

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОЛОГИИ И ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ**¹Н. Васиредди, ¹Р.О. Азизов, ²Дж.Ш. Рахматов**¹Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан²Центр инновационного развития науки и цифровых технологий НАНТ, г. Душанбе, Республика Таджикистан

В данной статье систематизирована роль искусственного интеллекта (ИИ), интернета вещей (IoT), блокчейн-технологий, цифровых двойников и систем дистанционного зондирования Земли в области экологического мониторинга и энергетического перехода. Проведён комплексный анализ современных цифровых решений, применяемых для отслеживания состояния окружающей среды, управления возобновляемыми источниками энергии (ВИЭ) и оптимизации энергетической инфраструктуры в условиях растущей климатической нестабильности. Показано, что внедрение цифровых технологий обеспечивает прогнозирование выработки ВИЭ с точностью 90–95%, позволяет сократить простой оборудования на 20%, снизить время диагностики неисправностей на 87,5%, уменьшить эксплуатационные затраты на 11% и повысить точность углеродной отчётности на 25%, что в совокупности повышает эффективность управленческих решений. Наряду с положительным эффектом выявлены существенные барьеры, сдерживающие масштабное внедрение таких решений: экологические издержки, связанные с производством, эксплуатацией и утилизацией оборудования; растущие киберриски, обусловленные усложнением цифровой инфраструктуры; высокие первоначальные инвестиции; а также цифровое неравенство между регионами и странами, ограничивающее равный доступ к технологиям. На основе проведённого анализа обоснована необходимость формирования устойчивой синергии между цифровыми технологиями и принципами экологической ответственности как ключевого условия для достижения глобальных климатических целей устойчивого развития к 2030 году.

Ключевые слова: цифровые технологии, искусственный интеллект, интернет вещей, блокчейн, цифровые двойники, возобновляемая энергетика, экологический мониторинг.

ТЕХНОЛОГИЯҲОИ РАҚАМӢ ДАР ЭКОЛОГИЯ ВА ЭНЕРГЕТИКАИ БАҶҚАРОРШАВАНДА**¹Н. Васиредди, ¹Р.О. Азизов, ²Ҷ.Ш. Раҳматов**¹Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон²Маркази рушди инноватсионии илм ва технологияҳои рақамӣ, АМИТ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон

Дар мақолаи мазкур нақши зеҳни сунъӣ (ЗС), интернетӣ ашё (IoT), технологияҳои блокчейн, дугоникҳои рақамӣ ва системаҳои муоинаи дурдаст аз Замин дар соҳаи мониторинги экологӣ ва гузариши энергетикӣ низомнок карда шудааст. Таҳлили ҳамаҷонибаи қарорҳои муносири рақамӣ, ки барои назорати ҳолати муҳити зист, идоракунии манбаъҳои бақароршавандаи энергия (МБЭ) ва беҳинасозии инфрасохтори энергетикӣ дар шароити афзоиши ноустувории иқлимӣ истифода мешаванд, гузаронида шудааст. Нишон дода шудааст, ки татбиқи технологияҳои рақамӣ пешгуи истихсоли МБЭ-ро бо дақиқияти 90–95% таъмин намуда, вақти таваққуфи таҷхизотро 20%, вақти ташхиси нуқсонҳоро 87,5% коҳиш медиҳад, хароҷоти истифодабариро 11% паст мекунад ва дақиқии ҳисоботи карбониро 25% баланд мебардорад, ки дар маҷмӯъ самаранокии қарорҳои идоракунии афзоиш медиҳад. Дар баробари таъсири мусбат монеаҳои асосие, ки татбиқи васеи ҷунин қарорҳоро коҳиш медиҳад, ошкор гардидаанд: хароҷоти экологӣ, ки бо истихсол, истифода ва партофтани таҷхизот алоқаманданд; хатарҳои афзоиандаи киберӣ, ки аз мураккабшавии инфрасохтори рақамӣ ба вучуд меоянд; сармоягузориҳои калони аввалия; инчунин нобаробарии рақамӣ байни минтақаҳо ва кишварҳо, ки дастрасии баробарро ба технологияҳо маҳдуд мекунад. Дар асоси таҳлили гузаронидашуда зарурати ташаққули ҳамкориҳои устувор байни технологияҳои рақамӣ ва принсипҳои масъулияти экологӣ ҳамчун шартӣ калидии расидан ба ҳадафҳои рушди устувор то соли 2030 асоснок карда шудааст.

Калидвожаҳо: технологияҳои рақамӣ, зеҳни сунъӣ, интернетӣ ашё, блокчейн, дугоникҳои рақамӣ, энергетикаи бақардор, мониторинги экологӣ.

