

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

ECONOMIC ASPECTS OF THE INTRODUCTION OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN RENEWABLE ENERGY

Плотницкий И.О., аспирант ФГБУ «НИЦИ МИД России»,
Москва

Журавлева Т.Б., д-р экон. наук, профессор, заведующий
отделом аспирантуры ФГБУ «НИЦИ МИД России»,
Москва

Актуальность исследования обусловлена ускоряющейся технологической динамикой в сфере возобновляемой энергетики, которая требует экономической переоценки механизмов внедрения и масштабирования инноваций. Цель работы – определить ключевые экономические аспекты, влияющие на эффективность инновационных технологий в возобновляемой энергетике, и выявить их роль в формировании новой энергетической архитектуры России. Методологическая база включает сравнительный анализ инвестиционных и производственных моделей, оценку стоимости жизненного цикла инноваций, а также сопоставление с данными Росстата. В статье предложен системный подход к оценке влияния инноваций на себестоимость выработки, локализацию оборудования и устойчивость энергетического перехода. Полученные результаты показывают, что интеграция цифровых решений, гибридных систем аккумулирования и «умных» сетей снижает совокупные издержки на 15–20% и повышает энергоэффективность генерации. Научная новизна заключается в уточнении взаимосвязи между уровнем технологической зрелости инноваций и их экономическим эффектом на макроуровне. Практическая значимость – в выработке инструментов экономической оценки инновационных проектов, ориентированных на достижение углеродной нейтральности и развитие внутреннего рынка возобновляемой энергетики.

Ключевые слова: возобновляемая энергетика, инновационные технологии, экономическая эффективность, цифровизация, энергоаккумуляция, устойчивое развитие, инвестиции.

Для цитирования: Плотницкий И.О., Журавлева Т.Б. Экономические аспекты инновационных технологий возобновляемой энергетики // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2026. № 1 (88). С. 16–21.

Plotnitsky I.O., Postgraduate Student at the Research Institute of the Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation, Moscow

Zhuravleva T.B., Doctor of Economics, Professor, Head of the Postgraduate Department at the Federal State Budgetary Institution NICI of the Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation, Moscow

The relevance of the study is due to the accelerating technological dynamics in the field of renewable energy, which requires an economic reevaluation of the mechanisms for implementing and scaling innovations. The purpose of the work is to identify the key economic aspects that affect the effectiveness of innovative technologies in renewable energy and to determine their role in shaping Russia's new energy architecture. The methodological framework includes a comparative analysis of investment and production models, an assessment of the cost of the innovation's life cycle, and a comparison with data from Rosstat. The article proposes a systematic approach to assessing the impact of innovations on the cost of production, equipment localization, and the sustainability of the energy transition. The results show that the integration of digital solutions, hybrid storage systems, and smart grids reduces total costs by 15–20% and improves the energy efficiency of generation. The scientific novelty lies in clarifying the relationship between the level of technological maturity of innovations and their economic effect at the macro level. The practical significance lies in developing tools for economic assessment of innovative projects aimed at achieving carbon neutrality and developing the domestic renewable energy market.

Keywords: renewable energy, innovative technologies, economic efficiency, digitalization, energy storage, sustainable development, and investments.

For citation: Plotnitsky I.O., Zhuravleva T.B. Economic aspects of the introduction of innovative technologies in renewable energy. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2026; 1(88): 16–21. (In Russ.).

ВВЕДЕНИЕ

В условиях глобального энергетического перехода возобновляемая энергетика становится не только экологическим, но и экономическим приоритетом, определяющим конкурентоспособность национальных экономик. По данным Международного агентства по возобновляемой энергетике (далее – IRENA), в 2024 году доля возобновляемых источников энергии (далее – ВИЭ) в мировом приросте мощностей превысила 87% [1]. Общий прирост ВИЭ свидетельствует о структурном сдвиге в мировой энергетике, где инновационные технологии – цифровизация, энергоаккумуляция и гибридные системы – становятся базовым фактором снижения себестоимости и роста эффективности.

