

Международный научно-исследовательский журнал

«Прогрессивная экономика»

№ 4 / 2025 https://progressive-economy.ru/vypusk_1/chetvertyj-energoperehod-sovremennye-trendy-i-perspektivy-razvitiya-vozobnovlyaemoj-energetiki/

Научная статья / Original article

Шифр научной специальности ВАК: 5.2.5

УДК 502.174.3:620.92

DOI: 10.54861/27131211_2025_4_8



ЧЕТВЕРТЫЙ ЭНЕРГОПЕРЕХОД: СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕНДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Савина Н.П., кандидат экономических наук, доцент кафедры мировой экономики, Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова; старший научный сотрудник Лаборатории Прогнозирования ТЭК, Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН, г. Москва, Россия

Пивоваров С.С., аспирант кафедры мировой экономики, Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова, г. Москва, Россия

Аннотация. Актуальность данного исследования заключается в том, что изменение климата и энергоснабжение являются двумя наиболее важными проблемами XXI века. Растущая концентрация парниковых газов в атмосфере усиливает естественный парниковый эффект, вызывая глобальное потепление и ускоренное повышение уровня моря. Автором были выделены главные аспекты четвертого энергоперехода. Они были рассмотрены с точки зрения влияния на климат, а также с глобальной точки зрения (влияния на государства). Главным аспектом в данном исследовании является возобновляемая энергетика как ключевой показатель четвертого энергоперехода. Мировая зависимость от энергии не проявляет никаких признаков ослабления. Относительный успех переходных экономик в последние годы в экономической сфере привел к повышению уровня жизни во многих слаборазвитых регионах. Кроме того, как рост населения, так и технологические инновации еще больше увеличили спрос на энергию. Главной целью данного исследования является определение основных аспектов четвертого энергоперехода, а также выявление перспектив развития возобновляемой энергетике. На основе данного исследования автор пришел к выводу, что четвертый энергопереход сопровождается многими глобальными изменениями. В области возобновляемой энергетике на данный момент отсутствуют глобальные инновации, что приводит к усложнению процесса энергоперехода.

Ключевые слова: энергетический переход, возобновляемая энергия, природные ресурсы, изменение климата.

THE FOURTH ENERGY TRANSITION: CURRENT TRENDS AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF RENEWABLE ENERGY

Savina N.P., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of World Economy, Plekhanov Russian University of Economics; Senior Researcher at the Fuel and Energy Complex Forecasting Laboratory, Institute of National Economic Forecasting of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Pivovarov S.S., Postgraduate Student of the Department of World Economy, Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

Abstract. The relevance of this study lies in the fact that climate change and energy supply are the two most important issues of the 21st century. The increasing concentration of greenhouse gases in the atmosphere enhances the natural greenhouse effect, causing global warming and accelerated sea level rise. The author highlighted the main aspects of the fourth energy transition. They were considered in terms of their impact on the climate, as well as from a global point of view (impact on states). The main aspect in this study is renewable energy as a key indicator of the fourth energy transition. The world's dependence on energy shows no signs of abating. The relative success of transition economies in recent years in the economic sphere has led to an increase in living standards in many underdeveloped regions. In addition, both population growth and technological innovation have further increased the demand for energy. The main purpose of this study is to identify the main aspects of the fourth energy transition, as well as to identify the prospects for the development of renewable energy. Based on this study, the author came to the conclusion that the fourth energy transition is accompanied by many global changes. There are currently no global innovations in the field of renewable energy, which complicates the process of energy transition.

Keywords: energy transition, renewable energy, natural resources, climate change.

JEL classification: J49, J21, P28.

Для цитирования: Савина Н.П., Пивоваров С.С. Четвертый энергопереход: современные тренды и перспективы развития возобновляемой энергетики // Прогрессивная экономика. 2025. № 4. С. 8–19. DOI: 10.54861/27131211_2025_4_8.

Статья поступила в редакцию: 25.03.2025 г. Одобрена после рецензирования: 04.04.2025 г. Принята к публикации: 05.04.2025 г.

For citation: Savina N.P., Pivovarov S.S. The fourth energy transition: current trends and prospects for the development of renewable energy // Progressive Economy. 2025. No. 4. pp. 8–19. DOI: 10.54861/27131211_2025_4_8.

The article was submitted to the editorial office: 25/03/2025. Approved after review: 04/04/2025. Accepted for publication: 05/04/2025.

Введение

Надежное и устойчивое энергоснабжение лежит в основе функционирования современной экономики, формируя базовые условия жизнедеятельности, которые в массовом сознании зачастую воспринимаются как данность [14]. На глобальном уровне качество жизни населения напрямую коррелирует с объемом и структурой потребляемой энергии. Устойчивое экономическое развитие, рост благосостояния и технологический прогресс невозможны без стабильного и доступного энергоснабжения.

Однако современная энергетическая система по-прежнему в значительной степени зависит от ископаемого топлива, что обуславливает высокие объемы выбросов углекислого газа (CO_2) – одного из значимых факторов глобального изменения климата [15]. Несмотря на возрастающее внимание к вопросам декарбонизации, в краткосрочной перспективе не представляется возможным ожидать радикального отказа от традиционных источников энергии, особенно в развивающихся странах, где приоритетом остается обеспечение доступа к недорогой и надежной энергии. Даже в случае снижения темпов ввода в эксплуатацию новых угольных электростанций, накопленный экологический ущерб, связанный с антропогенными выбросами, продолжит оказывать негативное воздействие на климатическую систему планеты. Последствия изменения климата уже проявляются в виде учащающихся экстремальных погодных явлений, деградации экосистем и рисков для продовольственной и водной безопасности.

Таким образом, энергетический переход (поэтапное изменение способов производства и потребления энергии) к более экологически чистым и устойчивым источникам становится не только стратегической задачей, но и необходимым условием предотвращения необратимых климатических последствий. Развитые страны, обладая более устойчивыми финансовыми системами и научно-техническими ресурсами, уже формируют собственные модели низкоуглеродной экономики, тогда как развивающиеся государства нередко ограничены в возможностях, продолжая опираться на традиционные источники энергии. Многообразие социально-экономических условий, уровень технологического развития и политическая воля формируют уникальные национальные траектории энергетического перехода, что затрудняет выработку универсального подхода и делает вопрос предметом научных и политических дискуссий. Поиск баланса между срочностью климатических действий и необходимостью сбалансированного экономического развития формирует потребность в новых концепциях и подходах, способных предложить комплексное видение энергетического перехода в условиях глобальной трансформации.

Проблемы энергетического перехода

Социально-экономическое развитие на протяжении всей индустриальной эпохи базировалось на масштабном использовании ископаемых источников энергии – прежде всего нефти, угля и природного газа. Их высокая энергоемкость, технологическая освоенность и доступность

сделали их основой глобальной энергетической системы. Тесная взаимосвязь между экономическим ростом, демографическим увеличением и потреблением энергии сформировала устойчивую зависимость мирового хозяйства от углеродоемкой модели развития.

Однако нарастающая деградация окружающей среды и истощение природных ресурсов подрывают устойчивость существующей экономической модели, основанной на широком использовании ископаемого топлива, и тем самым актуализировали необходимость перехода к альтернативным источникам энергии. Осознание масштабов экологических угроз способствовало формированию новой международной климатической повестки, в центре которой оказалось Парижское соглашение, принятое в 2015 году в рамках Рамочной конвенции ООН об изменении климата [3]. В рамках национально определяемых вкладов (NDCs) страны-участницы взяли на себя обязательства по реализации соответствующих мер до 2030 года, включая развитие возобновляемых источников энергии, повышение энергоэффективности и поэтапное сокращение зависимости от ископаемого топлива [19].

Выбор стратегических приоритетов в области энергетической политики оказывает долгосрочное влияние на конфигурацию мировой энергетики, способствуя либо сохранению текущей модели, либо переходу к устойчивым и низкоуглеродным формам энергоснабжения (рис. 1).

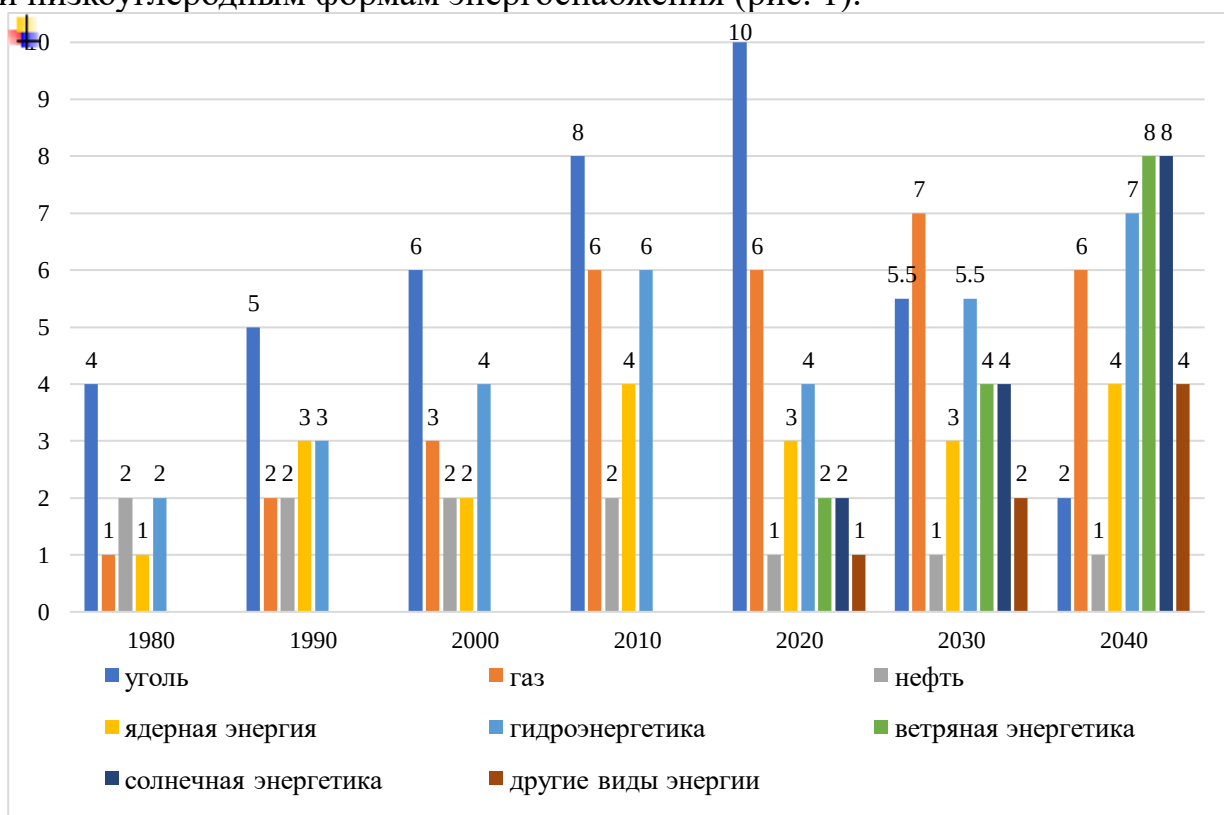


Рис. 1. Доля всех видов энергетики в период с 1980 г. по 2040 г. (прогноз)

Источник: составлено авторами на основе доклада института энергетических исследований РАН «Прогноз развития энергетики мира и России 2024»

На графике отражена динамика долей различных источников энергии в мировом энергопотреблении за период с 1980 по 2040 год (с 2020 года – прогнозные значения). Данные свидетельствуют о существенной трансформации энергетического баланса, происходящей в направлении снижения доли ископаемых видов топлива и наращивания производства энергии из возобновляемых источников. Мировой энергетический сектор вступает в фазу структурной перестройки, в которой возобновляемые источники энергии начинают играть все более значимую роль, хотя ископаемое топливо в ближайшие десятилетия останется частью глобального энергобаланса.

Однако переход к новой энергетической модели сопряжен как с рядом системных проблем, так и с потенциальными возможностями для устойчивого развития. Одним из первых и наиболее ощутимых барьеров на этом пути выступает высокая капиталоемкость внедрения возобновляемых источников энергии, особенно на этапе создания соответствующей инфраструктуры [10]. Для многих стран, особенно с формирующейся экономикой, значительные первоначальные затраты на строительство генерирующих мощностей, модернизацию сетей и развитие систем накопления энергии становятся серьезным ограничением при реализации стратегии отказа от ископаемого топлива и перехода к использованию местных возобновляемых ресурсов.

Геополитическая нестабильность последних лет стала одним из факторов, ускоривших глобальный энергетический переход, придав дополнительную динамику процессам трансформации энергетических систем. Обострение международных конфликтов, нарушение стабильности поставок энергоресурсов и усиление санкционного давления выявили структурную уязвимость традиционной, импортозависимой модели энергоснабжения. В условиях высокой неопределенности и волатильностью цен на энергоресурсы, многие государства пересмотрели свои энергетические стратегии, делая ставку на развитие возобновляемых источников энергии, децентрализацию систем и повышение технологического суверенитета.

Воздействие на окружающую среду

Между тем, по данным международных организаций, около 2,1 миллиарда человек по-прежнему не имеют доступа к экологически чистым видам топлива [12]. Согласно оценкам Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), энергетический сектор остается крупнейшим источником глобальных выбросов, на который приходится свыше 70% всех выбросов парниковых газов, включая прямое и косвенное энергопотребление в транспорте, промышленности и зданиях [3]. Возобновляемые источники энергии, напротив, характеризуются существенно меньшим уровнем негативного воздействия на окружающую среду. Ветро- и солнечная генерация не сопровождаются выбросами парниковых газов в процессе эксплуатации, не требуют сжигания топлива и в большинстве случаев не связаны с загрязнением воды или почвы. Кроме того, проекты в области ВИЭ, как правило, обладают меньшей пространственной и водной

нагрузкой. Например, переход на энергию ветра может сократить выбросы углекислого газа до 90% по сравнению с выработкой энергии на угле [9].

Вместе с тем, развитие ВИЭ также не лишено экологических последствий, включая использование редкоземельных металлов, воздействие на ландшафт, биоразнообразие и потребность в утилизации оборудования. Более того, на текущий момент темпы реализации национальных обязательств отстают от заявленных целей, что свидетельствует о наличии существенного разрыва между климатическими декларациями и реальными мерами.

Экономические соображения

Переход к низкоуглеродной модели энергетики влияет на конкурентоспособность национальных экономик и перераспределяет глобальные потоки инвестиций. Страны, которые раньше занимали лидирующие позиции на рынке ископаемого топлива, сталкиваются с необходимостью переориентации своих экономик. В то же время государства, активно развивающие ВИЭ, инновации и технологии хранения энергии, формируют новые экспортные преимущества и усиливают свою позицию в мировой экономике будущего. При переходе от невозобновляемых источников энергии к возобновляемым большое внимание уделяется макроэкономическим результатам, особенно из-за неопределенности в отношении стоимости внедрения новых энергетических технологий и потенциального широкого спектра экономических последствий, как положительных, так и отрицательных [18]. Макроэкономические модели (например, CGE-модели, IAMs), применяемые для оценки последствий энергетического перехода, как правило, фокусируются на экономических издержках, связанных с сокращением выбросов углерода и изменениями в ценах на энергоносители, но часто не учитывают все факторы, способные повлиять на реальный процесс энергетического перехода [4].

В частности, анализируя широкий спектр сценариев, Н. Штерн в своем обзоре «Экономика изменения климата» приходит к выводу, что более высокие начальные инвестиции в энергетический переход позволяют существенно сократить совокупные издержки, связанные с последствиями изменения климата, а также снизить долгосрочные затраты на меры адаптации [17]. Наряду с этим, автор подчеркивает наличие высокой степени неопределенности в расчетах и прогнозах, обусловленной упрощенными допущениями, характерными для многих моделей, а также недостаточной интеграцией энергетических процессов с общей макроэкономической динамикой в рамках используемых аналитических инструментов.

Так, одно из таких исследований в рамках климатической политики Европейского Союза показало, что достижение цели по сокращению выбросов парниковых газов на 50% в условиях отсутствия международной координации может привести к снижению валового внутреннего продукта на уровне 1–3%. При этом подчеркивается, что общие макроэкономические издержки возрастают по мере повышения климатических целей, что объясняется необходимостью более масштабных структурных преобразований и ростом

инвестиционных требований [13]. Однако, фактические данные (табл. 1) демонстрируют, что уровень проникновения ВИЭ в энергосистемы различных стран существенно различается, что формирует неодинаковую степень уязвимости перед последствиями климатической политики.

Таблица 1

Доля возобновляемых источников энергии в странах на 2023 г.

Регион	Показатель доли ВИЭ
Европейский союз	48%
Китай	28%
США	27%
Индия	20%
Япония	20%
Российская Федерация	20%

*Источник: составлено авторами на основе отчета статистики за 2023 год
международного агентства по возобновляемым источникам энергии*

В странах с уже высокой долей ВИЭ (например, в некоторых Евросоюза) структура энергопотребления в значительной степени адаптирована к низкоуглеродным траекториям, а значит, потенциальные издержки от дальнейшего сокращения выбросов могут быть ниже по сравнению с государствами, в энергетическом балансе которых преобладают ископаемые ресурсы (например, Индия). Таким образом, таблица иллюстрирует структурное расслоение стран по готовности к переходу, которое должно учитываться при интерпретации результатов моделей и формировании климатической политики. Страны, имеющие более высокую долю возобновляемых источников энергии в своей энергетической системе, потенциально столкнутся с меньшими экономическими издержками при дальнейшем снижении выбросов, поскольку их инфраструктура, технологии и институциональные механизмы уже частично адаптированы к требованиям низкоуглеродного развития. Напротив, экономики, в значительной степени зависящие от ископаемого топлива, будут вынуждены осуществлять более глубокую структурную трансформацию, требующую значительных инвестиций и сопряженную с более высокими краткосрочными затратами. Таким образом, неоднородность макроэкономических эффектов климатической политики обуславливает необходимость дифференцированного подхода при ее международной координации.

Технологические особенности современных энергетических систем

Несмотря на рост доли возобновляемых источников энергии, современные энергетические системы по-прежнему во многом основаны на сжигании биомассы и ископаемых видов топлива - таких как уголь, нефть и природный газ. Новые технологические потребности, включая развитие облачных вычислений и цифровой инфраструктуры, способствуют увеличению энергетического потребления, что в ряде случаев усиливает зависимость от традиционных источников энергии.

Энергетика остается одной из наиболее инерционных отраслей, поскольку переход к новым технологическим решениям требует длительных инвестиционных циклов, переоснащения оборудования, изменения логистических цепочек и нормативно-правовой базы. Около 50% сокращения выбросов CO₂, необходимых для достижения климатических целей, предполагает решение технологически сложных задач, связанных с глубокими преобразованиями в энергетике и смежных отраслях [16]. Как подчеркивает Международное энергетическое агентство (IEA), значительная часть этих сокращений зависит от внедрения и масштабирования технологий, которые в настоящий момент находятся либо на ранней стадии коммерциализации, либо еще проходят стадию опытно-промышленной апробации [16]. К числу таких решений относятся водородные энергосистемы, технологии улавливания и хранения углерода (CCUS), промышленная электрификация и инновационные формы накопления энергии.

Кроме того, развитие возобновляемых источников энергии сопровождается внедрением распределенных генерирующих мощностей, интеллектуальных сетей (smartgrids), систем хранения энергии и цифровых платформ управления спросом. Однако такие решения требуют высокой степени координации между секторами, модернизации существующих сетей, а также значительных вложений в НИОКР и подготовку кадров. Одной из ключевых технологических проблем остается интермиттентность (непостоянство) производства энергии из ВИЭ, особенно солнечной и ветровой, что требует развития систем накопления и гибких механизмов управления потреблением. Таким образом, технологический профиль энергетической системы напрямую влияет на темпы и характер энергетического перехода, определяя как возможности, так и ограничения на пути к декарбонизации.

Возможности энергетического перехода

Помимо масштабных вызовов и рисков, энергетический переход открывает широкие возможности для устойчивого экономического роста, технологических инноваций и повышения социальной справедливости. Развитие возобновляемых источников энергии, электрификация транспорта, декарбонизация промышленности и цифровизация энергосистем формируют новые сектора экономики, способствуя созданию рабочих мест, росту инвестиций и диверсификации национальных энергетических структур. На сегодняшний день большинство политических усилий в сфере энергетического перехода сосредоточено на технически осуществимых и социально приемлемых мерах, таких как развитие возобновляемых источников энергии, повышение энергоэффективности и электрификация транспорта. Климатическая и энергетическая политика фокусируется на решениях, которые легче реализовать, в то же время более глубокие структурные изменения, требующие трансформации производственных моделей, потребительского поведения и перераспределения ресурсов, остаются политически чувствительными и часто откладываются.

Несмотря на наличие широких инвестиционных возможностей в различных смежных отраслях, основное внимание и наибольший масштаб текущих капиталовложений по-прежнему сосредоточены в сегменте генерации электроэнергии на основе ветровых и солнечных технологий. Однако в долгосрочной перспективе устойчивость энергетического перехода будет зависеть от диверсификации инвестиционных потоков и поддержки менее развитых, но критически важных направлений, включая водородную энергетику, системы хранения энергии и цифровые платформы управления спросом.

Анализ угроз энергетической безопасности при энергопереходе

Переход к низкоуглеродной энергетике, несмотря на очевидные экологические и экономические преимущества, сопряжен с рядом рисков для энергетической безопасности. Одной из ключевых угроз является нестабильность энергоснабжения в переходный период, обусловленная поэтапным выводом из эксплуатации углеродоемких мощностей и еще недостаточной технологической зрелостью альтернативных решений. В ряде стран децентрализация генерации, быстрая интеграция ВИЭ и отказ от базовых источников энергии (например, атомной или угольной) могут привести к дефициту резервных мощностей, особенно в пиковые периоды потребления. Для количественной оценки энергетической безопасности и выявления структурных различий между странами используется Индекс энергетической трилеммы, разработанный Всемирным энергетическим советом (твбл. 2).

Таблица 2

Индекс энергетической трилеммы по странам-лидерам за 2023 год

Индекс ранга	Страна	Балансовая оценка	Оценка трилеммы	Оценка энергетической безопасности	Оценка Энергетического капитала	Оценка Экологической устойчивости
1	Дания	АААа	83,2	72,2	95,8	83,5
1	Швеция	АААа	83,1	73,4	93,4	85
2	Финляндия	АААа	82,7	75,9	92,3	80,8
3	Швейцария	АААа	82,1	64,5	98,1	85,7
4	Канада	ААБа	81	76,6	96,2	72,8
5	Австрия	АААа	80,9	71,8	95,3	78,6
6	Франция	АААа	80,6	69,4	93,7	83,2
7	Эстония	АБАа	80,2	69,9	94,8	78,5
7	Германия	АААа	80,2	72,9	94,4	76,6
8	Великобритания	АААа	80	67,7	95,7	79,2
8	Норвегия	БАДа	79,9	62,7	94,4	84,3
9	Новая Зеландия	АААа	79,6	68,2	95,4	76,4
10	США	ААБа	78,9	72,7	97,3	69

Источник: составлено авторами на основе отчета Всемирного энергетического совета «Индекс трилеммы 2023»

Индекс учитывает три ключевых компонента: энергетическую безопасность, доступность (капитал) и экологическую устойчивость [2]. Детализированное распределение стран (Топ – 10 лидеров) по компонентам индекса позволяет выявить наименее сбалансированные энергетические профили и потенциальные зоны риска. Как видно из таблицы 2, наивысшие интегральные оценки присущи странам с устойчивым балансом между надежностью энергоснабжения, развитой инфраструктурой и экологической повесткой – таким как Дания, Швеция и Финляндия. В то же время более низкие показатели по компоненту безопасности в ряде стран (например, Швейцарии или Норвегии) могут указывать на уязвимость энергетической системы в контексте нестабильных поставок или отсутствия внутреннего производства ископаемого топлива. Наблюдаемые различия подчеркивают важность контекстного подхода при оценке угроз энергетической безопасности и необходимости адаптированной политики в условиях энергоперехода.

Меры по повышению энергоэффективности

В последние годы цели в области декарбонизации в рамках Парижского соглашения и национальных климатических стратегий существенно ужесточились, а регуляторные механизмы приобрели более жесткий и обязательный характер связи с необходимостью достижения углеродной нейтральности в установленные сроки. Усиление нормативных требований проявляется как в ужесточении стандартов выбросов, так и в расширении системы углеродного ценообразования, субсидирования «чистых» технологий и ограничении использования определенных видов ископаемого топлива.

Так, Директива об энергоэффективности (Energy Efficiency Directive, EED) является краеугольным камнем европейской климатической политики. В обновленной редакции директива предусматривает достижение целевого показателя повышения энергоэффективности на 11,7% к 2030 году по сравнению с базовым сценарием потребления энергии [7]. В данном контексте повышение энергоэффективности рассматривается как наиболее экономически эффективный и оперативно реализуемый механизм сокращения выбросов парниковых газов и снижения зависимости от ископаемого топлива. Даже в самых амбициозных сценариях IEA, IPCC и ЕС, энергоэффективность обеспечивает до 40% сокращений выбросов в ближайшие десятилетия. То есть меры по повышению энергоэффективности являются не дополнением, а фундаментом энергетического перехода.

Заключение

Развитие технологий способствует ускорению энергетического перехода, однако достижение устойчивой и интегрированной энергетической системы требует внедрения прорывных решений и пересмотра моделей энергопотребления [20]. Географическая неоднородность доступности возобновляемых источников энергии ограничивает универсальность их применения, что подчеркивает необходимость международной координации и технологического сотрудничества. В этом контексте особую роль играют

стратегические документы, такие как «Зеленая книга» Европейской комиссии, акцентирующие важность выработки общего подхода к обеспечению энергетической безопасности и поддержки транснациональных инициатив в области исследований и разработок [6].

Энергетический переход представляет собой сложный и многоуровневый процесс, в котором экологические цели тесно переплетаются с экономическими, технологическими и геополитическими реалиями. Хотя повышение энергоэффективности и внедрение возобновляемых источников энергии открывают значительные возможности для устойчивого развития, переход к низкоуглеродной модели требует согласованных международных усилий, инвестиционной мобилизации и институциональных реформ.

Литература

1. Институт энергетических исследований РАН «Прогноз развития энергетики мира и России 2024». URL: <https://www.eriras.ru/prognoz-2024/>.
2. Отчет Всемирного энергетического совета «Индекс трилеммы 2023». URL: <https://trilemma.worldenergy.org/>.
3. Отчет Межправительственной группы экспертов по изменению климата «Глобальное потепление на 1,5 °C». URL: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_ru.pdf 13.01.2020.
4. Böhringer, C., Conrad, K. National Economic Impacts of an EU Environmental Policy: An Applied General Equilibrium Analysis // ZEW Working Paper No. 02-08. Mannheim: Centre for European Economic Research (ZEW), 2002. URL: <https://ftp.zew.de/pub/zew-docs/dp/dp0208.pdf>.
5. EIA. Annual Energy Outlook 2023 with projections to 2040. DOE/EIA-0383(2023). U.S. Energy Information Administration, April 2023. URL: <https://www.eia.gov/outlooks/aeo/>.
6. European Commission. Directorate-General for Energy. State of the Energy Union Report 2024. Brussels, 2024. URL: <https://energy.ec.europa.eu>.
7. European Union. Directive (EU) 2023/1791 of the European Parliament and of the Council of 13 September 2023 on energy efficiency and amending Regulation (EU) 2023/955 (recast) (Text with EEA relevance). Brussels: Official Journal of the European Union, 2023. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32023L1791>.
8. IMPULSE. European Energy Transition 2030: The Big Picture. Ten Priorities for the Next European Commission to Meet the EU's 2030 Targets and Accelerate Towards 2050. Brussels: IMPULSE, 2023. URL: <https://www.impulse.brussels>.
9. International Energy Agency. World Energy Employment 2023. Paris: IEA, 2023. URL: <https://www.iea.org/reports/world-energy-employment-2023>.
10. International Energy Agency. Better, Faster, Cleaner: Securing Clean Energy Technology Supply Chains. Version 1. Paris: IEA, June 2023. URL: <https://www.iea.org/reports/better-faster-cleaner>.

11. International Renewable Energy Agency «Renewable capacity statistics 2023». URL: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Mar/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2023.pdf.
12. International Energy Agency. Special Report on Carbon Capture, Utilisation and Storage: CCUS in Clean Energy Transitions. Paris: IEA, 2020. URL: <https://www.iea.org/reports/ccus-in-clean-energy-transitions>.
13. EIB Group. (2020). Climate Bank Roadmap 2021-2025. European Investment Bank, Luxembourg. URL: <https://www.eib.org/en/publications/the-eib-group-climate-bank-roadmap-2021-2025>.
14. Nelson S. Chipangamate, Glen T. Nwaila, Assessment of challenges and strategies for driving energy transitions in emerging markets: A socio-technological systems perspective, Energy Geoscience, Volume 5, Issue 2, 2024, 100257, SSN 2666-7592, Science Direct. URL: <https://doi.org/10.1016/j.engeos.2023.100257>.
15. Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector (2021). // International Energy Agency. Special Report IEA, Paris. URL: <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>.
16. Systemiq; University of Exeter; Breakthrough Energy. The Breakthrough Effect: How to Trigger a Cascade of Tipping Points to Accelerate the Net Zero Transition. 2023. URL: <https://www.systemiq.earth/breakthrough-effect>.
17. Stern Nicholas «Economics of climate change», 2006 URL: [Phttps://www.iaea.org/sites/default/files/publications/magazines/bulletin/bull48-2/48205692528_ru.pdf](https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/magazines/bulletin/bull48-2/48205692528_ru.pdf).
18. World Investment Report 2023 Investing in sustainable energy for all // United Nations publication issued by the United Nations Conference on Trade and Development. ISBN 978-92-1-300055-7
19. UNFCCC. The Climate Technology Progress Report 2024: Unleashing Renewable Energy for Ambitious NDCs. Bonn: United Nations Framework Convention on Climate Change, 2024. URL: <https://unfccc.int>.
20. World Energy Council. World Energy Scenarios: Composing Energy Futures to 2050. London: World Energy Council, 2021. URL: <https://www.worldenergy.org/publications/entry/world-energy-scenarios-2021>.