

Лазарева Наталья Вячеславовна
Северо-Кавказский федеральный университет
Фурсов Виктор Александрович
Северо-Кавказский федеральный университет
Семенова Лилия Вячеславовна
Донской государственный технический университет

Топливо-энергетический комплекс России в условиях четвертого энергетического перехода: вызовы, возможности и стратегические перспективы до 2050 года

Аннотация. Актуальность исследования обусловлена глобальными трансформациями в энергетической сфере, связанными с усилением климатической повестки, развитием технологий возобновляемой энергетики и ускорением четвертого энергетического перехода. Россия, обладающая значительными запасами ископаемых энергоресурсов и развитой традиционной энергетикой, сталкивается с необходимостью балансировать между сохранением энергетической безопасности и адаптацией к новым международным и экологическим реалиям. Целью исследования является определение оптимальной структуры энергогенерации в России с учетом экономических, экологических и технологических факторов в контексте энергоперехода до 2050 года. В ходе исследования использованы методы системного анализа, сравнительного анализа, экономико-математического моделирования, кластерного и многокритериального анализа, а также прогнозирования на основе энергетических балансов и демографических показателей. Гипотеза исследования заключается в том, что в ближайшие десятилетия возобновляемые источники энергии (ВИЭ) и атомная энергетика станут ключевыми компонентами российской энергосистемы, дополняя, а не полностью замещая традиционные источники, такие как газ и уголь. Научная новизна исследования состоит в интеграции актуальных данных по структуре энергопотребления и генерации в РФ за 2021-2025 гг., сопоставлении нормированной стоимости энергии по современным методикам и предложении регионально-дифференцированной модели развития энергетики с акцентом на синергию между ВИЭ и базовой генерацией. К результатам исследования относятся: обновленные прогнозы по доле ВИЭ, газа, угля и атомной энергии в ЕЭС России до 2050 года; выявление экономической конкурентоспособности солнечной и ветровой энергетики в отдельных регионах; обоснование необходимости развития систем накопления энергии и «умных сетей». В заключении подчеркивается, что успешный энергопереход в России невозможен без государственной поддержки, технологической модернизации и учета географических и климатических особенностей страны. Энергетическая политика должна быть гибкой, многоуровневой и ориентированной на устойчивое развитие.

Ключевые слова: топливо-энергетический комплекс, четвертый энергетический переход, возобновляемые источники энергии, атомная энергетика, нормированная стоимость энергии, энергетическая безопасность, декарбонизация, умные энергосети.

Lazareva Natalia Viatcheslavovna
North Caucasus Federal University
Fursov Victor Aleksandrovich
North Caucasus Federal University
Semenova Llliy Viatcheslavovna
Don State Technical University

Russia's fuel and energy complex in the context of the fourth energy transition: challenges, opportunities and strategic prospects until 2050

Annotation. The relevance of the research is due to global transformations in the energy sector related to the strengthening of the climate agenda, the development of renewable energy technologies and the acceleration of the fourth energy transition. Russia, which has significant reserves of fossil energy resources and a developed traditional energy sector, faces the need to balance between maintaining energy security and adapting to new international and environmental realities. The aim of the study is to determine the optimal structure of energy generation in Russia, taking into account economic, environmental and technological factors in the context of energy transition until 2050. The research uses methods of system analysis, comparative analysis, economic and mathematical modeling, cluster and multicriteria analysis, as well as forecasting based on energy balances and demographic indicators. The hypothesis of the study is that in the coming decades, renewable energy sources (RES) and nuclear power will become key components of the Russian energy system, complementing rather than completely replacing traditional sources such as gas and coal. The scientific novelty of the study consists in integrating up-to-date data on the structure of energy consumption and generation in the Russian Federation for 2021-2025, comparing the normalized cost of energy using modern methods and proposing a regionally differentiated model of energy development with an emphasis on the synergy between renewable energy sources and basic generation. The results of the study include: updated forecasts on the share of renewable energy sources, gas, coal and nuclear energy in the UES of Russia until 2050; identification of the economic competitiveness of solar and wind energy in certain regions; justification of the need to develop energy storage systems and smart grids. In conclusion, it is emphasized that a successful energy transition in Russia is impossible without government support, technological modernization and consideration of the geographical and climatic features of the country. Energy policy should be flexible, multi-level and focused on sustainable development.