DIGITAL TECHNOLOGIES IN ECOLOGY AND RENEWABLE ENERGY**¹N. Vasireddi, ¹R.O. Azizov, ²J.S. Rakhmatov**¹Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan²Center for Innovative Development of Science and Digital Technologies, NAST, Dushanbe, Republic of Tajikistan

This article systematizes the role of artificial intelligence (AI), the Internet of Things (IoT), blockchain technologies, digital twins, and remote sensing systems in environmental monitoring and the energy transition. A comprehensive analysis is conducted of current digital solutions applied to environmental condition tracking, renewable energy source (RES) management, and energy infrastructure optimization under conditions of growing climate instability. It is shown that the implementation of digital technologies ensures RES generation forecasting with an accuracy of 90–95%, reduces equipment downtime by 20%, decreases fault diagnosis time by 87.5%, lowers operating costs by 11%, and improves the accuracy of carbon reporting by 25%, thereby collectively enhancing the effectiveness of managerial decision-making. Alongside these positive effects, significant barriers constraining the large-scale adoption of such solutions have been identified: environmental costs associated with equipment manufacturing, operation, and disposal; growing cyber risks arising from the increasing complexity of digital infrastructure; high initial investment requirements; and digital inequality between regions and countries, which limits equitable access to technology. Based on the analysis conducted, the necessity of forming a sustainable synergy between digital technologies and environmental responsibility principles is substantiated as a key condition for achieving global sustainable development climate goals by 2030.

Keywords: digital technologies, artificial intelligence, Internet of Things, blockchain, digital twins, renewable energy, environmental monitoring.

Введение (Introduction)

Пересечение цифровых технологий и экологических наук определяет одну из наиболее значимых трансформаций XXI века. Искусственный интеллект (ИИ), Интернет вещей (IoT), блокчейн, цифровые двойники, дистанционное зондирование и аналитика больших данных в совокупности меняют мониторинг экосистем, управление природными ресурсами и глобальный переход к возобновляемой энергетике.

Наравне с вышесказанным, мир переживает беспрецедентное ускорение развёртывания чистой энергии. К примеру, глобальная установленная мощность возобновляемых источников энергии достигла 5 149 ГВт в 2025 году, что соответствует росту более чем на 312% по сравнению с 2010 годом (рис.1) [1,3,13]. Только в 2025 году в мире были добавлены рекордные 814 ГВт новых мощностей солнечной и ветровой энергии, что на 17% больше, чем годом ранее: солнечная энергия обеспечила 647 ГВт, ветровая -167 ГВт (ри.2) [3]. Возобновляемые источники теперь составляют 85,6% всех новых вводимых мощностей в глобальной электроэнергетике [2]. Тем не менее, общая установленная мощность по-прежнему не достигает целевого показателя 11,2 ТВт на 2030 год, что делает цифровое ускорение эффективности и управления сетями ключевым фактором преодоления этого разрыва [5].

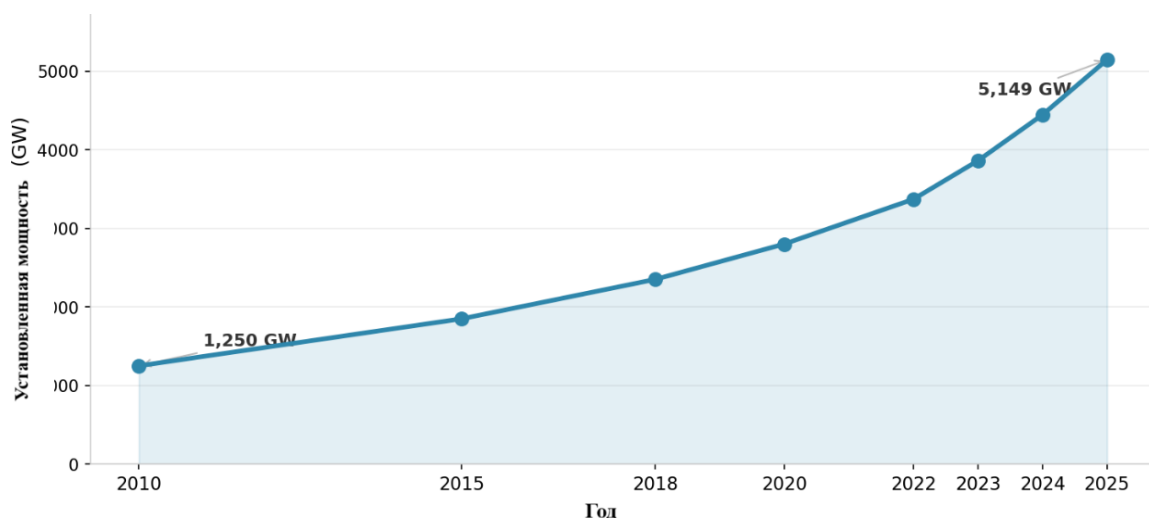


Рисунок 1 - Рост глобальной мощности возобновляемой энергетики (2010-2025г.)
Figure 1 – Growth of Global Renewable Energy Capacity (2010–2025)

