условиях повсеместного внедрения инновационных технологий, цифровых продуктов и инструментов. В результате всестороннего анализа научных публикаций и трудов по тематике исследования, автором было сформулировано несколько гипотез, а именно:

- цифровизация существенно снижает стоимость зеленой энергетики, повышая эффективность производства и потребления энергии;
- интеграция цифровых продуктов и инструментов в существующую энергетическую структуру сопровождается значительными вызовами и ограничениями;
- развитие зеленых технологий в условиях цифровой трансформации потенциально может привести к укреплению безопасности энергетической отрасли и повышению конкурентоспособности РФ на международной арене.

### **Результаты исследования**

Переход на ВИЭ становится ключевым фактором сохранения экологической инфраструктуры и обеспечения устойчивости для будущих поколений. Параллельно с данными процессами возрастает роль цифровых продуктов и инструментов, которые способны усовершенствовать зеленую энергетику, как сложнокомпонентную отрасль, сделать ее более надежной и экономически эффективной.

Современный мир регулярно сталкивается с серьезными климатическими проблемами, с истощением полезных ископаемых, с загрязнением экологии. Преодоление упомянутых трудностей требует кардинально нового подхода и метода, которые будут включать в себя активное использование инновационных технологий и цифровых продуктов, решений и инструментов. Данная комплексность позволит направить максимальные усилия на решение следующих первостепенных задач [6]:

Увеличение спроса на чистую энергию. Современное общество потребляет огромное количество энергии, и для того, чтобы в полной мере удовлетворить растущую потребность, необходимы качественно новые способы производства и распределения электроэнергии из ВИЭ.

Целесообразность сокращения выбросов CO<sub>2</sub>. Сокращение выбросов углекислого газа в атмосферу является приоритетной задачей уже на протяжении нескольких десятилетий, поскольку слишком высокий уровень его концентрации приводит к необратимым изменениям климата.

Экономический аспект. Переход на технологии зеленой энергетики становится выгодным с позиции экономико-финансовой эффективности в первую очередь, а также за счет грамотного планирования и оптимизации расходов на эксплуатацию зеленой энергетики.

Далее рассмотрим современное состояние и тенденции по вопросу развития отрасли зеленой энергетики в условиях цифровизации и процессов инвестирования [7]. Например, КНР является лидером по части инвестиций в зеленую энергетику, ведь только за последние два десятилетия общий объем их вложений увеличился более чем в 60 раз, в 2025 году КНР вложила инвестировала в солнечную, ветровую и гидроэнергетику, а также в атомную энергетику, электромобили и аккумуляторы. Таким образом, доля КНР в объеме общемировых инвестиций в отрасль зеленой энергетики увеличилась с 25% до почти 33%. Страны ЕС также активно участвуют в инвестировании проектов в сфере ВИЭ. Некоторые страны ЕС проводят аукционы по вопросу строительства офшорных ветропарков, демонстрируя тем самым свою готовность привлекать крупные инвестиции в данный вид деятельности. Страны ЕС стабильно и последовательно инвестируют развитие отрасли зеленой энергетики, причем их доля в общемировом объеме инвестиций практически равна доли КНР, что подтверждает серьезность в достижении целей, обозначенных отраслью зеленой энергетики.

Государства-экспортеры нефтепродуктов Персидского залива осваивают рынок зеленых технологий в течение последних нескольких лет, однако уже достигнуты значительные успехи, например, они внедряют крупные проекты солнечных электростанций и планируют производство зеленого водорода и аммиака на экспорт. Среди же азиатских гигантов выделяется Индия, которая увеличила уровень инвестиций примерно в 50 раз за последние два десятилетия, что демонстрирует достаточно высокий потенциал региона на спрос чистой энергии. Индия наращивает мощности в солнечной энергетике, системах хранения энергии, кроме того, стремится к уменьшению своей зависимости от угля.

В свою очередь, Египет привлекает в основном международные инвестиции для реализации амбициозных планов по строительству солнечных и ветровых электростанций, направленных на повышение доли возобновляемой энергии до 42% к 2030 году. Таким образом, упомянутые страны играют ключевую роль в переходе мирового сообщества к углеродно-нейтральной экономике и снижают риски зависимости от полезных ископаемых ресурсов.

Увеличение объема инвестиций в отрасль зеленой энергетики обусловлено решением ряда важных политических вопросов, таких как необходимость соблюдения признанных международных соглашений по охране окружающей среды и борьбе с последствиями климатических изменений. Технологическое развитие играет решающую роль в росте инвестиций, поскольку оно обеспечивает доступ к эффектив-

ным управленческим и стратегическим решениям, повышающим рентабельность проектов ВИЭ и расширяя диапазон применяемых технологических решений.