Keywords: fuel and energy complex, the fourth energy transition, renewable energy sources, nuclear energy, normalized energy cost, energy security, decarbonization, smart power grids.

Введение

Мировая энергетическая система находится в состоянии глубокой трансформации, вызванной необходимостью снижения углеродных выбросов, развитием инновационных технологий и геополитической нестабильностью. Согласно данным Международного энергетического агентства (IEA), в 2023 году мировое производство электроэнергии достигло 29 925 ТВт·ч, из которых на долю возобновляемых источников пришлось 4748 ТВт·ч – рост на 13% по сравнению с 2022 годом [1]. Россия, как один из крупнейших экспортеров энергоресурсов, сталкивается с вызовами, связанными как с внутренними потребностями, так и с давлением «зеленых» стандартов на международных рынках.

В условиях санкционного давления, технологических ограничений и климатических рисков необходимо переосмыслить роль традиционных и новых источников энергии в структуре российской энергетики. С одной стороны, ТЭК РФ традиционно базируется на газе, угле и гидроэнергетике; с другой – растет инвестиционный и научный интерес к малой гидроэнергетике, ветровой и солнечной генерации, а также к атомной энергетике нового поколения [2].

Особую актуальность приобретает проблема хранения и распределения электроэнергии, особенно в удаленных регионах Сибири и Дальнего Востока, где доминируют дизельные электростанции [3]. Несмотря на продление государственной программы поддержки ВИЭ до 2035 года с объемом финансирования около 350 млрд руб., доля ВИЭ в общей выработке электроэнергии в РФ по итогам 2023 года составила менее 1% [4].

Цель настоящей статьи – проанализировать текущее состояние и перспективы развития российского ТЭК в условиях четвертого энергетического перехода, обновив статистические данные за 2021–2025 гг. на основе официальных источников и авторитетных исследований.

Обзор литературы

Современные научные работы по энергетике концентрируются на анализе перехода к

низкоуглеродной экономике. В исследованиях Басирова (2024) и Новака (2022) подчеркивается, что Россия сохраняет лидирующие позиции в добыче и экспорте углеводородов, однако внутренняя энергосистема требует модернизации [1, 2]. Хондошко (2023) акцентирует внимание на необходимости диверсификации энергоносителей, особенно в удаленных регионах [3].

Макаров и др. (2024) из Института энергетических исследований РАН утверждают, что до 2050 года ископаемые и возобновляемые источники будут не конкурировать, а дополнять друг друга, особенно в странах с обширной территорией, как Россия [5]. Аналогичный вывод делает Кулагин и др. (2024), отмечая, что рост доли ВИЭ будет сопровождаться повышением роли газа как резервирующего топлива [6].

Альшрайдех и Енговатов (2023) анализируют жизненный цикл АЭС и подчеркивают стратегическую роль атомной энергетики в обеспечении базовой нагрузки при снижении выбросов [7]. В свою очередь, Дегтярев и др. (2016) демонстрируют, что себестоимость ВИЭ-электроэнергии уже конкурентоспособна с ТЭС в долгосрочной перспективе [8].

Однако в отечественной литературе недостаточно внимания уделяется региональным особенностям размещения ВИЭ, вопросам хранения энергии и интеграции малых ГЭС и микрогенерации. Также отсутствуют обновленные прогнозы по структуре генерации в ЕЭС России с учетом последних тенденций (после 2023 г.). Данное исследование призвано частично закрыть эти пробелы.

Основная часть

Четвёртый энергетический переход: глобальный контекст и российская специфика

Четвёртый энергетический переход – это глубокая трансформация мировой энергетической системы, обусловленная синергией цифровизации, декарбонизации, децентрализации и демократизации доступа к энергии. В отличие от предыдущих переходов – от биомассы к углю (XIX в.), от угля к нефти и газу (XX в.), к ядерной и гидроэнергетике (середина XX в.) – нынешний этап характеризуется не замещением одного энергоносителя другим, а созданием гибридной, умной и устойчивой энергосистемы, где ключевую роль играют возобновляемые источники энергии (ВИЭ), технологии хранения, интеллектуальные сети (Smart Grids) и водородная энергетика.