Поскольку солнечная и ветровая энергия по своей природе непостоянны, управление их непрерывностью требует сложных цифровых систем прогнозирования и управления. Интеллектуальные сети с более чем 100 миллионами умных счётчиков по всему миру обеспечивают балансировку спроса и предложения в беспрецедентном масштабе [5]. Прогнозируемые глобальные инвестиции в размере 2,4 трлн долларов США с 2024 по 2030 год в передачу, распределение электроэнергии и системы хранения подчёркивают центральную роль цифровой инфраструктуры в энергетическом переходе [5].

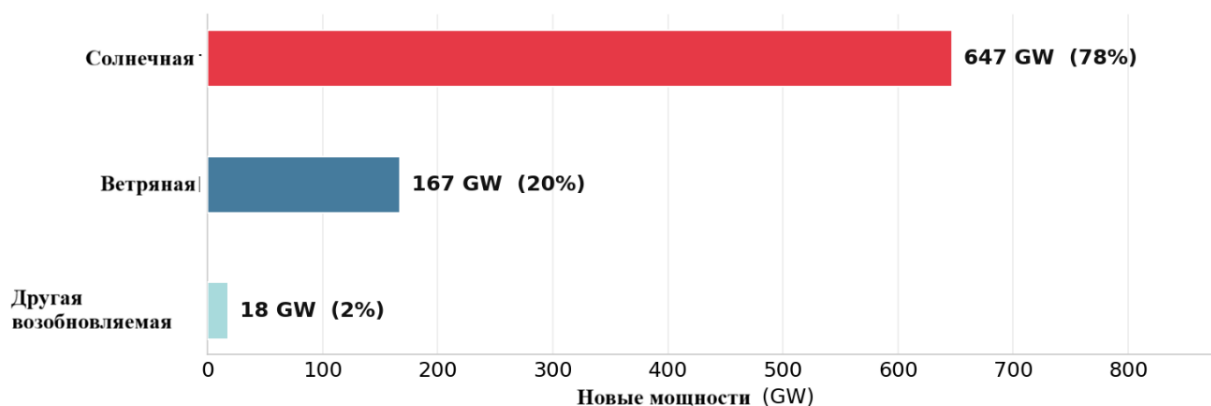


Рисунок 2 – Новые мощности ВИЭ по источникам в 2025 году
Figure 2 – New Renewable Energy Capacity by Source in 2025

Методология (Methodology)

Прогнозирование, оптимизация и прогностическое обслуживание/ ИИ трансформирует все этапы цепочки создания стоимости в возобновляемой энергетике. Модели машинного обучения и глубокого обучения теперь прогнозируют выработку солнечной и ветровой энергии с точностью 90–95% путём анализа погодных данных в реальном времени, исторических данных и экологических переменных, существенно снижая неопределённость при планировании сети [7,12]. Алгоритмы обучения с подкреплением позволяют автоматизированным системам управления сетью непрерывно отслеживать поток электроэнергии, выявлять узкие места и перенаправлять мощность в режиме реального времени — при этом ИИ и оптимизация ВИЭ совокупно обеспечивают 50% общей ценности трансформации интеллектуальных сетей [4].

Прогностическое обслуживание на основе ИИ использует данные датчиков и машинное обучение для раннего выявления признаков износа оборудования. Благодаря мониторингу с помощью ИИ GE Renewable Energy сообщила о снижении незапланированных простоев ветровых турбин на 20% и продлении срока службы активов на 15% [7,11]. Рынок управления накопителями энергии на базе ИИ вырос с 7,7 млрд долл. в 2024 году до 8,8 млрд долл. в 2025 году при среднегодовом темпе роста 13,9% и прогнозируется на уровне 14,68 млрд долл. к 2029 году (рис.3) [8].