Потребительский спрос оказывает крайне сильное воздействие на рыночную инфраструктуру, поскольку потребители становятся более сложными клиентами, более осознанными в выборе экологически чистой продукции и товаров. Государственная политика играет важнейшую роль в увеличении объемов инвестиций в ВИЭ, устанавливая при этом цели, нормативы и методы финансовой поддержки, которые окажутся способными для привлечения бизнеса и стимулирования к расширению рынка ВИЭ. Инвестиции в отрасль зеленой энергетики неизменно растут, и большинство развитых стран признало необходимость диверсифицировать энергообеспечение и уменьшить воздействие антропогенного давления на окружающую среду.

Цифровая трансформация оказывает глубокое влияние на стоимость отрасли зеленой энергетики [8], существенно изменяя экономические показатели производства и потребления энергии (табл. 2). Например, использование цифровых двойников и виртуального моделирования позволяет специалистам проектирования провести детальный анализ конструкции и работоспособности объектов ВИЭ еще до начала строительства. Это в каком-то смысле оберегает отрасль от ошибок, которые могут привести к лишним затратам и увеличению сроков реализации готовой продукции. Используя удаленные сенсоры и Интернет вещей (IoT), операторы могут осуществлять постоянный контроль за состоянием оборудования и получать уведомление о любых отклонениях от нормативных показателей. Предупреждение поломок и предотвращение остановок производственных процессов снижает потребность в частых обращениях к техническому персоналу, минимизирует вынужденные простои и снижает эксплуатационные расходы.

Таблица 2

#### Влияние цифровых продуктов и технологий на стоимость отрасли зеленой энергетики

Аспект	Преимущества	Примечания
Снижение капитальных затрат	Оптимизация проектирования, стандартизация, автоматизация	Проектирование, строительство и установка объектов ВИЭ становятся дешевле и быстрее за счет использования цифровых инструментов
Снижение операционных расходов	Удаленный мониторинг, предиктивный анализ, energy management	Снижаются затраты на техническое обслуживание и ремонты, повышается эффективность использования энергии
Увеличение производительности	Оптимизация размещения, повышение КПД, снижение потерь	Выработка энергии увеличивается за счет оптимального выбора мест установки и улучшенного коэффициента полезного действия
Повышение инвестиционной привлекательности	Понижение рисков, открытость, удобство инвестирования	Проекты становятся менее рискованными и привлекают больше инвестиций, снижая стоимость заимствования
Снижение стоимости хранения энергии	литий-ионные батареи и аккумуляторы, flywheel storage, hydrogen fuel cells	Новые способы и методы хранения энергии, управляемые цифровыми системами, уменьшают издержки и улучшают доступ к зеленым источникам
Эффект масштаба	Массовое внедрение и разделение постоянных затрат	Чем больше внедряются объекты ВИЭ, тем ниже себестоимость каждого дополнительного проекта

Решающее значение для эффективности деятельности устройств и оборудования отрасли зеленой энергетики имеет правильно выбранное местоположение. Современные технологии и инструменты позволяют учитывать топографию местности, скорость и силу ветра, инсоляцию и др., что дает возможность достичь максимальной мощности выработки чистой энергии, а это в свою очередь приводит к увеличению экономико-финансовых показателей и KPI проектов. Использование цифровых продуктов и инструментов позволяет потенциальным инвесторам провести более качественную оценку возможных рисков и доходности. Достоверная финансовая отчетность и особенности процессов облегчают принятие серьезных инвестиционных решений, стимулируя приток частных инвестиций и упрощая финансирование проектов, так как при таких условиях процессы являются более прозрачными, и принятие решений становится более обоснованным.

Например, аккумуляторы становятся наиболее популярными элементами энергетических комплексов, основанных на ВИЭ. Цифровизация производственного процесса литий-ионных батарей, аккумуляторов и других устройств дает возможность повысить емкость и долговечность, одновременно снижая стоимость хранения одной единицы энергии.

При массовом внедрении зеленой энергетики наблюдается внушительное уменьшение средних затрат на единицу установленной мощности, тогда как при традиционном подходе снижается цена каждого последующего объекта, позволяя при этом экономить на обучении сотрудников, логистической и закупочной деятельности. Снижение стоимости ВИЭ делает ее привлекательной с точки зрения финансового аспекта и без субсидий и льгот. Получается, что чем меньше национальная экономика будет зависеть от таких ресурсов, как уголь, нефтепродукты и природный газ, тем сильнее будет сокращаться углеродный след и негативное воздействие на экологию. В совокупности все эти факторы инициируют процесс интеграции в международное сообщество, а именно к международным соглашениям по экологическому вопросу.

Цифровые продукты и технологии в конечном итоге снижают стоимость ВИЭ, что делает ее потенциально доступнее и конкурентоспособнее. Цифровая трансформация видоизменяет проекты отрасли зеленой энергетики, которые становятся более эффективными, оптимальным решением для инвесторов – все это в совокупности инициирует активный рост отрасли [9].