В научной литературе вопрос экономической оценки инноваций в энергетике раскрывается неоднозначно. Так, Е.В. Виноградова рассматривает развитие ВИЭ как фактор диверсификации российской экономики и источник устойчивого роста [2], тогда как К.С. Дегтярёв и Д.А. Соловьёв подчеркивают институциональные барьеры внедрения инноваций в отрасли и необходимость адаптации механизмов государственной поддержки [3]. Исследования И.С. Соловченко и А.А. Рожкова показывают, что цифровизация производственных процессов в энергетике трансформирует логику издержек и требует новых подходов к оценке жизненного цикла активов [4]. В свою очередь, Д.О. Хитрых отмечает, что цифровая трансформация энергетике создает предпосылки для перехода к модели предсказуемых доходов, основанной на данных [5].

Совокупный анализ этих работ позволяет заключить, что экономическая результативность инновационных технологий определяется не только их техническими параметрами, но и зрелостью институциональной и финансовой среды. Несмотря на растущее число исследований, остается недостаточно изученным вопрос о том, какие именно экономические механизмы обеспечивают снижение совокупных издержек и повышение эффективности внедрения инноваций в ВИЭ в российских условиях.

Таким образом, актуальность исследования обусловлена необходимостью системного анализа взаимосвязи между технологической зрелостью инноваций, экономическими эффектами и институциональными ограничениями энергетического рынка России.

Цель статьи – определить ключевые экономические аспекты внедрения инновационных технологий в возобновляемой энергетике и выявить их роль в формировании устойчивой и конкурентоспособной энергетической архитектуры страны.

Методологическая база опирается на анализ отечественной и зарубежной литературы, статистические данные

IRENA и Росстата, сравнительный анализ инвестиционных моделей, а также на оценку стоимости жизненного цикла инноваций (LCOE, CAPEX, OPEX). Исследование направлено на формирование практических выводов, применимых при разработке национальных стратегий инновационного развития ВИЭ и перехода к низкоуглеродной экономике.

Особое внимание уделено взаимосвязи между инновационной активностью и экономическими результатами: сокращению удельной стоимости энергии (далее – LCOE – Levelized Cost of Energy – приведенная стоимость энергии), росту коэффициента использования установленной мощности (КИУМ) и созданию мультипликативного эффекта для смежных отраслей. Исследование направлено на формирование прикладных выводов, способных стать основой для разработки национальных стратегий инновационного развития ВИЭ и перехода к низкоуглеродной экономике.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Инновационные технологии становятся ключевым фактором экономической трансформации возобновляемой энергетике. Их внедрение уже не ограничивается задачами повышения экологичности, а направлено на создание новых моделей эффективности, снижающих себестоимость энергии и формирующих устойчивую основу для энергетического перехода [6].

В последние годы развитие ветровых и солнечных электростанций сопровождается активным внедрением систем накопления энергии, цифровых двойников и программных решений, которые позволяют предсказывать поведение оборудования, минимизировать аварийность и повышать коэффициент использования установленной мощности. Экономический эффект от этого проявляется в снижении совокупных издержек, ускорении сроков ввода объектов и росте инвестиционной привлекательности. Как отмечает П.А. Кузнецов, «развитие цифровой электроэнергетической инфраструктуры способствует трансферу технологий, развитию научно-технического прогресса, ускорению цифровизации экономики, что безусловно дает все шансы вывести страну на передовые места по уровню развития и модернизации экономики» [7].

Интеграция систем накопления энергии в проекты возобновляемой генерации позволяет сгладить неравномерность выработки, повысить стабильность энергоснабжения и снизить риски небаланса. При этом первоначальные капитальные вложения увеличиваются, однако совокупная стоимость владения активом за жизненный цикл уменьшается за счет экономии на сетевых платежах, оптимизации режимов и сокращения эксплуатационных затрат (см. табл. 1).

