

УДК 004.8

А.С. Костицына, М. З. Кортава, С.Д. Бурлака
Кубанский государственный технологический университет,
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2
электронная почта kosticynaalin@yandex.ru

M. Z. Kortava, A.S. Kosticyna, S.D. Burlaka
Kuban State Technological University, 350072, Russian Federation, Krasnodar,
Moskovskaya str., 2
e-mail kosticynaalin@yandex.ru

**АНАЛИЗ МИРОВОГО ОПЫТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ
ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**

**ANALYSIS OF THE GLOBAL EXPERIENCE OF USING
ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO IMPROVE THE ENVIRONMENTAL
SAFETY OF ALTERNATIVE ENERGY SOURCES**

Одним из наиболее перспективных направлений применения цифровых технологий в экологии является поддержка и развитие альтернативной энергетики прежде всего солнечной, ветровой и геотермальной генерации.[3] Эти категории играют ключевую роль в глобальном переходе к низкоуглеродным моделям экономики и сокращению выбросов углерода в промышленности. Тем не менее, масштабное распространение этих технологий сталкивается с серьезными технологическими и организационными вызовами, в решении которых искусственный интеллект может оказаться крайне полезным. Интеграция ИИ позволяет проводить высокоточные прогнозы объёмов выработки энергии с учетом погодных факторов, динамически регулировать распределение электроэнергии в сетях, оптимизировать использование накопителей и обеспечивать баланс нагрузки при нестабильных условиях производства энергии.

«Как отмечают эксперты Международного энергетического агентства, интеграция искусственного интеллекта является ключевым фактором повышения гибкости и эффективности энергосистем, основанных на возобновляемых источниках, позволяя оптимизировать их работу на 15-20% [8]».

Из диаграммы (рис. 1) видно, что Германия и Китай значительно опережают Россию по уровню использования ветровой и солнечной

энергетики. Это обусловлено как приоритетами экологической политики, так и наличием регулирующих мер и системы субсидий, стимулирующих развитие зеленой энергетики, а также особенностями располагаемых природных ресурсов.