Интеграция цифровых продуктов и технологий в существующие энергетические структуры – это сложный и многогранный процесс, сопровождающийся рядом проблем и вызовов, что отражено в таблице 3. Стоимость внедрения цифровых продуктов и инструментов высока, при этом нехватка финансовых ресурсов вынуждает многие организации и предприятия откладывать модернизацию своей внутренней структуры. В связи с чем необходимо искать способы эффективного финансирования проектов, возможно, через государственные субсидии и частные инвестиции.

Таблица 3

**Проблемы интеграции цифровых продуктов и технологий в существующие энергоструктуры**

Категория проблемы	Подкатегория	Суть проблемы
Финансовая сторона вопроса	Высокая стоимость; Отсутствие должного финансирования	Значительные первоначальные затраты на покупку оборудования, ПО и обучение персонала. Недостаточное бюджетирование на обновление ИТ-инфраструктуры
Кадры	Недостаток специалистов; Необходимость переквалификации	Нехватка опытных специалистов, способных качественно внедрять цифровые технологии. Требуется дополнительное обучение старых сотрудников, что замедляет процесс внедрения
Физическая инфраструктура	Старая техника; Неблагоприятные условия эксплуатации	Устаревшие производственные линии не совместимы с современными цифровыми решениями. Жесткие климатические условия негативно влияют на функционирование цифровой аппаратуры
Информационная безопасность	Опасность кибератак; Требования к защите данных	Повышается угроза взломов и утечек данных при подключении к внешним сетям. Сложности в соблюдении нормативных требований защиты коммерческой тайны и личной информации пользователей
Юридические и регулятивные проблемы	Нормативные ограничения; Медленное прохождение разрешительных процедур	Законы часто не успевают адаптироваться к новым технологиям, вызывая правовые конфликты. Долгое оформление документации тормозит интеграцию цифровых решений
Технические проблемы	Интеграция систем; Ограниченные мощности	Трудности сопряжения старого оборудования с новыми цифровыми технологиями. Низкая пропускная способность каналов передачи данных ограничивает масштабы внедрения
Психологические и культурные барьеры	Страх перемен; Невозможность быстро перестроиться	Сотрудники опасаются трудностей и возможных ошибок при освоении новых технологий. Коллективы медленно адаптируются к нововведениям, предпочитая старые проверенные методы
Внешняя среда	Географические особенности; Транспортные и логистические проблемы	Климатические условия ряда районов затрудняют эксплуатацию цифровой аппаратуры. Проблемы доставки оборудования в труднодоступные регионы увеличивают расходы

Недостаточное количество подготовленных на должном уровне специалистов тормозит своевременные процессы цифровой трансформации. Программы повышения квалификации и профессиональной переподготовки, привлечение молодых специалистов – все это необходимо активно развивать. Большинство действующих предприятий оснащены устаревшим оборудованием, которое необходимо модернизировать было еще несколько десятков лет назад. Однако недостаточное финансирование и инвестирование, невнимательность руководства помешали преодолению данных препятствий на пути к программе постепенного обновления производственных мощностей.

При подключении «умных» датчиков, оборудования и других агрегатов в единую сеть возникает угроза утечки данных, что в свою очередь инициирует приоритезацию вопросов кибербезопасности

как со стороны предприятия, так и со стороны законодательства. Технологии и трансформации протекают гораздо быстрее во временном отношении по сравнению с рассмотрением и принятием тех или иных законодательных актов и федеральных законов, поэтому крайне важно, чтобы отечественные законодательные инициативы, направленные на упрощение процедур согласования цифровых реформ, рассматривались и принимались в более ускоренном темпе, но качество работы над ними не снижалось.

Часто возникает проблема соединения старой производственной базы с современными цифровыми инструментами. Решение кроется в создании гибких модульных систем, легко интегрируемых в существующий парк оборудования. Работники склонны сопротивляться изменениям, считая их лишними или трудными. Важную роль играют мотивация и разъяснительная работа, направленная на осознание сотрудниками преимуществ цифровизации. Значительную проблему представляет доставка оборудования и специалистов в труднодоступные районы страны, характеризующиеся тяжелыми погодными условиями. Нужно решать логистические вопросы и обеспечивать качественную доставку компонентов и запасных частей. Успешная интеграция цифровых продуктов и инструментов в российскую энергетическую отрасль возможна при решении целого ряда вопросов, которые касаются финансирования, подготовки кадров, кибербезопасности, юридического сопровождения, технологической инфраструктуры [10]. Только комплексное и последовательное устранение отмеченных препятствий позволит добиться реального успеха в процессе цифровой трансформации отрасли зеленой энергетики.