Из представленных данных видно, что инновационные технологии дают комплексный эффект: сокращают сроки

Таблица 1

Влияние внедрения инновационных технологий на экономические показатели проектов возобновляемой энергетики 2023 г.¹ [8]

Показатель	Традиционная установка	Установка с инновационными решениями	Изменение, %
Средний срок ввода (T _{app}), мес.	24	15	-37,5
Капитальные затраты (CAPEX), млн руб./МВт	85	95	+12
Эксплуатационные затраты (OPEX), млн руб./год	8,2	5,9	-28
Себестоимость энергии (LCOE), руб./кВт·ч	4,3	3,5	-18,6
Коэффициент использования установленной мощности (КИУМ), %	31	39	+25,8
Риск повторной сертификации (R _{cert}), баллы	1,0	0,6	-40
Экспортная готовность (ER, доля проектов, %)	45	68	+23

¹ IRENA. World Energy Transition Outlook 2024. – Abu Dhabi : International Renewable Energy Agency, 2024. – URL: <https://www.irena.org/publications> (дата обращения: 10.10.2025)

реализации, снижают эксплуатационные расходы и повышают энергетическую отдачу. При этом повышение капитальных затрат компенсируется за счет ускоренной окупаемости. Особенно заметен рост КИУМ, который отражает не только техническую, но и экономическую устойчивость работы оборудования, в том числе в рамках устойчивого развития экономики страны в целом [9].

Как отмечает профессор И.С. Соловенко и А.А. Рожков, «современные специалисты обращают внимание на такие важные (но до сих пор не решенные) проблемы цифровой трансформации, как неразработанность отраслевой стратегии цифровой трансформации предприятий топливно-энергетического комплекса, высокая степень импортозависимости, отсутствие системы цифрового управления, несформированность центров цифровых компетенций, необеспеченность развития информационной инфраструктуры, а также недостаточная разработка программ повышения квалификации персонала по цифровому развитию» [4]. Данное наблюдение подтверждается практикой российских предприятий, участвующих в программах модернизации ветроэнергетических парков.

Внедрение цифровых двойников турбин и солнечных модулей позволяет моделировать эксплуатационные режимы, прогнозировать износ элементов и оптимизировать планирование технического обслуживания. Моделирование ведет к снижению затрат на ремонт, повышению надежности и уменьшению простоев. Применение технологий искусственного интеллекта в предиктивной аналитике позволяет формировать точные сценарии работы оборудования с учетом погодных условий, суточных колебаний и прогнозов нагрузки.

Экономические выгоды цифровизации проявляются в трех измерениях. Во-первых, сокращается доля непроизводительных простоев, увеличивая годовую выработку энергии, и положительно влияет на выручку. Во-вторых, снижается уровень аварийности и продлевается срок службы оборудования, уменьшая долгосрочные инвестиционные риски. В-третьих, цифровая среда повышает прозрачность взаимодействия между участниками рынка, снижая транзакционные издержки при сертификации, согласованиях и отчетности.

Как подчеркивает Д. О. Хитрых, «анализ международного опыта внедрения цифровых технологий показывает, что внедрение данных технологий на этапах добычи и переработка нефти и газа позволяет повысить эффективность технического обслуживания оборудования на 20–30%, сократить внеплановые простои и оборудования на 15–20%, увеличить показатели извлечения и объемы добычи нефти на 10% и снизить удельную себестоимость добычи нефти на 15%» [5].

Гармонизация национальных и международных стандартов создает благоприятную среду для инноваций. Сокращение процедур сертификации и признание результатов испытаний, выполненных по стандартам IEC/ISO, позволяет ускорить ввод объектов и снизить издержки на дублирование проверок. Для России ускорение ввода объектов в эксплуатацию и минимизация издержек особенно важны, так как высокая степень локализации производства требует прозрачных процедур соответствия и доверия к результатам отечественных испытаний (см. табл. 2).

Таблица 2

Влияние внедрения инновационных технологий на экономические показатели проектов возобновляемой энергетики 2023 г.^{2,3}

Этап жизненного цикла	До гармонизации стандартов	После гармонизации	Изменение показателя
Средняя длительность согласований, мес	18	11	-39%
Доля затрат на испытания в структуре CAPEX, %	6,5	4,2	-2,3%
Количество повторных сертификаций, случаев на 10 проектов	3,1	1,2	-61%
Время выхода на экспортные рынки, мес.	24	15	-37,5%
Доля проектов с международным признанием испытаний, %	40	70	+30%

² Сост. по: Росстандарт. Отчет о развитии системы стандартизации в области энергетики за 2023 год. – М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2024. – URL: <https://rosstandart.gov.ru> (дата обращения: 10.10.2025).