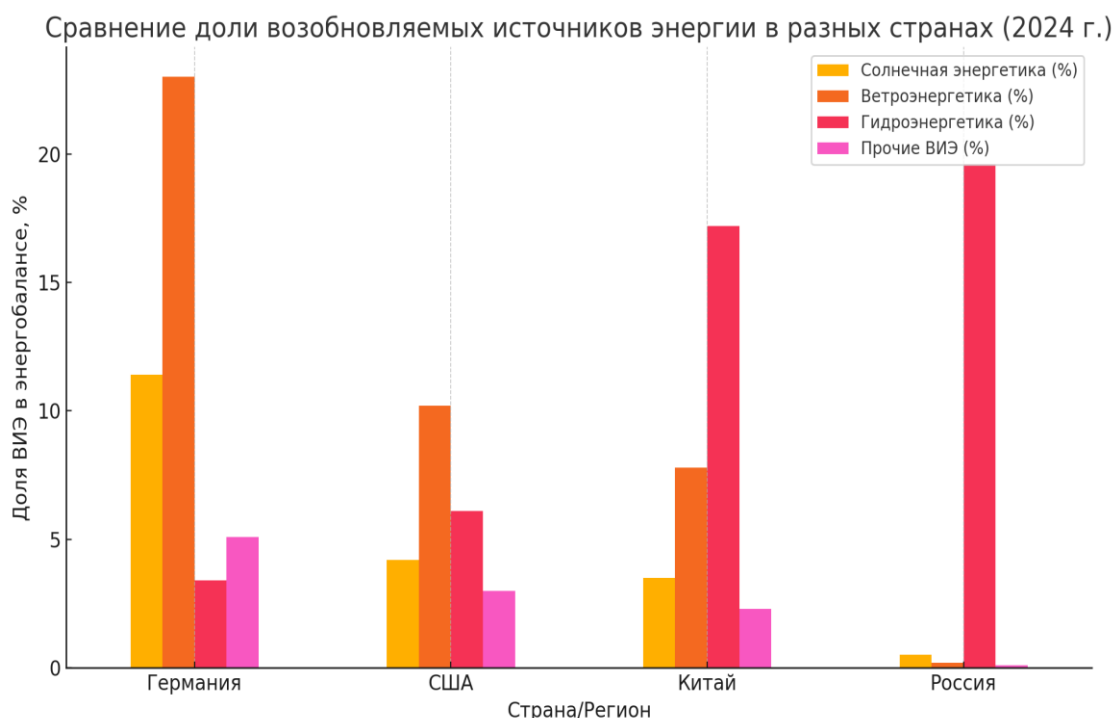


Рисунок 1. Сравнение доли возобновляемых источников энергии в энергобалансе разных стран

В России развитие возобновляемых источников энергии ограничено многими факторами: высокой долей традиционной газовой и угольной генерации, отсутствием надежных экономических стимулов, климатическими и территориальными сложностями, а также недостаточным уровнем развития интеллектуальных энергетических систем.[4;6]

Тем не менее, цифровизация и внедрение ИИ способны в определённой мере нивелировать эти барьеры. Для регионов с переменной ветровой активностью методы машинного обучения помогают точно прогнозировать максимальную нагрузку и управлять резервными мощностями. Интеллектуальные платформы обеспечивают автоматический подбор режимов выработки и аккумулирования электроэнергии, что ведет к снижению потерь и повышению общей эффективности.

Таким образом, искусственный интеллект выступает как центральное звено, связывающее технологический потенциал альтернативных источников с условиями их эксплуатации особенно в России, где существует высокая зависимость от ископаемого топлива.

Применение искусственного интеллекта в альтернативной энергетике развивается наиболее интенсивно в странах с высоким уровнем цифровизации и экологическим курсом.

Таблица 1. Мировой опыт использования технологий искусственного интеллекта в альтернативной энергетике

| Страна/Компания | Тип генерации | Применение ИИ | Эффективность и результаты |
|---------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Google DeepMind (США) | Ветроэнергетика | Прогнозирование выработки | прибыль от энергии |
| Siemens Energy (Германия) | Солнечная энергия | Управление инверторами и накопителями | Увеличение КПД системы |
| Enel (Италия) | Ветер, солнце | Цифровые модели, предиктивный анализ | снижение расходов на обслуживание |
| Россети (Россия) | Гибридные альтернативные источники | Smart grid, локальные решения | Потенциал автономного энергоснабжения |
| GE Vernova (США/Канада) | Все альтернативные источники | Балансировка в сетях | Снижение сбоев, рост стабильности |

С 2019 года компания DeepMind внедрила нейросетевые модели для управления ветряными установками компании Alphabet, прогнозирующие выработку на 36 часов вперед, что позволило увеличить прибыль от оптовых продаж электроэнергии. ИИ учитывает погодные условия, исторические данные и состояние оборудования, предоставляя рекомендации по оптимальной загрузке.

Siemens Energy в Германии применяет интеллектуальные системы для управления солнечными инверторами и аккумуляторными батареями. Такие решения прогнозируют интенсивность солнечной радиации, регулируют распределение энергии и уменьшают потери, увеличивая срок службы техники и эффективно повышая производительность фотоэлектрических систем.

Компания Enel Green Power, действующая в Италии, Испании и Чили, использует цифровые платформы для мониторинга ветровых и солнечных электростанций, оптимизируя техобслуживание на основании прогноза аварийности, что позволяет снизить расходы на поддержание оборудования на и сокращает время простоев.

В России ИИ-технологии начали внедряться в проектах цифровых подстанций и умных энергосетей на южных территориях и в Сибири. Здесь искусственный интеллект помогает управлять нагрузкой, прогнозировать потребление и тестировать решения для альтернативных источников-микросетей в отдалённых районах. При этом ограничением служит недостаток данных, слабое развитие сенсорных систем и регуляторные барьеры. О все же такие решения обладают значительным потенциалом в части обеспечения энергоснабжения удалённых посёлков и объектов без подключения к централизованной сети.