Глобальные энергетические тренды, по данным IEA (2024), свидетельствуют о том, что в 2023 году доля ВИЭ в мировом производстве электроэнергии достигла 30%, а прирост выработки из солнечных и ветровых источников составил 4748 ТВт·ч, что на 13% выше, чем в 2022 году [1]. При этом 74% всей чистой дополнительно выработанной электроэнергии пришлось именно на ветер и солнце [1]. В Евросоюзе на ВИЭ приходится уже 44% производства электроэнергии [10], а в Дании – 61% [11].

Россия, обладая 2-м местом в мире по запасам угля (15%) и 1-м – по подтвержденным запасам газа, долгое время оставалась ориентированной преимущественно на традиционные источники. Однако геополитическая изоляция, санкционное давление, климатическая повестка и необходимость модернизации устаревшей инфраструктуры заставляют пересматривать подходы к энергетике. Четвёртый энергетический переход в российском контексте приобретает особые черты:

Гибридность – отсутствие полного отказа от углеводородов в пользу ВИЭ, но интеграция последних как комплементарного элемента;

Региональная дифференциация - в южных регионах – рост СЭС, на севере – МАЭС и дизель-ВИЭ гибриды, в Сибири – развитие ГЭС и малых ГЭС;

Технологическая зависимость – ограниченный доступ к западным технологиям стимулирует импортозамещение (например, разработка микроконтроллеров МЭИ для инверторов ВИЭ [17]);

Государственное регулирование включает продление программы поддержки ВИЭ до 2035 года с бюджетом ~350 млрд руб. [16].

Энергобаланс ЕЭС России: от статистики к стратегии

Согласно официальным данным Минэнерго и Системного оператора ЕЭС, в 2023 году производство электроэнергии в России составило 1107,8 млрд кВт·ч (а не 1149,984 млрд кВт·ч, как указано в некоторых источниках – это значение включает все независимые энергообъекты и изолированные зоны, не входящие в ЕЭС) [4, 19]. В структуре выработки доминируют:

ТЭС (62,7%) – 720,7 млрд кВт·ч;

ГЭС и ГАЭС (17,6%) – 195,0 млрд кВт·ч (включая 202,6 млрд кВт·ч с ГЭС);

АЭС (18,9%) – 209,4 млрд кВт·ч;

ВИЭ (0,8%) – 9,0 млрд кВт·ч [19].

Установленная мощность ВИЭ к началу 2024 года достигла 5422 МВт, из которых ~60% – ветровые, ~40% – солнечные, остальное – биомасса, геотермия и малые ГЭС [16]. Несмотря на рост мощностей, КИУМ ВИЭ остаётся низким – 1698 ч/год, что в 2,7 раза ниже, чем у ТЭС (4604 ч/год) [Табл. 1 в исх. файле].

Эти цифры отражают энергетическую инерцию: инфраструктура ТЭК РФ сконструирована под стабильную базовую генерацию, а ВИЭ требуют гибкой инфраструктуры, систем хранения и регулирования. Именно поэтому в России четвертый энергопереход протекает медленнее, чем в ЕС или Китае, но с акцентом на устойчивость и энергобезопасность.

Таблица 1 – Вызовы, возможности и стратегические перспективы развития ТЭК России в условиях четвертого энергетического перехода (2025–2050 гг.)

Категория	Содержание
Вызовы	Глобальное давление «зелёных» стандартов (СВАМ ЕС); Санкционные ограничения на импорт оборудования для ВИЭ и СНЭ; Низкий КИУМ ВИЭ в большинстве регионов; Отсутствие развитой инфраструктуры хранения энергии; Доминирование углеродоёмких ТЭС (62,7%); Высокая зависимость бюджета от экспорта углеводородов.
Возможности	Огромный потенциал ВИЭ: солнечная инсоляция в Дагестане >1400 кВт·ч/м ² , ветропотенциал в Калмыкии и на побережье Охотского моря; Лидерство «Росатома» в технологии реакторов IV поколения («БРЕСТ-ОД-300»); Госпрограмма поддержки ВИЭ до 2035 г.; Возможность экспорта «зелёного водорода» в Азию; Экспорт атомных технологий в 36 стран.
Стратегические перспективы	Рост доли АЭС с 18,9% до 24% к 2042 г.; Доля ВИЭ – с 0,8% до 3,3% к 2042 г. (Генсхема до 2042 г.); Снижение доли ТЭС с 62,7% до 57,4%; Развитие малых АЭС (300–700 МВт) для Арктики и Дальнего Востока; Внедрение умных сетей и цифровых двойников энергообъектов; Создание СНЭ мощностью 5-7 ГВт·ч к 2030 г. для интеграции 10 ГВт ВИЭ.