### **Выводы**

В результате проведенного анализа и решения поставленных задач в начале настоящего исследования сформулируем ключевые выводы. Подводя итог, автор отмечает, что перспективы развития отрасли зеленой энергетики в условиях цифровизации тесно взаимосвязаны с целым набором факторов, влияющих на энергетическую инфраструктуру. Именно внедрение цифровых продуктов и инструментов, инновационных решений позволяет ускорить темпы освоения ВИЭ, сделать их более доступными и экономически целесообразными:

- цифровизация ускоряет темпы развития и внедрения ВИЭ, повышая тем самым эффективность и устойчивость отрасли зеленой энергетики;
- цифровые технологии и инструменты позволяют получить следующие преимущества, а именно: повышенная эффективность работы оборудования, планирования и проектирования; гибкость в регулировании подачи энергии;
- цифровая трансформация видоизменяет традиционные подходы в управлении энергетической инфраструктурой, тем самым формируя перспективные направления деятельности: качественные новые рынки энергетики, новые формы международного сотрудничества и т.д.;
- помимо имеющихся преимуществ, цифровая трансформация отрасли зеленой энергетики инициирует появление, а в некоторых случаях укрепление существовавших в отрасли недостатков: кибербезопасность, стабильность работы отрасли зеленой энергетики, продолжающееся ухудшение климата.

Отмеченные перспективы и проблемы позволяют сформулировать некоторые практические рекомендации. Во-первых, разработка и запуск специализированных практико-ориентированных курсов, повышений квалификации, программ переподготовки, которые будут направлены на специализированную и высококачественную подготовку сотрудников, категория которых будет способна взаимодействовать с цифровыми продуктами и инструментами, инновационными технологиями, аналитическими программными продуктами. Во-вторых, требуется серьезный пересмотр текущих стандартов, регламентов и инструкций по кибербезопасности, внесение в них изменений, обновление нормативно-правовой и законодательной базы, в целом всего документированного комплекса. В-третьих, необходимо дополнительное стимулирование малого и среднего бизнеса совместно с предоставлением льготных налоговых начислений и др. дотаций со стороны государства, что в совокупности позволит расширить границы использования ВИЭ и даст дополнительный импульс к научно-исследовательской работе по улучшению свойств и функционала существующих технологий и разработок и созданию принципиально новых приспособлений и устройств. Дополнительно к этому остро стоит вопрос взаимовыгодного международного сотрудничества, включающего в себя коммуникацию с партнерами и контрагентами. Цифровая трансформация в современных реалиях выступает главным инструментарием реализации перспективных направлений развития отрасли зеленой энергетики. Потенциальные проблемы и вызовы, с которыми отрасль может столкнуться при переходе на цифровой путь развития, вполне решаемы. Очевидные преимущества требуют поддержки со стороны государства, общества и предпринимательства, чтобы дальнейшее сотрудничество и эффективный менеджмент позволили национальной экономике РФ укрепить свои позиции на международном рынке отрасли зеленой энергетики, вносить вклад по решению вопросов сохранения экологии и продолжать развитие цифрового стратегического взаимодействия инноваций и ВИЭ.

## Литература

1. Цифровой переход в электроэнергетике России. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.csr.ru/ru/research/tsifrovoy-perehod-v-elektroenergetike-rossii/> (дата обращения 23.10.2025).
2. Афанасьев А.А. Цифровизация в промышленности: варианты подходов к изучению и методология исследования // Вопросы инновационной экономики. 2023. Т. 13, № 3. С. 1395-1414. DOI: 10.18334/vines.13.3.118927.
3. Воробьев А.А., Горячева Я.А. Цифровизация как основа перехода к зеленой энергетике // Журнал прикладной экономики и менеджмента. 2023. № 1. С. 15-24.
4. Гареев Р.Х., Козлова О.В. Пути цифровизации российской энергетики // Экономика и право. 2022. № 2. С. 56-68.
5. Гриценко Е.А., Кириченко А.О. Проблемы и перспективы цифровизации зеленой энергетике в России // Молодежь и наука XXI века: сб. ст. Междунар. молодеж. конф. Барнаул, 2022. С. 34-41.
6. Максимцев И.А., Костин К.Б., Городилов К.А., Онуфриева О.А. Развитие энергетического сектора Российской Федерации на основе инновационных принципов зеленой экономики // Вопросы инновационной экономики. 2022. Т. 12, № 2. С. 1165-1184. DOI: 10.18334/vines.12.2.114809.
7. Максимцев И.А., Костин К.Б., Онуфриева О.А. Современные тенденции развития цифровизации в мировой энергетике // Вопросы инновационной экономики. 2023. Т. 13, № 2. С. 1087-1104. DOI: 10.18334/vines.13.2.117224.