GridOS от GE Vernova (США/Канада) платформа анализирует работу распределённых источников энергии ветра, солнца, биоэнергетики, оптимизируя работу сетей и аккумуляторов в реальном времени. Основным

достоинством данной платформы можно выделить масштабируемость, адаптивность к различным источникам энергии, устойчивость к перебоям.

Зеленые альтернативные источники энергии, представляют собой перспективное направление развития энергетики, однако в процессе их интеграции в энергосистему возникает ряд серьёзных проблем и сложностей (рис. 2).

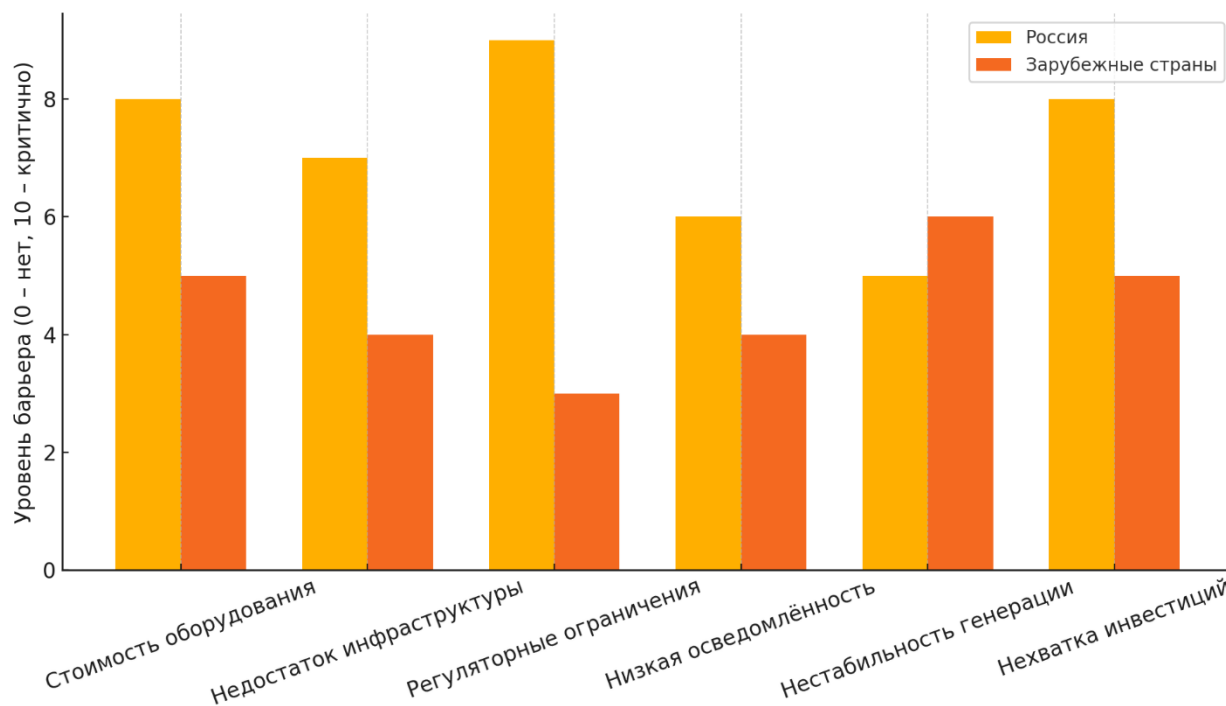


Рисунок 2. Сравнительный анализ сложности внедрения зеленой энергетики в России и за рубежом

Основные трудности, с которыми сталкивается внедрение возобновляемых источников энергии в России, связаны с высокими затратами на установку солнечных панелей, ветровых турбин и систем накопления энергии. Во многих регионах отсутствуют современные интеллектуальные энергосети, а также продвинутые счётчики и цифровые системы управления, что ограничивает возможности для полноценной интеграции альтернативных технологий.