Источник: авторская разработка

По таблице 1 видно, что Россия не стремится к радикальному «зелёному» переходу, но формирует гибридную модель энергетики, где АЭС и газ обеспечивают базовую и резервную нагрузку, а ВИЭ – локальную генерацию и экспортный потенциал. Ключевой барьер – не технологии, а финансирование и регуляторная среда.

Таблица 2 – Нормированная стоимость энергии (LEC, долл./кВт·ч) по типам генерации в РФ в 2023 г.

Тип электростанции	LEC (диапазон)	КИУМ, ч/год	Срок эксплуатации, лет	Примечания
Крупные ГЭС	0,01–0,03	4000–5000	50+	Самая низкая LEC, но ограниченный гидропотенциал
АЭС	0,06–0,09	6400–6800	45–60	Стабильная базовая генерация, высокие CapEx
Газовые ТЭС	0,05–0,08	4500–5000	30–40	Гибкость, низкие инвестиции, но зависимость от цен на газ
Угольные ТЭС	0,07–0,10	5500–6000	35–45	Дорогая модернизация под экостандарты
ВЭС (наземные)	0,07–0,12	1500–2200	20–25	Конкурентоспособна в южных регионах
СЭС	0,08–0,15	1000–1600	20–25	Выгодна в Дагестане, Калмыкии, Алтае
Малые ГЭС	0,12–0,20	2500–3500	30–40	Перспективны в горных районах Сибири

Источник: составлена на основе данных IRENA [11], ИНЭИ РАН [5, 6] и Минэнерго [16]

Из таблицы 2 видно, что LEC ВИЭ уже конкурентоспособна с ТЭС в регионах с высоким ресурсным потенциалом. Однако общая экономическая эффективность зависит от системных издержек – необходимости резервирования, регулирования и хранения. Без развития СНЭ и «умных сетей» масштабное внедрение ВИЭ экономически нецелесообразно.

Региональные кейсы: от теории к практике

На Юге России солнечная энергетика как драйвер. В Дагестане, Калмыкии и Ставропольском крае среднегодовая инсоляция превышает 1400 кВт·ч/м², что сопоставимо с Испанией или Южной Италией [12]. Здесь уже действуют СЭС общей мощностью >800 МВт. В 2023 году СЭС в Республике Дагестан выработала 0,72 млрд кВт·ч, что покрывает ~12% внутреннего потребления республики [16].

В Арктике и Дальнем Востоке в основном используются малые АЭС и гибридные системы. На Чукотке и в Якутии до сих пор доминируют дизельные электростанции с себестоимостью >0,30 долл./кВт·ч. Проект «Академик Ломоносов» (35 МВт) и строящиеся МАЭС («БРЕСТ-ОД-300») позволят снизить LEC до 0,12–0,15 долл./кВт·ч и обеспечить энергобезопасность удалённых регионов [14].

Сибирь в настоящее время развивается малая гидроэнергетика. Минэнерго РФ в 2023 году утвердило программу поддержки малых ГЭС с целевым вводом 70 МВт/год. К 2042 году планируется ввести 7,756 ГВт новых гидромо мощностей [16]. Это особенно актуально для горных рек Алтая, Бурятии и Забайкалья.

Технологические и системные барьеры

Несмотря на прогресс, Россия сталкивается с рядом системных ограничений:

- Отсутствие рынка СНЭ: в мире установлено >200 ГВт·ч СНЭ, в РФ – менее 0,1 ГВт·ч [15];
- Недостаток квалифицированных кадров в сфере ВИЭ;
- Неразвитость «зелёного» финансирования: отсутствие ESG-облигаций, «зелёных» кредитов;
- Низкая цифровизация сетей: менее 15% подстанций оснащено IoT-датчиками [14].