³ Минэнерго России. Энергетический доклад Российской Федерации – 2024. – М.: Министерство энергетики РФ, 2024. – URL: <https://minenergo.gov.ru> (дата обращения: 10.10.2025).

Из данных таблицы видно, что стандартизация оказывает значительный мультипликативный эффект. Она не только ускоряет технологический цикл, но и повышает доверие инвесторов и партнеров к отечественным проектам. Наличие прозрачной нормативной среды сокращает стоимость капитала и создает основу для долгосрочного планирования.

Как подчеркивают К. Дегтярёв и Д. Соловьёв, «актуальность развития возобновляемой энергетики в России сохраняется; более того, отход от излишнего фокусирования на климатической повестке позволяет обратить внимание на ряд других, более существенных предпосылок ее использования» [3]. Данный вывод согласуется с результатами международных исследований, подтверждающих, что каждая неделя ускорения сертификации снижает издержки проекта на 0,5–1%.

Экономический успех внедрения инноваций невозможен без адаптированной системы финансирования. Наиболее востребованными становятся «зеленые» облигации, механизмы проектного финансирования и долгосрочные контракты на поставку энергии. Эти инструменты позволяют снизить стоимость капитала и обеспечить устойчивость денежных потоков.

Развитие устойчивых финансов в России идет по пути интеграции ESG-принципов в корпоративную отчетность. По данным Банка России, к концу 2024 года объем обращающихся «зеленых» облигаций превысил 250 млрд рублей, а в таксономию устойчивых инвестиций впервые включены проекты по накоплению и цифровому управлению энергией. Такое институциональное признание инноваций свидетельствует о зрелости рынка и готовности инвесторов вкладываться в технологические решения долгосрочного характера.

Как подчеркивает доктор экономических наук Е.В. Виноградова, «развитие рынка зеленых финансов формирует экономику доверия, где стоимость денег зависит не только от рисков, но и от вклада проекта в устойчивость» [2].

Российская энергетика обладает значительным потенциалом для развития инноваций, особенно в сфере солнечной и ветровой генерации. Наличие научных школ, инженерных компетенций и доступных природных ресурсов создает предпосылки для формирования внутреннего рынка оборудования. Однако основными барьерами остаются высокая капиталоемкость, недостаточная локализация элементной базы и необходимость обновления нормативно-технических регламентов.

Постепенное внедрение цифровых платформ для управления стандартами, создание испытательных центров и развитие программ подготовки кадров формируют инфраструктуру для ускоренного внедрения инноваций. В регионах с развитой промышленной базой уже появляются локальные кластеры возобновляемой энергетики, объединяющие производителей оборудования, научные институты и сервисные компании.

Сводный анализ показывает, что инновационные технологии в сфере возобновляемой энергетики оказывают мультипликативное влияние на экономику проектов. Сочетание накопителей, цифровых систем мониторинга, гибридных решений и стандартизации формирует замкнутый контур эффективности, в котором каждый элемент усиливает действие других.

Во-первых, инновации снижают совокупные издержки, повышая производительность активов. Во-вторых, они уменьшают регуляторные лаги, повышая скорость возврата инвестиций. В-третьих, они создают благоприятные условия

для участия России в международных технологических цепочках. Эти тенденции подтверждают устойчивость инвестиционного интереса к сектору даже в условиях глобальной турбулентности и санкционных ограничений.

Проведенный анализ показал, что инновационные технологии становятся не дополнением, а основой экономической устойчивости возобновляемой энергетики. Они меняют структуру затрат, повышают энергоэффективность и создают условия для снижения зависимости от внешних поставок. Экономический эффект проявляется на всех стадиях жизненного цикла – от проектирования до эксплуатации. В современных условиях именно инновации обеспечивают баланс между экономической рациональностью и экологическими целями. Совмещение цифровизации, стандартизации и новых финансовых инструментов формирует долгосрочный вектор роста отрасли.

Таким образом, развитие инновационных технологий в возобновляемой энергетике создает прочный фундамент для модернизации экономики, повышения ее технологической независимости и устойчивого движения к углеродной нейтральности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Инновационное развитие возобновляемой энергетики становится стратегическим направлением экономической политики, формирующим новую модель роста, основанную на знаниях, технологической независимости и устойчивости. Проведенное исследование показало, что технологические инновации уже не являются вспомогательным элементом, а выступают системным фактором, определяющим эффективность и конкурентоспособность энергетического сектора России.

Главный вывод состоит в том, что внедрение цифровых решений, систем накопления энергии и современных механизмов управления проектами приводит к экономическому эффекту, сопоставимому с масштабами традиционных источников энергосбережения. Инновации снижают совокупные издержки, сокращают сроки реализации проектов и повышают коэффициент использования установленной мощности, тем самым увеличивая отдачу на вложенный капитал. Стандартизация и цифровизация производственных процессов обеспечивают предсказуемость результатов, уменьшают регуляторные лаги и повышают доверие инвесторов.

Особое значение имеет развитие институциональной среды. Гармонизация национальных стандартов с международными системами IEC и ISO, внедрение принципа минимально жизнеспособных стандартов, цифровой документооборот и создание испытательных центров формируют современную инфраструктуру для тиражирования инно-

ваций. Эти шаги позволяют России укрепить позиции на глобальном рынке возобновляемых технологий, где признание процедур испытаний и прозрачность сертификации становятся ключевыми условиями доступа.

Наряду с техническими и регуляторными мерами важнейшим направлением остается финансовая поддержка инновационных проектов. Развитие рынка «зеленых» облигаций, внедрение таксономии устойчивых инвестиций, применение механизмов проектного финансирования и контрактов на разницу формируют «экономику доверия», в которой стоимость капитала снижается благодаря верифицированным экологическим и технологическим метрикам. Эти инструменты создают долгосрочные стимулы для частного сектора и позволяют масштабировать инновации без чрезмерной зависимости от бюджета.

Социально-экономический эффект инноваций проявляется в росте занятости, развитии инженерных компетенций, расширении внутреннего рынка оборудования и повышении налоговой устойчивости регионов. Распространение технологий накопления энергии, цифровых систем мониторинга и гибридных станций создает новые цепочки добавленной стоимости и укрепляет промышленный потенциал страны. Таким образом, инновации становятся источником не только экологической, но и макроэкономической устойчивости.

В долгосрочной перспективе переход к инновационной модели энергетики требует синхронизации усилий государства, бизнеса и науки. Государство должно создавать нормативные и финансовые стимулы, бизнес – внедрять гибридные технологические решения, а научное сообщество – формировать теоретическую и методическую базу оценки эффективности инноваций. Только при их взаимодействии возможно достижение стратегических целей энергетического перехода и выполнение международных обязательств в области снижения углеродного следа.

Проведенное исследование подтвердило, что экономический эффект внедрения инноваций в возобновляемой энергетике определяется не только снижением затрат, но и качественными изменениями в структуре управления, финансирования и регулирования. От скорости адаптации этих институтов зависит, сумеет ли Россия использовать окно возможностей для формирования нового технологического уклада.

Итоговое заключение состоит в том, что возобновляемая энергетика, основанная на инновационных технологиях, является не просто экологическим трендом, а экономическим фундаментом новой индустриальной эпохи. Она объединяет технологические достижения, финансовые механизмы и институциональные изменения в единую стратегию устойчивого роста. Реализация этой страте-

гии позволит России не только повысить энергетическую безопасность и диверсифицировать экономику, но и занять достойное место в международной системе низкоуглеродного развития.