Кроме того, административные барьеры, такие как отсутствие государственных субсидий, льгот по налогам и долгосрочной стратегии поддержки отрасли, а также недостаточная координация с государственными органами и надзорными структурами, усугубляют ситуацию.[6]. Большая часть участников рынка предприятия и конечные потребители зачастую недостаточно информированы о выгодах использования альтернативной энергетики и связанных с ними цифровых решений из-за ограниченного доступа к соответствующим данным и обучающим ресурсам. Отсутствие современных инструментов для прогнозирования объёмов генерации усложняет планирование энергетической системы и снижает стабильность энергопоставок, особенно учитывая значительную зависимость солнечной и ветровой энергетики от переменчивых погодных условий.

В таких условиях внедрение технологий искусственного интеллекта способно обеспечить более системный и эффективный подход к эксплуатации альтернативных источников энергии, даже при наличии нестабильности, неполноты данных и отдалённости расположения энергообъектов.[5;7]

Таблица 2. Снижение рисков при с помощью технологий ИИ в зеленой энергетике

| Риск | Решение с помощью ИИ | Ожидаемый эффект |
|------------------------------|---|--|
| Высокие затраты | Оптимизация управления генерацией и хранилищами | Снижение эксплуатационных расходов |
| Инфраструктурные ограничения | Интеллектуальные алгоритмы для smart grid и IoT | Повышение устойчивости и надёжности сетей |
| Административные проблемы | XAI и блокчейн для обеспечения прозрачности и верификации | Повышение доверия и стимулирование поддержки |
| Нехватка знаний | Визуальные ИИ-платформы и цифровые двойники | Обучение и повышение вовлечённости пользователей |
| Неустойчивость генерации | Модели машинного обучения (LSTM, GRU) для прогноза | Повышение стабильности энергоснабжения |
| Инвестиционные риски | ИИ-анализ бизнес-моделей и прогнозов окупаемости | Повышение инвестиционной привлекательности |

В этом плане интеллектуальные системы выступают не просто как вспомогательные средства, а занимают центральное место в концепции умной энергетической системы, способной компенсировать недостаточное развитие инфраструктуры, дефицит стимулов и ограниченность локального оборудования за счёт автоматизации и оптимизации процессов, а также сокращения расходов.[2;5]

Таким образом, применение искусственного интеллекта в альтернативной энергетике выходит далеко за пределы простого управления и прогнозирования. Сейчас ИИ становится фундаментальной частью интеллектуальной инфраструктуры энергосистем, где основной акцент делается на создание надежных, самообучающихся и адаптирующихся к быстро меняющимся внешним условиям систем.

Возобновляемая энергетика превращается в одно из ключевых направлений развития отрасли, требующее не только технологического обновления, но и масштабного внедрения цифровых инноваций в инфраструктуру.

Технологии искусственного интеллекта могут стать важным элементом будущих энергосистем, объединяя прозрачность, устойчивость, высокую надёжность, а также экономическую и технологическую эффективность.

Интеграция ИИ в пилотные проекты, микросети и гибридные энергоресурсы с особым вниманием к автономному снабжению отдалённых территорий позволит существенно сократить углеродный след, повысить инвестиционную привлекательность и способствовать достижению целей по декарбонизации промышленного комплекса.