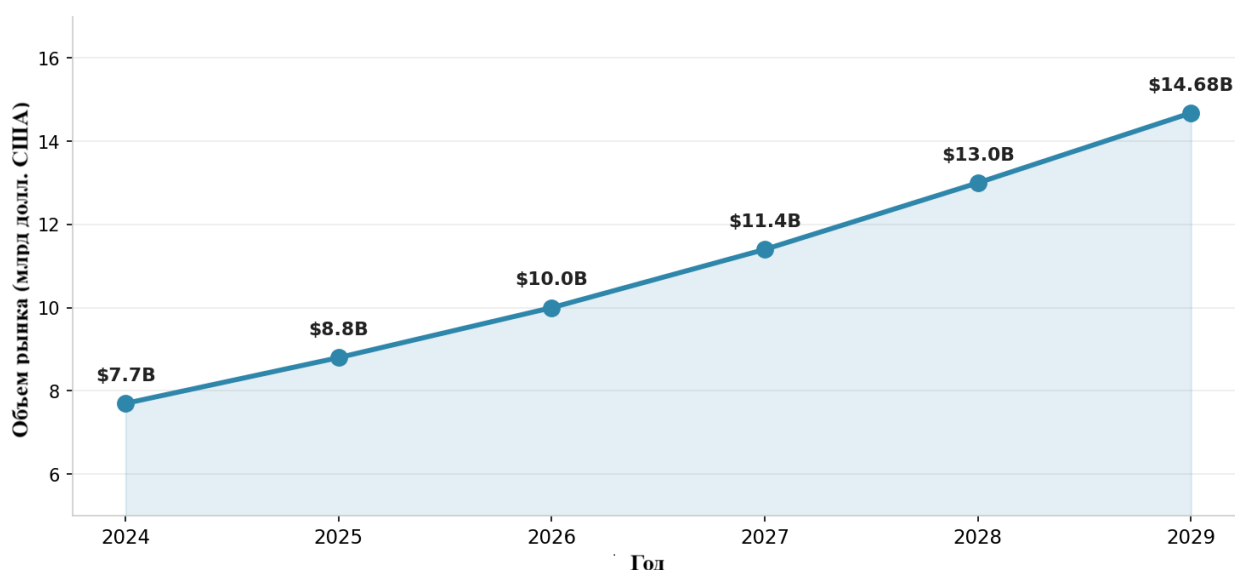


Рисунок 3— Рост рынка накопителей энергии на базе ИИ (2024–2029)
Figure 3 – Growth of the AI-Based Energy Storage Market (2024–2029)

Принимая во внимание быстрый рост энергопотребления производством, энергосеть следующего поколения требует четырёх ключевых составляющих: интеграции просьюмеров, управления на основе ИИ, децентрализованной устойчивости и принятия решений на основе данных. Усовершенствованные системы накопления энергии (BESS), управляемые ИИ, оптимизируют циклы зарядки и разрядки с учётом текущих цен на электроэнергию, прогнозов погоды и сигналов спроса — превращая накопители из пассивных активов в интеллектуальные ресурсы для генерации дохода в сети [8].

Экологический мониторинг. В настоящее время сенсорные сети интернет вещей IoT стали основой экологического мониторинга. Распределённые датчики непрерывно измеряют качество воздуха, параметры воды, состояние почвы и движение диких животных, обеспечивая немедленные данные об изменениях окружающей среды и загрязнении. Интегрированная система Индустрии 4.0, объединяющая ИИ, IoT и цифровые двойники, сократила время обнаружения неисправностей в системах возобновляемой энергии со 120 до 15 минут, повышая эффективность использования на 87,5% [6]. Применение системы мониторинга качества воды на базе IoT дают возможность измерять pH, мутность, температуру, растворённый кислород и химические загрязнители в режиме реального времени с точностью до 97-99% [6].

Наряду с этим, IoT расширяет экологический мониторинг биоразнообразия и дикой природы на ранее недоступные территории. Системы ИИ–IoT на базе 5G для идентификации видов демонстрируют измеримое повышение точности, обеспечивая лёгкое развёртывание устройств экологического мониторинга в отдалённых полевых условиях. Камеры с датчиками движения и аудио-датчики

отслеживают дикую природу в режиме реального времени, обеспечивая целевое планирование охраны природы на нескольких континентах.

Результаты (Results)

Цифровые двойники в системах возобновляемой энергии. Цифровой двойник — это виртуальная копия физического актива в режиме реального времени (например, ветряной фермы, солнечной электростанции или сегмента сети), поддерживаемая непрерывными потоками данных датчиков. Ветряные фермы, использующие цифровые двойники, снижают затраты на техническое обслуживание на 11%, сокращают количество выездных проверок на 60% и уменьшают время устранения неисправностей на 85% [9]. Операторы солнечных электростанций используют цифровые двойники для мониторинга деградации панелей и предотвращения отказов. Комплексное применение ИИ, IoT и цифровых двойников в промышленной системе ВИЭ дало следующие измеримые результаты [6]:

Таблица 1 – Индустрия 4.0: до и после цифровой интеграции
Table 1 – Industry 4.0: Before and After Digital Integration

Показатель эффективности	До	После
Эффективность использования энергии	65%	85% (+20%)
Время обнаружения неисправностей	120 минут	15 минут (–87,5%)
Время безотказной работы системы	~80%	99,5%
Выбросы CO ₂	Базовый уровень	–20%
Операционные затраты	Базовый уровень	–15%