Рецензент: Сухов Андрей Владимирович, доктор технических наук, профессор, старший научный сотрудник научно-производственного объединения «Специальная техника и связь», г. Москва, Российская Федерация. E-mail: avs57@mail.ru

Список литературы

1. Энергетика и промышленность России. IRENA: в 2023 году ВИЭ-генерация обеспечила 87% общемирового прироста мощностей // Энергетика и промышленность России. – 22.03.2024. – URL: <https://eprussia.ru/market-and-analytics/1098123.htm> (дата обращения: 10.10.2025).
2. Виноградова Е.В. Экономические аспекты развития возобновляемых источников энергии в России // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». 2020. № 1. С. 285–288.
3. Дегтярев К. С., Соловьев Д. А. Проблемы и перспективы развития возобновляемой энергетики России в новых условиях // Энергетическая политика. 2022. № 6 (172). С. 55–69.
4. Соловенко И.С., Рожков А.А. Цифровизация предприятий топливно-энергетического комплекса России (рубеж XX–XXI вв.): степень изученности проблемы // Вестн. Том. гос. ун-та. 2023. № 489. С. 153–161.
5. Хитрых Д. О цифровой трансформации энергетической отрасли // Энергетическая политика. 2021. № 10 (164). С. 76–89.
6. Саломатин М.М. Информационные технологии как инновационный вектор развития электроэнергетики // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2012. № 2(6). С. 14.
7. Кузнецов П.А., Борисов Ю.А. Влияние развития электроэнергетической инфраструктуры на рост экономики // Инновации и инвестиции. 2020. № 5. С. 288–291.
8. Росстат. Энергетика России. Статистический сборник. – М.: Росстат, 2024. – URL: <https://rosstat.gov.ru> (Дата обращения: 10.10.2025).
9. Аронов И.З., Бурый А.С., Рыбакова А.М. Умная экономика замкнутого цикла: основа цифровых стратегий производственных компаний. Часть 1. Технологическая синергия индустрии 4.0 // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2022. № 4(68). С. 54–63.

References

1. Energetika i promyshlennost' Rossii. IRENA: v 2023 godu VIE-generaciya obespechila 87% obshchemirovogo prirosta moshchnostej. Energetika i promyshlennost' Rossii. 22.03.2024. – Available at: <https://eprussia.ru/market-and-analytics/1098123.htm> (Accessed 10 oktober 2025) (In Russ.).
2. Vinogradova E.V. Ekonomicheskie aspekty razvitiya vozobnovlyaemyh istochnikov energii v Rossii. Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh nauk i tekhnologij «Integral». 2020; 1:285-288.
3. Degtyarev K.S., Solovjev D.A. Problemy i perspektivy razvitiya vozobnovlyaemoj energetiki Rossii v novyh usloviyah. Energeticheskaya politika. 2022;6(172):55-69. (In Russ.).
4. Solovenko I.S., Rozhkov A.A. Cifrovizaciya predpriyatij toplivno-energeticheskogo kompleksa Rossii (rubezh XX–XXI vv.): stepen' izuchennosti problem. Vestn. Tom. gos. un-ta. 2023;489: 153–161. (In Russ.).
5. Khitrykh D. O cifrovoj transformacii energeticheskoy otrasli. Energeticheskaya politika. 2021; 10(164):76-89. (In Russ.).
6. Salomatin M.M. Informacionnye tekhnologii kak innovacionnyj vektor razvitiya elektroenergetiki. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2012; 2(6):14. (In Russ.).
7. Kuznetsov P.A., Borisov Y.A. Vliyanie razvitiya elektroenergeticheskoy infrastruktury na rost ekonomiki. Innovacii i investicii. 2020;5:288-291. (In Russ.).
8. Rosstat. Energetika Rossii. Statisticheskij sbornik. Moscow: Rosstat, 2024. Available at: <https://rosstat.gov.ru> (Accessed 10 oktober 2025). (In Russ.).
9. Aronov I.Z., Buryi A.S., Rybakova A.M. Umnaya ekonomika zamknutogo cikla: osnova cifrovyh strategij proizvodstvennyh kompanij. Part 1. Tekhnologicheskaya sinergiya industrii 4.0. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2022;4(68):54-63. (In Russ.).