Список источников

1. Применение цифровых двойников и киберфизических систем на объектах генерации тепловой и электрической энергии [Электронный ресурс] // КиберЛенинка. – 2024. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/>
2. СберПРО. Цифровые двойники в энергетике: как цифровизация меняет энергетику России [Электронный ресурс]. – 2023. – Режим доступа: <https://sber.pro/digitaltwins-energy>
3. Вред и польза альтернативных источников энергии / С. З. Мамедов, К. П. Деркач, В. Л. Мегрикян, С. Д. Бурлака // Молодежная наука. Сборник лучших научных работ молодых ученых : Материалы LI студенческой научной конференции, Краснодар, 29 февраля – 21 2024 года. – Краснодар: Кубанский государственный технологический университет, 2024. – С. 397-402
4. Кускова, М. С. Анализ использования альтернативных источников энергии / М. С. Кускова, С. Д. Бурлака // Молодежная наука. Сборник лучших научных работ молодых ученых : Материалы LI студенческой научной конференции, Краснодар, 29 февраля – 21 2024 года. – Краснодар: Кубанский государственный технологический университет, 2024. – С. 390-396.
5. Чернышов, С. В. ИИ в энергетике: синергия эффективности и устойчивости [Электронный ресурс] / С. В. Чернышов, А. Л. Иванов. – 2025. – Режим доступа: <https://lvat.ru/news/ai-in-energy/>
6. Ассоциация развития возобновляемой энергетики (АРВЭ). Государственный квартальный обзор рынка ВИЭ в России. Январь–март 2024 г. [Электронный ресурс]. – 2025. – Режим доступа: <https://rusrenewable.ru/reports/q1-2024>
7. Бондарев, А. В. Роль искусственного интеллекта в решении экологических проблем / А. В. Бондарев, С. Д. Бурлака // Молодежная наука. Сборник лучших научных работ молодых ученых : Материалы LI студенческой научной конференции, Краснодар, 29 февраля – 21 2024 года. – Краснодар: Кубанский государственный технологический университет, 2024. – С. 300-305.
8. Искусственный интеллект в энергетике. – Международное энергетическое агентство (МЭА) [Электронный ресурс] – 2023. – Режим доступа: <https://www.iea.org/reports/artificial-intelligence-in-energy>

References

1. The use of digital twins and cyberphysical systems at thermal and electric energy generation facilities [Electronic resource] // CyberLeninka. – 2024. – Access mode: <https://cyberleninka.ru/>
2. Savings account. Digital twins in the energy sector: how digitalization is changing the Russian energy sector [Electronic resource]. – 2023. – Access mode: <https://sber.pro/digitaltwins-energy>
3. Harm and benefit of alternative energy sources / S. Z. Mammadov, K. P. Derkach, V. L. Megrikyan, S. D. Burlaka // Youth Science. Collection of the best scientific papers of young scientists : Proceedings of the LI Student Scientific conference, Krasnodar, February 29 – 21, 2024. Krasnodar: Kuban State Technological University, 2024. pp. 397-402
4. Kuskova, M. S. Analysis of the use of alternative energy sources / M. S. Kuskova, S. D. Burlaka // Youth Science. Collection of the best scientific papers of young scientists : Proceedings of the LI Student Scientific conference, Krasnodar, February 29 – 21, 2024. Krasnodar: Kuban State Technological University, 2024. pp. 390-396.
5. Chernyshov, S. V. AI in the energy sector: synergy of efficiency and sustainability [Electronic resource] / S. V. Chernyshov, A. L. Ivanov. – 2025. – Access mode: <https://1vat.ru/news/ai-in-energy/>
6. Association for the Development of Renewable Energy (ARVE). The state quarterly review of the renewable energy market in Russia. January–March 2024 [Electronic resource]. – 2025. – Access mode: <https://rusrenewable.ru/reports/q1-2024>
7. Bondarev, A.V. The role of artificial intelligence in solving environmental problems / A.V. Bondarev, S. D. Burlaka // Youth Science. Collection of the best scientific papers of young scientists : Proceedings of the LI Student Scientific conference, Krasnodar, February 29 – 21, 2024. Krasnodar: Kuban State Technological University, 2024, pp. 300-305.
8. Artificial Intelligence in Energy. – International Energy Agency (IEA), 2023. – URL: <https://www.iea.org/reports/artificial-intelligence-in-energy>