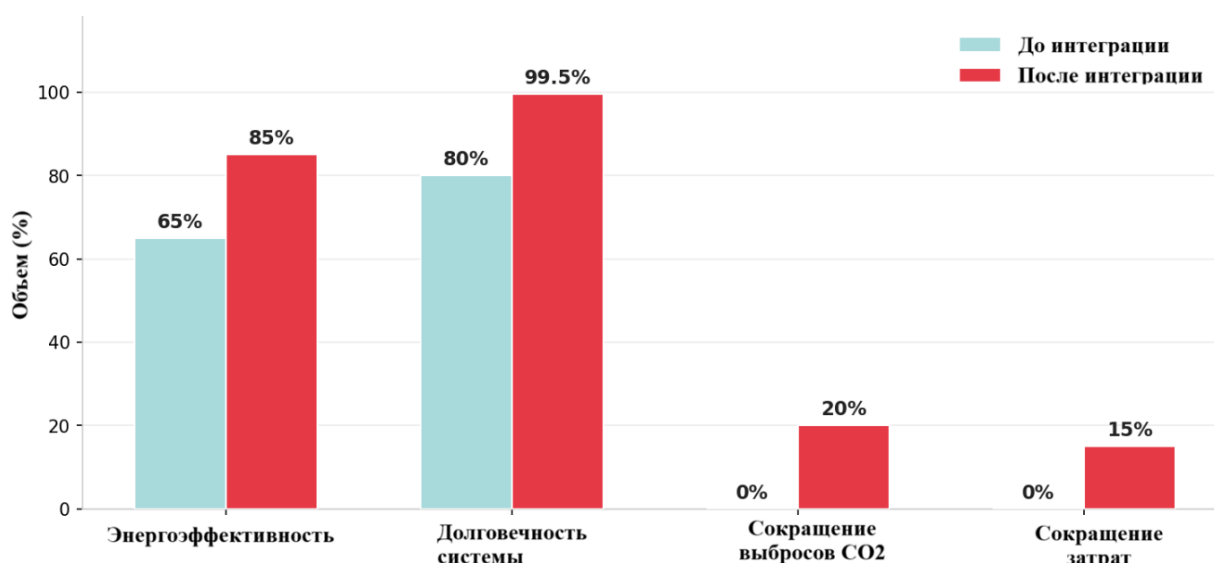


Рисунок 4 – Индустрия 4.0: визуализация до и после цифровой интеграции
Figure 4 – Industry 4.0: Visualization Before and After Digital Integration

Дистанционное зондирование и спутниковые технологии в экологии. Дистанционное зондирование произвело революцию в экологическом мониторинге на ландшафтном и глобальном уровнях. Высокоразрешающие спутниковые снимки — такие как Sentinel-2 и Landsat — в сочетании с вегетационными индексами (NDVI, EVI) обеспечивают точный непрерывный мониторинг лесного покрова, темпов вырубki лесов и состояния растительности на миллионах гектаров [10]. Алгоритмы машинного обучения, применяемые к временным рядам спутниковых данных, выявляют зоны риска обезлесения и формируют карты вмешательства. Технология LiDAR создаёт трёхмерные модели полога леса, открывая данные о распределении видов и позволяя количественно оценивать запасы углерода [10].

Аналитика больших данных (BDA) расширяет возможности дистанционного зондирования, обеспечивая прогностическое моделирование климатических тенденций. Платформы машинного

обучения и высокопроизводительных вычислений обрабатывают петабайтные массивы спутниковых данных для получения климатических прогнозов, значительно более точных, чем традиционные численные модели, информируя работников данной сферы о ресурсном управлении и снижении рисков стихийных бедствий [5].

Блокчейн для экологической ответственности. Технология блокчейн устраняет давние недостатки в области прозрачности, прослеживаемости и защиты от мошенничества на рынках углеродных кредитов и сертификатов на возобновляемую энергию (REC). Токенизируя углеродные кредиты в неизменяемом реестре, блокчейн предотвращает двойной учёт и обеспечивает полную проверяемость от выпуска до погашения [5]. Система управления зелёным предприятием на основе блокчейна продемонстрировала улучшение точности отчётности по выбросам углерода на 25%, рост соответствия целям устойчивого развития на 22% и снижение операционных затрат на 15%. В сочетании с IoT-датчиками для мониторинга выбросов в реальном времени блокчейн создаёт непрерывно проверяемые, защищённые от фальсификации ESG-записи, соответствующие стандартам GRI, SASB и TCFD.

Ключевые показатели эффективности цифровых технологий. Диаграмма ниже обобщает задокументированные улучшения эффективности, достигнутые благодаря конкретным цифровым технологиям в секторах экологии и энергетики, на основе рецензируемых и авторитетных источников, цитируемых в данном исследовании.

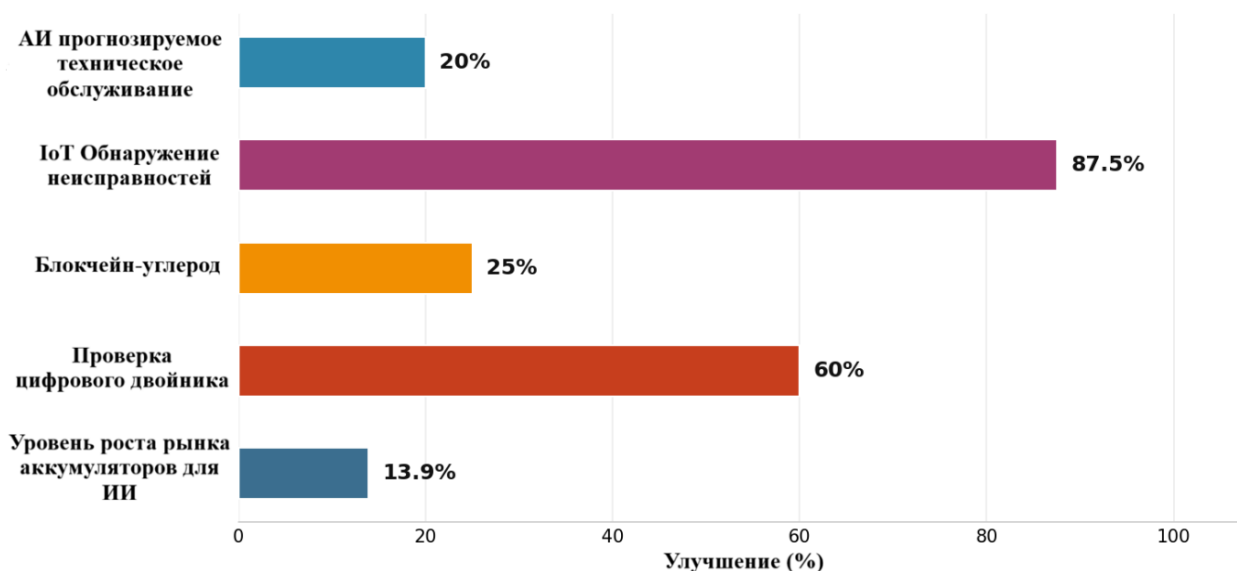


Рисунок 5 – Ключевые показатели эффективности цифровых технологий [6-9]
Figure 5 – Key Performance Indicators of Digital Technologies [6–9]

Обсуждение (Discussion)

Несмотря на трансформационный потенциал, существенные барьеры сохраняются. Адаптация сети отстаёт от темпов роста мощностей, создавая колебания напряжения, нестабильность частоты из-за снижения инерции и перегрузки сети, вызывающие около 5% глобального ограничения ВИЭ [5]. Затраты на интеграцию превышают 25–40 долл./МВт·ч при 50%-ном проникновении ВИЭ [5]. Сами цифровые технологии несут парадоксальные экологические издержки: высокое энергопотребление центров обработки данных и инфраструктуры обучения ИИ может частично нивелировать их экологические преимущества.

Экономические и социальные барьеры. По мере цифровизации энергетических систем риски кибербезопасности становятся главными целями кибератак. Энергетический сектор является четвёртой по уязвимости отраслью среди атак киберпреступников в 2023 году. Например, кибератака 2022 года на немецкого производителя ветровых турбин Enercon нарушила удалённый мониторинг и управление более чем 5 800 турбинами. Сегодня 71% специалистов в области энергетики сообщают о возросшей уязвимости к киберинцидентам в операционных технологиях (ОТ) по сравнению с предыдущим годом [15].

Высокие первоначальные затраты на цифровые инструменты непропорционально ограничивают доступ малых организаций и развивающихся регионов. Низкая воспринимаемая окупаемость инвестиций в ориентированные на устойчивость цифровые проекты затрудняет

привлечение финансирования. Цифровое неравенство — различия в доступе к технологиям, цифровой грамотности и подключении к интернету — рискует сосредоточить преимущества цифровых экологических инструментов в уже привилегированных странах, создавая новые измерения экологического неравенства. Обосновывает критический взгляд на «парадокс ИИ»: высокое энергопотребление дата-центров и инфраструктуры обучения моделей. Поддерживает дискуссию о том, что цифровизация несет собственные экологические риски [14,16].

Перспективные направления. Следующее поколение цифровых инструментов для охраны окружающей среды и энергетики будет отличаться конвергентной архитектурой. Подключение 5G и периферийные вычисления обеспечат время отклика менее секунды для экологического мониторинга в полевых условиях. Автономные системы ИИ—цифровой двойник эволюционируют от реактивного обнаружения неисправностей к полностью проактивному управлению инфраструктурой. Интеграция блокчейн—IoT создаст непрерывно обновляемые, защищённые от фальсификации системы учёта углерода, совместимые с Системой расширенной прозрачности Парижского соглашения (ETF) и обязательствами по Статье 5 [5]. Достижение глобальной цели 11,2 ТВт ВИЭ к 2030 году потребует скоординированного технологического прогресса, поддерживающего политическую базу и значительные устойчивые инвестиции [4-5].

Заключение (Conclusion)

Цифровые технологии — это не вспомогательные инструменты; они являются необходимыми движущими силами экологической и энергетической трансформации, которой требует XXI век. ИИ снижает простои ветровых турбин на 20% и прогнозирует выработку ВИЭ с точностью 90–95% [7]. Системы IoT сокращают время обнаружения неисправностей на 87,5% [6]. Блокчейн повышает точность отчётности по углеродным кредитам на 25%. Дистанционное зондирование обеспечивает мониторинг вырубки лесов в режиме, близком к реальному времени, на миллионах гектаров [10]. Синтез цифрового интеллекта и экологической ответственности представляет собой наиболее эффективную стратегию человечества для одновременного решения проблем изменения климата, утраты биоразнообразия и глобального энергетического перехода.

Рецензент: Акрамов М. — к.ф.-м.н., центр инновационного развития науки и цифровых технологий НАНП.

Литература

1. Renewable-Energy-Industry.com — Глобальное рекордное расширение возобновляемой энергетики продолжается в 2025 г.
2. Renewable Capacity Statistics 2026 [Электронный ресурс] / International Renewable Energy Agency (IRENA). — Abu Dhabi : IRENA, 2026. — URL: <https://www.irena.org/Publications> (дата обращения: 21.09.2026)
3. Balkan Green Energy News — Мир добавил рекордные 814 ГВт солнечной и ветровой энергии в 2025 г. Опул. 22 марта 2026 г.
4. NextMSC — Как инновации интеллектуальных сетей преобразуют глобальные энергосистемы? Опул. 22 апреля 2026 г.
5. Ergun S., Dik A., Boukhanouf R., Omer S. Large-Scale Renewable Energy Integration: Tackling Technical Obstacles and Exploring Energy Storage Innovations // Sustainability. — 2025. — Vol. 17, № 3. — Art. 1311. — DOI: 10.3390/su17031311.
6. IJEM Journal — Система Индустрии 4.0 для управления умным производством: ИИ, IoT и цифровые двойники. 2024.
7. The Renewable Energy Institute — Как ИИ делает возобновляемую энергетику умнее. Опул. 22 июня 2025 г.
8. Yahoo Finance / Market Research — Глобальный отчёт о рынке ИИ-решений для хранения энергии 2026. Опул. 6 января 2026 г.
9. vHive — Понимание технологии цифровых двойников в ветроэнергетике. Опул. 16 июля 2024 г.
10. Supervision.earth — Дистанционное зондирование: жизненно важный инструмент в борьбе с обезлесением. Опул. 13 августа 2024 г.
11. Ilolov M. et al. ANFIS model for fault diagnosis in photovoltaic systems // Ilolov M., Kabirov Sh.O., Li P., Amonulloev A., Rasulov S., Ilolov A., Rahmatov J.Sh / Proceedings of International Scientific Conference «Status and Prospects for the Development of Renewable Energy in Tajikistan». — Dushanbe, 2025. — P. 68–77.
12. Ilolov M. et al. Maximum Power Point Tracking Using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems for the Photovoltaic Modules // Ilolov M., Kabirov Sh., Inagaki F., Amonulloev A., Rahmatov J. / Proceedings of International Scientific Conference «Status and Prospects for the Development of Renewable Energy in Tajikistan». — Dushanbe, 2024. — P. 9–12.
13. Джумаев Д.Ш. и др. О проблемах развития солнечной энергетики в горных регионах Таджикистана // Джумаев Д.Ш., Илолов М., Расулов С., Рахматов Дж.Ш. / Доклады Национальной академии наук Таджикистана. — 2025. — Т. 68, № 1. — С. 58–63.
14. Илолов М. и др. Плюсы и минусы искусственного интеллекта // Илолов М., Рахматов Дж.Ш., Каримова С.М., Бобозода Г.Дж. / Материалы международной конференции «Роль цифровой экономики в ускоренной индустриализации страны». — Худжанд, 2025. — С. 9–18.

15. Раҳматов Дж.Ш. Фишинг и кибератаки: исторический анализ, статистическая динамика и современные методы противодействия // Известия Национальной академии наук Таджикистана. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. — 2025. — № 3 (200). — С. 67–74.

16. Илолов М., Раҳматов Дж.Ш. Применение нечетких дифференциальных уравнений для анализа и прогнозирования кибератак // Доклады Национальной академии наук Таджикистана. — 2025. — Т. 68, № 8. — С. 743–749.

References

1. Renewable-Energy-Industry.com — Record global renewable energy expansion continues in 2025.
2. Renewable Capacity Statistics 2026 [Electronic resource] / International Renewable Energy Agency (IRENA). — Abu Dhabi : IRENA, 2026. — URL: <https://www.irena.org/Publications> (accessed: 21.09.2026).
3. Balkan Green Energy News — World added record 814 GW of solar and wind power in 2025. Publ. March 22, 2026.
4. NextMSC — How Are Smart Grid Innovations Transforming Global Energy Systems? Publ. April 22, 2026.
5. Ergun S., Dik A., Boukhanouf R., Omer S. Large-Scale Renewable Energy Integration: Tackling Technical Obstacles and Exploring Energy Storage Innovations // Sustainability. — 2025. — Vol. 17, № 3. — Art. 1311. — DOI: 10.3390/su17031311.
6. IJEM Journal — Industry 4.0 System for Smart Manufacturing Management: AI, IoT, and Digital Twins. 2024.
7. The Renewable Energy Institute — How AI Is Making Renewable Energy Smarter. Publ. June 22, 2025.
8. Yahoo Finance / Market Research — Global AI-Based Energy Storage Market Report 2026. Publ. January 6, 2026.
9. vHive — Understanding Digital Twin Technology in Wind Energy. Publ. July 16, 2024.
10. Supervision.earth — Remote Sensing: A Vital Tool in the Fight Against Deforestation. Publ. August 13, 2024.
11. Iolov M. et al. ANFIS model for fault diagnosis in photovoltaic systems // Iolov M., Kabirov Sh.O., Li P., Amonullov A., Rasulov S., Iolov A., Rahmatov J.Sh. / Proceedings of International Scientific Conference "Status and Prospects for the Development of Renewable Energy in Tajikistan". — Dushanbe, 2025. — P. 68–77.
12. Iolov M. et al. Maximum Power Point Tracking Using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems for the Photovoltaic Modules // Iolov M., Kabirov Sh., Inagaki F., Amonullov A., Rahmatov J. / Proceedings of International Scientific Conference "Status and Prospects for the Development of Renewable Energy in Tajikistan". — Dushanbe, 2024. — P. 9–12.
13. Jumaev D.Sh., et al. On the problems of solar energy development in the mountainous regions of Tajikistan // Jumaev D.Sh., Iolov M., Rasulov S., Rahmatov J.Sh. / Reports of the National Academy of Sciences of Tajikistan. — 2025. — Vol. 68, № 1. — P. 58–63.
14. Iolov M., et al. Pros and cons of artificial intelligence // Iolov M., Rahmatov J.Sh., Karimova S.M., Bobozoda G.J. / Proceedings of the International Conference "The Role of the Digital Economy in the Accelerated Industrialization of the Country". — Khujand, 2025. — P. 9–18.
15. Rahmatov J.Sh. Phishing and cyberattacks: historical analysis, statistical dynamics, and modern countermeasures // Bulletin of the National Academy of Sciences of Tajikistan. Department of Physical-Mathematical, Chemical, Geological, and Technical Sciences. — 2025. — № 3 (200). — P. 67–74.
16. Iolov M., Rahmatov J.Sh. Application of fuzzy differential equations for cyberattack analysis and forecasting // Reports of the National Academy of Sciences of Tajikistan. — 2025. — Vol. 68, № 8. — P. 743–749.

Сведения об авторах:

Азизов Рустам Очилдиевич, д.т.н, профессор, Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими. E-mail: rustam.azizov57@gmail.com

Васиредди Нагешварао, докторант PhD, Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими. E-mail: nageshvar.vasireddy@gmail.com

Раҳматов Джамшед Шавкатович, к.ф.-м.н., Центр инновационного развития науки и цифровых технологий НАНТ. E-mail: jamesd007@rambler.ru

Маълумот оид ба муаллифон:

Азизов Рустам Очилдиевич, д.и.т, профессор, Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ. E-mail: rustam.azizov57@gmail.com

Васиредди Нагешварао, докторанти PhD, Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ. E-mail: nageshvar.vasireddy@gmail.com

Раҳматов Чамшед Шавкатович, н.и.ф.-м., Маркази рушди инноватсионии илм ва технологияҳои рақамии АМИТ. E-mail: jamesd007@rambler.ru

Information about the authors:

Azizov Rustam Ochildievich, Doctor of Technical Sciences, Professor. Tajik technical university named after academician M.S. Osimi. E-mail: rustam.azizov57@gmail.com

Vasireddi Nageshwararao, PhD Candidate, Tajik technical university named after academician M.S. Osimi. E-mail: nageshvar.vasireddy@gmail.com

Rahmatov Jamshed Shavkatovich, Candidate of Physical and Mathematical Sciences. Center for Innovative Development of Science and Digital Technologies of NAST. E-mail: jamesd007@rambler.ru