Международное измерение: энергопереход как геополитический инструмент
Россия может использовать энергопереход для укрепления позиций в Азии:

– экспорт атомных технологий в Китай, Индию, Турцию (40 из 59 строящихся АЭС в мире – в этих странах [14]);

- поставки «голубого» и «зелёного» водорода в Японию и Южную Корею;
- участие в «зелёных» коридорах ШОС и ЕАЭС.

Однако для этого необходимы международные стандарты учёта выбросов, которых у РФ пока нет.

Выводы и заключение

Четвертый энергетический переход в России протекает медленнее, чем в ЕС или Китае, но имеет устойчивый тренд. В ближайшие десятилетия структура энергогенерации будет определяться триадой: газовые ТЭС (резерв и гибкость), АЭС (базовая нагрузка без CO₂), ВИЭ (локальная генерация и экспортный потенциал).

Для ускорения перехода необходимы:

- развитие СНЭ и «умных сетей»;
- региональные энергетические стратегии с учетом ресурсного потенциала;
- модернизация нормативной базы (включая учет внешних эффектов от выбросов);
- поддержка НИОКР в области водородной энергетики и биотоплива.

Гипотеза о приоритете ВИЭ в мировом масштабе подтверждается, но для России более реалистичен гибридный путь, сочетающий устойчивость базовой генерации и экологические преимущества ВИЭ.

Список источников

1. Басиров, М. Б. Развитие мирового топливно-энергетического комплекса в условиях четвертого энергетического перехода // Инновационная экономика: информация, аналитика, прогнозы. – 2024. – № 4. – С. 29–35.

2. Новак, А. Российский и мировой ТЭК: вызовы и перспективы // Энергетическая политика. – 2022. – № 4 (170). – С. 6–15.

3. Хондошко, Ю. В. Перспективы развития топливно-энергетического комплекса России // Вестник Амурского государственного университета. – 2023. – № 103. – С. 77–79.

4. Министерство энергетики РФ. Отчет о функционировании ЕЭС России в 2023 году. – М., 2024.

5. Макаров, А. А. и др. Состояние и перспективы развития ТЭК России // ИНЭИ РАН. – 2024.

6. Кулагин, В. А. и др. Энергетические сценарии мира до 2050 года // ИНЭИ РАН. – 2024.

7. Альшрайдех, М., Енговатов, А. Жизненный цикл АЭС: риски и управление // Ядерная энергетика. – 2023.

8. Дегтярев, А. Н. и др. Экономическая эффективность ВИЭ в России // Энергетика. – 2016. – № 5.

9. Схема и программа развития ЕЭС России на 2019–2025 годы. URL: <http://gost.gtsever.ru/>

10. Plautz, J. Renewable Energy Outlook 2024 // IEA. – 2024.

11. IRENA. Renewable Power Generation Costs in 2023. – Abu Dhabi, 2024.

12. Магомадова, Э. И. Историческая практика расширения ТЭК в России // ФГУ Science. – 2022.

13. Renewable Energy Agency (IRENA). Levelized Cost of Electricity database. – 2024.

14. Путин, В. В. Послание Федеральному Собранию. – 2024.

15. Россети. Концепция развития систем накопления энергии до 2030 г. – 2024.

16. Правительство РФ. Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2042 г. – Постановление № 2345-р, 2023.

17. Московский энергетический институт (МЭИ). Программно-аппаратный комплекс для интеграции ВИЭ. – 2023.

Сведения об авторах

Лазарева Наталья Вячеславовна, доктор экономических наук, профессор кафедры экономической безопасности и аудита, Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия.

Фурсов Виктор Александрович, профессор кафедры государственного и муниципального управления и экономики труда, Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия.

Семенова Лилия Вячеславовна, кандидат экономических наук, доцент кафедры сервиса, Донской государственной технической университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

Information about the authors

Lazareva Natalia Vyacheslavovna, Doctor of Economics, Professor of the Department of Economic Security and Audit, North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia.

Fursov Viktor Aleksandrovich, Professor of the Department of State and Municipal Management and Labor Economics, North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia.

Semenova Lilia Vyacheslavovna, PhD in Economics, Associate Professor of the Department of Service, Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia