



Финансовые аспекты реализации четвертого энергоперехода

Жанна Аркадьевна Мингалева^{1, 2}

E-mail: mingal1@pstu.ru, ORCID: 0000-0001-7674-7846

¹ Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь 614990, Российская Федерация;

² Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации (РАНХиГС), Москва 119571, Российская Федерация

Мария Викторовна Сигова^{3, 4}

E-mail: sigovamv@ibispb.ru, ORCID: 0000-0003-1044-7706

³ Международный банковский институт им. Анатолия Собчака, Санкт-Петербург 191023, Российская Федерация;

⁴ Московский физико-технологический институт (МФТИ), Долгопрудный 141701, Московская область, Российская Федерация

Аннотация

Ключевым вопросом успешной реализации любого проекта, программы, стратегии развития является вопрос достаточности и своевременности финансирования всех запланированных мероприятий. Цель настоящего исследования — анализ финансовых аспектов осуществления четвертого энергетического перехода с точки зрения оценки потенциальных и реальных возможностей финансирования различных мероприятий в его рамках. Актуальность темы статьи определяется тем, что в процессе энергетического перехода, осуществляемого в западных странах, прежде всего в странах Европейского союза, сложилось и быстро углубляется противоречие между основными направлениями финансирования разных групп мероприятий по реализации энергоперехода и эффективностью этих вложений. Для достижения цели исследования использованы традиционные методы экономического анализа. В ходе работы были проанализированы особенности финансирования современного энергетического перехода, проведен анализ основных источников финансирования, а также углубленный анализ особенностей финансирования проектов по созданию новых генерирующих мощностей и реализации целей «Зеленой сделки» ЕС. В результате исследования были выявлены основные проблемы и сложности в финансировании энергоперехода, связанные с возможностью аккумулировать финансовые средства в необходимом объеме, с достижением экономической эффективности инвестиционных проектов, особенно крупных, и с финансовым обеспечением их реализации.

Ключевые слова: энергетический переход, зеленая энергетика, зеленая экономика, инвестиционный план «Зеленой сделки», финансирование программ энергоперехода

JEL: Q54, Q56, Q58, Q52

Благодарность: Статья подготовлена в рамках реализации ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации (РАНХиГС)» программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030».

Для цитирования: Мингалева Ж. А., Сигова М. В. Финансовые аспекты реализации четвертого энергоперехода // Финансовый журнал. 2022. Т. 14. № 5. С. 43–58.
<https://doi.org/10.31107/2075-1990-2022-5-43-58>.

© Мингалева Ж. А., Сигова М. В., 2022

<https://doi.org/10.31107/2075-1990-2022-5-43-58>

Financial Aspects of the Implementation of the Fourth Energy Transition

Zhanna A. Mingaleva^{1, 2}, Maria V. Sigova^{3, 4}

¹ Perm National Research Polytechnic University, Perm 614990, Russian Federation

² RANEPА, Moscow 119571, Russian Federation

³ Anatoly Sobchak International Banking Institute, St. Petersburg 191023, Russian Federation

⁴ Moscow Institute of Physics and Technology, Dolgoprudny 141701, Moscow Region, Russian Federation

^{1, 2} mingal1@pstu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7674-7846>

^{3, 4} sigovamv@ibispb.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1044-7706>

Abstract

The key issue of successful implementation of any project, program or development strategy is the problem of sufficiency and timeliness of financing of all planned activities. The purpose of this study is to analyze the financial aspects of the implementation of the fourth energy transition in terms of assessing the potential and actual opportunities for financing various activities within the framework of the energy transition. The relevance of the topic of the article is determined by the fact that in the process of the energy transition carried out in the Western countries, primarily in the countries of the European Union, a contradiction has developed and is rapidly deepening between the main areas of financing of various groups of measures to implement the energy transition and the effectiveness of these investments. To achieve the goal of the study, traditional methods of economic analysis were used, including bibliographic, statistical, comparative and factor analysis, methods of graphical representation of data, as well as methods of formal and logical analysis. In the course of the study, the specifics of financing of the modern energy transition were investigated; an analysis of the main sources of financing was carried out, as well as an in-depth analysis of the features of financing activities to create new generating capacities and to achieve the goals of the European Green Deal. The authors identify the main problems and difficulties in financing of the energy transition, primarily related to the ability to accumulate financial resources in the required amount, to the achievement of economic efficiency of investment projects, as well as to the availability of sufficient funds for the implementation of major energy transitions.

Keywords: energy transition, green energy, green economy, Green Deal investment plan, financing of energy transition programs

JEL: Q54, Q56, Q58, Q52

Acknowledgments: the article was prepared as part of the implementation of the Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation (RANEPА) of the strategic academic leadership program Priority 2030.

For citation: Mingaleva Zh.A., Sigova M.V. (2022). Financial Aspects of the Implementation of the Fourth Energy Transition. *Financial Journal*, vol. 14, no. 5, pp. 43–58 (In Russ.). <https://doi.org/10.31107/2075-1990-2022-5-43-58>.

© Mingaleva Zh.A., Sigova M.V., 2022

ВВЕДЕНИЕ

Происходящий в настоящее время энергопереход является четвертым переходом в истории трансформации энергетических основ общества.

Термин «энергетический переход» (энергопереход) был предложен канадским ученым В. Смилом и в его первоначальной трактовке использовался для описания изменения структуры первичного энергопотребления в процессе перехода от существующей схемы энергообеспечения к новому состоянию энергетической системы [Smil, 2010]. Таким образом, в своем исходном значении термин «энергетический переход» применяется для

характеристики тенденций трансформации энергетической системы общества, в том числе для характеристики структурных изменений в национальных энергетических системах различных стран. Основной акцент при этом делается на фактах появления новых источников первичной энергии, их включении в энергетический баланс стран и регионов и на существенное повышение их доли в структуре энергопроизводства мира, отдельных стран и секторов.

По своей сущности, причинам формирования, движущим силам, целям, направлениям и ожидаемым результатам четвертый энергопереход существенно отличается от первых трех. Прежде всего он носит более масштабный и всеохватывающий характер, распространяясь не только на отрасль энергетики и производство первичной энергии, но также является инструментом реагирования мирового сообщества на глобальную климатическую повестку и способом борьбы с негативными климатическими изменениями.

К принципиальным отличиям текущего энергоперехода от предыдущих трех относится изменение состава его основных инициаторов и их целей. В рамках первых трех энергопереходов такими инициаторами и ключевыми потребителями энергии были отрасли промышленности, транспорта и коммунальной сферы, нуждающиеся в больших объемах дешевой и доступной энергии. Именно спрос на энергию с их стороны был основой внедрения в энергетику новых, более производительных и достаточно доступных первичных носителей энергии: сначала угля, затем нефти и газа [Court et al., 2018]. И именно задача повышения энергоэффективности производства ставилась в качестве основной в программах первых трех энергетических переходов.

В отличие от этого идейными лидерами и инициаторами текущего энергоперехода стали наднациональные и международные организации, активно продвигающие проблематику борьбы с климатическими изменениями, задачи экономии невозобновляемых источников энергии (включая нефть и газ), создания зеленой экономики и безуглеродного общества при одновременном сохранении экономического роста. К ним присоединились правительства развитых стран мира, столкнувшиеся одновременно с проблемой энергодефицита и техническими ограничениями экономического роста и ищущие возможности ускорения роста на новой энергетической основе [Yin et al., 2020]. В сочетании с активным проведением экологической и климатической политики данный энергетический переход оказался нацелен на развитие чистой энергетики, замену основных видов топлива и первичных носителей энергии с невозобновляемых на возобновляемые, на сокращение выбросов парниковых газов, формирование низкоуглеродной траектории развития и т. д.

Однако реализация этих разнонаправленных целей и задач требует колоссальных финансовых вложений, реальная экономическая отдача и эффективность которых часто не определены и сомнительны, а сами инвестиционные проекты крайне рискованны. Рискованность вложений усиливается действием ряда факторов, среди которых в первую очередь выделяется высокая степень зависимости принимаемых решений от текущих политических интересов¹, что не всегда соответствует требованию окупаемости, экономической эффективности, рациональности и финансовой целесообразности проектов [Liu et al., 2016]. В связи с этим актуальным представляется изучение накопленного за рубежом опыта реализации четвертого энергоперехода, анализ основных тенденций в достижении целей энергоперехода и перспектив его продолжения [Vukovic et al., 2019].

Как показал опыт реализации четвертого энергоперехода, в отношении его осуществления прослеживается значительно более слабая, чем ранее, зависимость принимаемых решений от объективной экономической и энергетической ситуации. В то же время

¹ *Summary for Policymakers. Staff Report / IPCC, 2018.*

существенно возросла зависимость эффективности принимаемых мер от наличия объективных ограничений в замене традиционных носителей энергии на новые, от силы межтопливной конкуренции и т. д. [Hartley et al., 2016]. Главными факторами успешного достижения целей современного энергоперехода стали возможность, полнота и своевременность финансирования тех мероприятий, которые запланированы международными организациями и национальными правительствами в их среднесрочных (до 2035 г.) и долгосрочных (до 2050–2060 гг.) документах, программах и планах.

Целью настоящего исследования является анализ финансовых аспектов осуществления четвертого энергоперехода с точки зрения оценки потенциальных и реальных возможностей его финансирования. Для достижения этой цели были использованы традиционные методы экономического анализа, включая библиографический, статистический, компаративный и факторный, методы графического представления данных, методы формально-логического анализа. Также были применены элементы моделирования взаимосвязи «энергетика — окружающая среда — экономика» [Kahouli-Brahmi, 2008].

В качестве основных источников фактических, статистических и аналитических данных использованы официальные документы ЕС, Европейского парламента, Международного энергетического агентства (*International Energy Agency, IEA*), Международного агентства по атомной энергии — МАГАТЭ (*International Atomic Energy Agency, IAEA*), базы данных, аналитические и прогнозные модели развития мировых энергетических рынков (сценарии *EnerFuture*) компании Enerdata², тематические аналитические материалы компаний Bloomberg, McKinsey, официальные материалы крупных компаний топливно-энергетического комплекса различных стран мира, информация специализированных сайтов и другие источники данных. Также для проведения исследования был использован прогноз «Сценарий нулевых чистых выбросов к 2050 году» (*Net Zero Emissions by 2050 Scenario*)³, подготовленный Международным энергетическим агентством (МЭА) в мае 2021 г.⁴

Net Zero 2050 — базовый сценарий этапов осуществления энергетического перехода, который используется ведущими аналитическими и консалтинговыми агентствами для определения финансовой нагрузки на отдельные отрасли, рынки, страны, регионы при осуществлении перехода к углеродной нейтральности⁵. Сценарий в наиболее полной мере соответствует целям устойчивого развития ООН, связанным с энергетикой.

Также МЭА были разработаны «Сценарий заявленной политики» (*Stated Policies Scenario, STEPS*)⁶, отражающий программы действий и меры в области энергетики и сохранения климата, уже реализованные к настоящему времени правительствами разных стран, и «Сценарий объявленных обязательств» (*Announced Pledges Scenario, APS*)⁷, предполагающий, что взятые на себя конкретными странами обещания о чистых нулевых выбросах будут выполнены в полном объеме и в заявленные сроки.

Статистические и прогнозные данные сценария Net Zero 2050 были дополнены в процессе исследования данными отраслевых прогнозов компании Enerdata, преимущество

² Официальный сайт Enerdata. URL: <https://www.enerdata.net/about-us/what-we-do.html>.

³ Другие названия данного сценария, используемые в официальных документах и научной литературе, — NZE, Net Zero 2050.

⁴ World Energy Investment 2022 / IEA Publications, June 2022. URL: <https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2022>.

⁵ Углеродная нейтральность — термин, который означает, что в процессе своей производственной деятельности компания сократила выбросы углекислого газа и его аналогов до нуля или компенсировала эти выбросы за счет углеродно-отрицательных проектов. URL: <https://trends.rbc.ru/trends/green/5ffd5a099a7947594de716ce>.

⁶ Stated Policies Scenario. URL: <https://www.iea.org/reports/world-energy-model/stated-policies-scenario-steps#abstract>.

⁷ Announced Pledges Scenario. URL: <https://www.iea.org/reports/world-energy-model/announced-pledges-scenario-aps#abstract>.

которых заключается в оперативном учете наиболее значимых глобальных и отраслевых изменений. В частности, сценарии и прогнозы EnerFuture, составленные летом 2022 г., уже учитывают последствия специальной военной операции на Украине, что позволяет более достоверно и точно оценивать перспективы осуществления различных проектов в области энергетики.

Также в исследовании использованы аналитические и статистические данные прогнозов компании McKinsey, в частности такого крупного исследования в области прогнозирования энергетики, как «Глобальная энергетическая перспектива»⁸.

ОСОБЕННОСТИ ФИНАНСИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННОГО ЭНЕРГОПЕРЕХОДА

Согласно прогнозу аналитиков компании McKinsey, представленному в апреле 2022 г., в ближайшие 30 лет спрос на энергию будет расти устойчивыми темпами примерно на 4% в год. В свою очередь, это требует постоянных инвестиций в генерирующие мощности энергетического сектора, причем в возрастающем масштабе.

Для оценки потребностей мировой экономики в финансовых ресурсах в целях решения задач четвертого энергоперехода необходимо проанализировать возможности и перспективы привлечения инвестиций в различные проекты по ключевым направлениям и задачам энергоперехода [Кабир и др., 2022].

Уже традиционным стало выделение в укрупненном виде двух направлений трансформации энергетических основ современного общества:

- создание чистой энергетики и зеленого топливного баланса на основе замены углеводородных носителей энергии на «чистые», включая максимально полную замену невозобновляемых углеводородных источников на возобновляемые;
- создание зеленой экономики и «зеленого» общества в целом [Сигова и др., 2016].

Основной проблемой, с которой сталкиваются все вовлеченные в процесс реализации этих глобальных задач стороны и участники, является возможность аккумулирования в достаточном объеме ресурсов для финансирования проектов по созданию чистой энергетики, зеленого топливного баланса и зеленой экономики. Прежде всего речь идет об общей трансформации энергетического сектора и о проектах по созданию новых генерирующих мощностей на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

Финансирование мероприятий по созданию новых генерирующих мощностей

Первое направление анализа объемов и структуры финансирования основных изменений в рамках четвертого энергоперехода — оценка динамики инвестирования ключевых проектов по формированию зеленой энергетики после подписания Парижского соглашения по климату⁹. Динамика инвестиций в мировой энергетический сектор по основным направлениям четвертого энергоперехода, осуществленных в 2017–2022 гг., представлена на рис. 1.

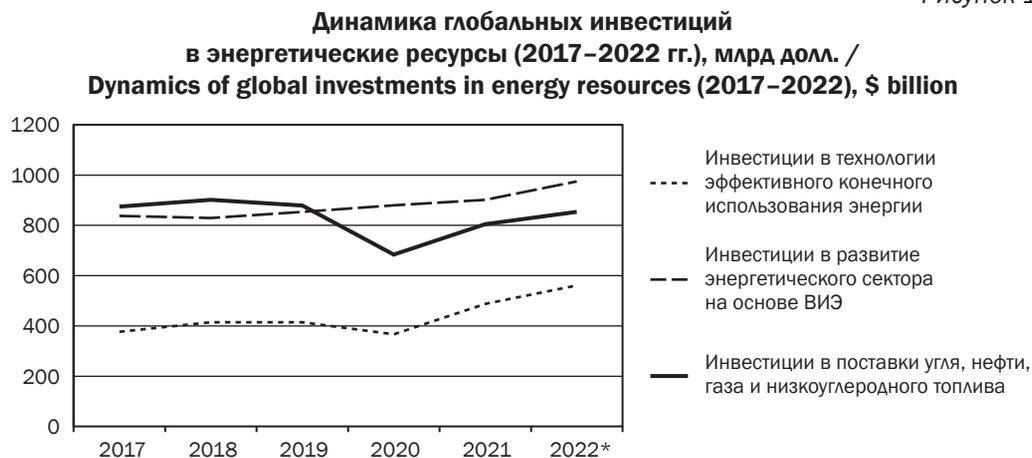
Как видно из рис. 1, инвестиции в расширение энергетического сектора на основе ВИЭ в 2017–2022 гг. устойчиво и плавно возрастали из года в год. Однако этот рост был небольшим (в среднем по 3,3% в год). В то же время этого было явно недостаточно для обеспечения энергоперехода и достижения таких его задач, как ускоренный переход на ВИЭ и поддержание устойчивости энергетического сектора. В частности, как неоднократно подчеркивалось в ежегодных отчетах МЭА о мировых энергетических инвестициях, необходимых для достижения углеродной нейтральности к 2050 г., в течение всего периода

⁸ *Global Energy Perspective 2022. Executive Summary / McKinsey, April 2022.*

⁹ *Adoption of the Paris Agreement / UN/FCCC, 2015. URL: <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/109r01.pdf>.*

трансформации мировой энергетической системы ощущается явная нехватка инвестиций в чистую энергетику, что создает угрозу возникновения и нарастания негативных последствий для энергетических рынков, безопасности и выбросов¹⁰.

Рисунок 1



* Прогноз.

Источник: составлено авторами на основе данных отчета МЭА за 2022 г. (<https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2022>) / Source: compiled by the authors based on data from the IEA 2022 report.

При этом инвестиции в технологические проекты, в частности в проекты по созданию новых технологий для повышения энергопотребления, с самого начала осуществления энергоперехода были значительно меньше, чем инвестиции в топливо и энергетику (рис. 1). В результате это снизило общий эффект от использования возобновляемой энергетики и не позволило предотвратить энергетический кризис. Недостаточное внимание к инвестициям в исследования и разработки в области энергоэффективности, сохранившееся и в дальнейшем, объясняется тем, что реальное влияние таких проектов на климат оказалось незначительным [Yin et al., 2021], хотя в экономическом аспекте они приносят значительную выгоду [Мингалева, 2020]. Однако исходная недооценка значимости таких проектов привела к их недостаточному финансированию с самого начала энергоперехода. Одной из причин такой ситуации была несогласованность политических решений стран ЕС с экономической и технологической целесообразностью и эффективностью ряда мероприятий в рамках энергоперехода [Duan et al., 2015].

В результате уже в 2019 г. эксперты МЭА отметили, что «...текущие рыночные и политические сигналы не стимулируют значительное перераспределение капитала в низкоуглеродные мощности и эффективность, которые соответствовали бы устойчивому энергетическому будущему. В отсутствие такого сдвига возрастает вероятность того, что инвестиции в поставку топлива также будут недостаточными для удовлетворения растущего спроса»¹¹.

Таким образом, выделенного в 2015–2019 гг. объема финансирования энергетических проектов было явно недостаточно для обеспечения нормальной генерации энергии для удовлетворения резко возрастающего спроса. При этом сохранение сложившихся тенденций финансирования основных направлений энергоперехода не позволит достичь и глобальных целей, поставленных на 2035 и 2050 гг., а также преодолеть все более углубляющийся энергетический кризис [Sachs et al., 2019].

¹⁰ World Energy Investment 2022.

¹¹ World Energy Investment 2019 / IEA, May 2019. URL: <https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2019>.

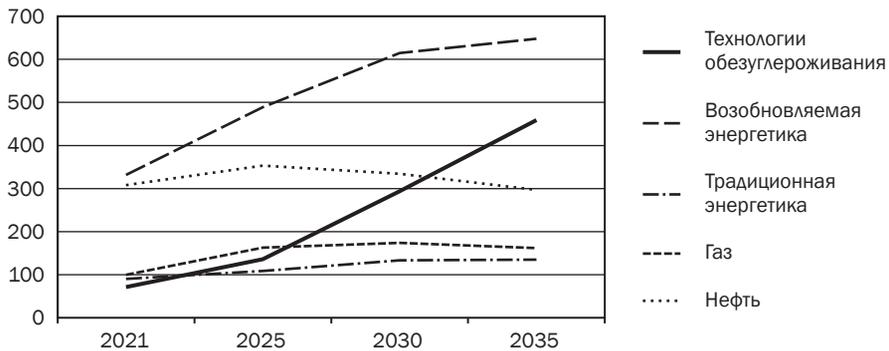
Оценка вероятности достижения запланированных до 2035 г. целей программ создания «зеленого» общества на основе энергоперехода предполагает более углубленный анализ финансирования мировой энергетики с детальной разбивкой по объектам трансформации [Mazzucato et al., 2018]. Такая углубленная и детализированная оценка традиционно проводится [Gouldson et al., 2015] по следующим направлениям:

- инвестиции в возобновляемую энергетику (солнечная и ветровая энергия, береговой ветер, гидроэнергетика и др.);
- инвестиции в традиционную энергетику (угольная и ядерная энергетика, древесное сырье и т. д.);
- инвестиции в технологии обезуглероживания (производство устойчивого топлива, CCUS¹², водород и зарядка электромобилей);
- инвестиции в нефть и газ;
- инвестиции в газ.

Прогноз динамики финансирования проектов в рамках современного энергоперехода по указанным пяти составляющим мировой энергетики приведен на рис. 2.

Рисунок 2

Финансирование основных составляющих мировой энергетики (прогноз до 2035 г.), млрд долл./
Financing of the main components of the world energy
(forecast up to 2035), \$ billion



Источник: составлено авторами по данным отчета о глобальной энергетической перспективе компании McKinsey, 2022 / Source: compiled by the authors based on the Global Energy Perspective 2022 report. McKinsey April 2022, p. 28.

Согласно прогнозным оценкам о глобальной энергетической перспективе, представленным компанией McKinsey, общий совокупный объем инвестиций по всем пяти направлениям за 15 лет (к 2035 г.) должен практически удвоиться, а темпы прироста при этом должны быть не менее 6% в год.

Как свидетельствуют данные рис. 2, для достижения целей энергетического перехода наиболее высокие темпы инвестирования в чистую энергетику должны быть обеспечены по направлению создания технологий обезуглероживания — прогнозируемый рост финансирования таких проектов составляет в среднем не менее 36% в год для того, чтобы добиться целей по достижению углеродной нейтральности, поставленных в Парижском соглашении по климату (2015 г.) и «Европейской зеленой сделке» (2019 г.)¹³. При этом,

¹² Carbon capture, use, and storage (CCUS) — улавливание, использование и хранение углерода — современные технологии сокращения выбросов CO₂, которые можно применять во всей энергетической системе.

¹³ A European Green Deal / EC, 2019. URL: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en.

учитывая слабый рост инвестиций по этому направлению в 2016–2021 гг., наиболее высокие темпы прироста предполагаются начиная с 2025 г.

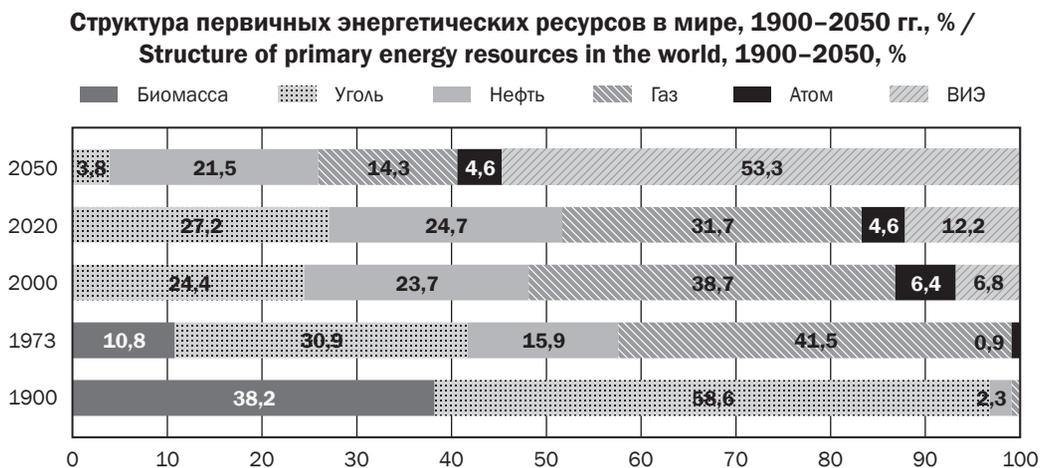
Прогнозируемые темпы роста объемов финансирования проектов возобновляемой энергетики значительно скромнее — в среднем за весь период 6,35%. При этом анализ темпов прироста инвестиций в рамках пятилетних интервалов показывает их постоянное замедление. Так, в период 2021–2025 гг. среднегодовой темп прироста инвестиций составит 47,5% (а абсолютный размер инвестиций достигнет в 2025 г. 489,13 млрд долл. США); в период 2025–2030 гг. — 25,7% (объем инвестиций в 2030 г. — 614,66 млрд долл.); в период 2030–2035 гг. — только 5,4% с объемом инвестиций в 2035 г. 647,62 млрд долл. Такая динамика в определенной степени свидетельствует об исчерпании потенциала развития возобновляемой энергетики уже к середине тридцатых годов текущего столетия.

Инвестиции в традиционную энергетику, как и финансирование проектов по развитию газовой отрасли, по прогнозам компании McKinsey будут характеризоваться устойчивым, но небольшим увеличением финансирования в целом за весь прогнозируемый период¹⁴. Однако, учитывая ситуацию 2022 г., скорее всего, произойдет корректировка этих прогнозов, так же как и прогнозов развития нефтяных проектов.

Более долгосрочные прогнозы, составленные экспертами компании Bloomberg, показывают, что совокупная стоимость вложений в физические активы мирового энергетического сектора, которые необходимо осуществить к 2050 г. для достижения данной цели, оценивается примерно в 275 трлн долл. США, что составляет около 9,2 трлн долл. инвестиций в год¹⁵. При этом планируется преимущественный рост инвестиций в ВИЭ, которые по задумке сторонников зеленого перехода должны полностью компенсировать весь прирост спроса на энергию и доля которых в мировой структуре баланса энергоносителей должна превысить к 2050 г. 50%.

Ретроспективная, текущая и прогнозная усредненная структура энергоносителей в мировой энергетике представлена на рис. 3.

Рисунок 3



Источник: составлено авторами по данным статистического отчета компании BP о мировой энергетике (<https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/energy-outlook.html>) / Source: compiled by the authors based on the BP Statistical Review of World Energy.

¹⁴ Key insights from Global Energy Perspective 2022 / Global Energy Perspective 2022. Executive Summary. McKinsey, April 2022. P. 6–28.

¹⁵ BloombergNEF. URL: <https://about.bnef.com/blog/reform-needed-to-unlock-550-billion-carbon-offsets-market>.

Прогнозируя изменения в структуре первичных энергоносителей в рамках четвертого энергоперехода, эксперты компании BP особо выделяют инвестиции в биоэнергетику, оценивая рост спроса на топливо из современной биомассы примерно в 2–4 раза. При этом суммарный объем инвестиций в биоэнергетику в ближайшие пять лет составит, по их прогнозам, 35–45 млрд долл. США.

Финансирование мероприятий в соответствии с европейской «Зеленой сделкой»

Второй важной областью приложения программ современного энергоперехода является область применения европейской «Зеленой сделки»¹⁶ — программы ЕС, принятой в 2019 г. и получившей статус закона в июне 2021 г.¹⁷ В соответствии с «Зеленой сделкой» предусмотрено достижение трех основных целей в области создания безуглеродной экономики, включая безуглеродную энергетику.

Во-первых, это задача достижения углеродной нейтральности. В рамках этой задачи предусмотрено доведение к 2050 г. выбросов CO₂ до минимально возможного уровня и увеличения доли ВИЭ в энергобалансе ЕС до 50%. Также предусмотрен комплекс мероприятий по внедрению проектов, обеспечивающих максимальное поглощение выбросов парниковых газов.

Во-вторых, важной задачей, поставленной перед Европейским парламентом, является сокращение диспропорций в энергопотреблении между странами на основе мониторинга изменений в энергопотреблении и энергобалансах национальных экономик стран — членов ЕС. Для нивелирования социально-экономических последствий «зеленой трансформации» запланировано выделение в 2021–2027 гг. нуждающимся государствам целевого финансирования в размере 65–75 млрд евро¹⁸. Для этого предусмотрено создание механизма такого финансирования [Belardo, 2021], реализуемого с помощью девяти специализированных европейских фондов.

В-третьих, предусмотрен отказ от экономической парадигмы предшествующего периода развития (обосновывающей допустимость экономического роста на основе роста потребления ресурсов), ошибочность которой была объявлена по результатам дискуссий Римского клуба [Meadows et al., 1972]. Переход к новой парадигме экономического роста на основе экономии ресурсов и их сохранения для будущих поколений предполагает среди прочего реализацию комплекса мероприятий по изменению структуры и объемов конечного спроса на электроэнергию со стороны бизнеса и населения, а также огромные финансовые вложения в создание, внедрение и развитие технологических энергосберегающих инноваций.

Финансирование всех этих мероприятий предусматривает выделение из бюджета Евросоюза около 1 трлн евро до 2050 г. Внешние инструменты в рамках специальной программы (2021–2027)¹⁹ в настоящее время обсуждаются в рамках совещаний между странами — членами ЕС и Европейским парламентом. Кроме того, реализация масштабной «Зеленой сделки» для разных стран и регионов Евросоюза требует значительного государственного и частного финансирования на национальном, региональном и международном уровнях и привлечения разнообразных источников для поддержки наиболее важных аспектов энергетического перехода.

¹⁶ A European Green Deal. URL: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en.

¹⁷ Council adopts European climate law / Council of the European Union, 28.06.2021. URL: <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2021/06/28/council-adopts-european-climate-law/>.

¹⁸ Multiannual financial framework 2021–2027 / European Commission. URL: https://ec.europa.eu/info/strategy/eu-budget/long-term-eu-budget/2021-2027/documents_en.

¹⁹ Communication from the Commission to the European Parliament and the Council / EU, 2022. URL: https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/about_the_european_commission/eu_budget/com_2022_266_1_en.pdf.

Основные источники финансирования современного энергоперехода в ЕС

В Инвестиционном плане «Зеленой сделки» ЕС²⁰ предусмотрен ряд специализированных институтов финансирования перехода к зеленой экономике.

Прежде всего речь идет о таком институте аккумулирования и распределения средств для финансирования мероприятий по обеспечению энергоперехода на ВИЭ, как «Механизм справедливого перехода»²¹, бюджет которого до 2027 г. определен в Инвестиционном плане ЕС в размере 143 млрд евро. Данный механизм применяется в отношении тех регионов ЕС, которые уже оказались и/или окажутся в будущем наиболее подверженными негативным последствиям энергоперехода, связанным с закрытием ТЭЦ на угле, сокращением добычи ископаемых ресурсов, увольнением работников с закрываемых предприятий и т. д. Действие этого механизма обеспечивается комплексом специальных инструментов и фондов.

Во-первых, создан и действует так называемый фонд справедливого перехода²², предназначенный для аккумулирования и распределения около 7,5 млрд евро до 2027 г.

Во-вторых, предусмотрено создание специальной схемы справедливого перехода в рамках деятельности фонда InvestEU²³ для привлечения частных ресурсов [Яковлев и др., 2021]. Особенность данного фонда в том, что его основным партнером является Европейский фонд стратегических инвестиций (EFSI), успешно действующий с 2015 г. и отвечающий за реализацию 75% инициатив ЕС.

В-третьих, предусмотрено создание новой кредитной линии Европейского инвестиционного банка (ЕИБ) для предприятий государственного сектора с целью получения дополнительного государственного финансирования²⁴. Кредитная линия должна обеспечить мобилизацию от 25 млрд до 30 млрд евро инвестиций и предназначена для льготного кредитования проектов предприятий государственного сектора в энергетику и транспорт, инфраструктуру, развитие сетей централизованного теплоснабжения, а также для ремонта и улучшения теплоизоляции зданий. Кредитная линия будет зависеть от взноса в размере 1,5 млрд евро из бюджета ЕС и кредита ЕИБ в размере 10 млрд евро. Этот инструмент государственного финансирования ЕС в дальнейшем будет использован для привлечения частного финансирования с целью компенсации дефицита инвестиций [La Monaca et al., 2018; Taghizadeh-Hesary et al., 2019].

В рамках действия «Механизма справедливого перехода» также предусмотрена техническая и консультативная поддержка со стороны Еврокомиссии тем странам и регионам, которые могут в наибольшей степени пострадать от ликвидации предприятий и видов бизнеса, попадающих под запрет в рамках «Зеленой сделки»²⁵.

Вторым специфическим институтом финансирования перехода к зеленой экономике является система и механизм торговли квотами на выбросы (ETS) [Мингалева и др., 2020]. ETS является углеродным рынком ЕС и охватывает секторы, на долю которых суммарно приходится около 45% выбросов CO₂ в странах ЕС. Суммарный объем торговли квотами на выбросы в рамках ETS в конце 2020 г. оценивался более чем в 51,4 млрд евро²⁶ и по прогнозам будет продолжать расти.

²⁰ European Green Deal Investment Plan / European Parliament, 14.04.2020. URL: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/649371/EPRS_BRI\(2020\)649371_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/649371/EPRS_BRI(2020)649371_EN.pdf).

²¹ Just Transition Mechanism, см. European Green Deal Investment Plan, p. 4.

²² Just Transition Fund. URL: [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI\(2020\)646180](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI(2020)646180).

²³ InvestEU Fund. URL: https://investeu.europa.eu/what-investeu-programme/investeu-fund_en.

²⁴ European Green Deal Investment Plan, p. 4.

²⁵ The European Green Deal Investment Plan and Just Transition Mechanism explained. URL: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_20_24.

²⁶ Квоты на выбросы углерода в 2020 г. подорожали на 30% / Интерфакс. URL: <https://www.interfax.ru/business/742887>.

Особый комплекс институтов финансирования перехода к зеленой экономике составляют несколько специализированных европейских структурных и инвестиционных фондов (ESIF), поддерживаемых из бюджета ЕС. При этом деятельность данных фондов предусматривает определенный уровень софинансирования со стороны национальных властей, общая сумма которого должна составить около 114 млрд евро. К числу базовых фондов, задействованных в Инвестиционном плане «Зеленой сделки», относятся Европейский фонд регионального развития (*European Regional Development Fund, ERDF*) и Европейский сельскохозяйственный фонд развития сельских районов (*European Agricultural Fund for Rural Development, EAFRD*).

Наконец, еще одним институтом финансирования перехода к зеленой экономике выступает механизм дополнительной поддержки зеленых проектов и мероприятий со стороны государств — членов ЕС и собственные средства бенефициаров [Кабир, 2019]. В связи с этим Европейская комиссия планирует рассмотреть возможность поддержки инновационных финансовых инструментов, таких как зеленые облигации, которые могут мобилизовать государственные и частные инвестиции в масштабе, необходимом для реализации «зеленой повестки дня» [Desalegn et al., 2022].

ПРОБЛЕМЫ ФИНАНСИРОВАНИЯ ЭНЕРГОПЕРЕХОДА

Анализ опыта финансирования проектов в рамках современного энергоперехода позволил выделить несколько ключевых проблем и сложностей этого процесса.

1. Возможность привлечения финансовых средств для обеспечения программ по созданию зеленой энергетики и зеленой экономики, их аккумулирования в необходимом объеме и в установленные сроки. Как показывают прогнозы специалистов, это очень значительные суммы. Например, в России, по оценкам ЦБ РФ, достижение углеродной нейтральности к 2060 г. будет стоить примерно 2% ВВП в год²⁷. В целом в мире совокупная стоимость мероприятий, необходимых для успешного осуществления энергетического перехода к 2050 г., оценивается примерно в 275 трлн долл. Таким образом, первым и серьезным ограничением успешной реализации программы современного энергоперехода является возможность аккумулировать финансовые средства в необходимом объеме.

2. Отсутствие эффективных инструментов стимулирования инвестиций в перспективные проекты, включая инвестиции в зеленую энергетику. При этом речь идет прежде всего о частных инвестициях в такие проекты, поскольку только государственная поддержка зеленых проектов не позволяет реализовать их в необходимом объеме [Retallack et al., 2018]. Кроме того, именно на частных потребителей электроэнергии (граждан и делового сектора) правительства многих западноевропейских стран возлагают ответственность за финансирование процесса перехода на ВИЭ, аргументируя это тем, что средства на расширение возобновляемой энергетики должны предоставлять в первую очередь сами конечные потребители. Что касается стоимости такого участия, то, как подсчитали специалисты консалтинговой компании Lansky, это обойдется отдельным домохозяйствам ежегодным увеличением издержек примерно на 18 евро в год для покрытия расходов на «зеленое» электричество и на 40 евро — на «зеленый» газ. Компании же будут платить от 1100,46 до 100 0879 евро (нетто) за зеленую электроэнергию и от 31 до 57 096 евро за «зеленый» газ²⁸ в зависимости от уровня сети и потребляемой мощности²⁹. Однако

²⁷ О рисках энергоперехода, нагрузке на капитал банков, ESG-отчетности / Банк России, 30 ноября 2021 г. URL: <https://cbr.ru/press/event/?id=12463>.

²⁸ «Зеленый» газ — это комплексное понятие, объединяющие биогаз, синтетический метан, водород.

²⁹ Назад в будущее. URL: <https://www.lansky.at/ru/newsroom/news-media/zhurnal-igp-news-022021/nazad-v-budushchee>.

нужно учесть, что эти расчеты были сделаны в 2021 г. Какой может быть стоимость такого участия с учетом ситуации 2022 г., пока никто не берется прогнозировать.

3. Сложность «перенастройки» функционирования финансовой системы в направлении поддержки энергоперехода и зеленой энергетики таким образом, чтобы она смогла обеспечить перелив капитала от инвестирования «грязных» проектов (в нефтегазовый сектор) в «чистые» проекты возобновляемой энергетики. Конкретные направления и инструменты такого «перелива» были приведены ранее, а предлагаемые в настоящее время зафиксированы в Инвестиционном плане «Зеленой сделки» ЕС. Однако их недостаточно.

4. Неравный вклад отдельных регионов и государств в загрязнение окружающей среды, различная структура экономики и структура потребления энергоносителей. Все это объективно предполагает неравную нагрузку в усилиях разных стран в обеспечении мероприятий современного энергоперехода и реализации сценария Net Zero 2050.

5. Чрезвычайно сильная зависимость процесса финансирования от политических мнений руководителей отдельных стран и регионов, что осложняет принятие эффективных решений как в области финансирования программ и мероприятий в рамках энергетического перехода в целом, так и в отношении инвестиций в конкретные проекты. Так, в 2022 г. это обстоятельство отрицательно сказалось на многих решениях в области поддержания устойчивости и развития производства в мировом энергетическом секторе.

6. Увеличение «непродуктивных» расходов и прямых потерь от провала тех инвестиционных проектов в области возобновляемой энергетики, которые после начала их осуществления показали свою полную несостоятельность. Так, в 2021 г. был признан неэффективным ряд проектов ВИЭ (как основной вид генерации) на сумму 303 млрд долл. США, профинансированных в 2020 г.³⁰ Эксперты отмечают опасность роста этой тенденции по мере углубления энергетического кризиса и спроса на электроэнергию.

7. Связь реализации программ формирования новой структуры производства энергии на основе ВИЭ с закрытием генерирующих мощностей, использующих угольное сырье в качестве первичных носителей энергии. Такие мероприятия (закрытие/консервация угольных ТЭЦ) также требуют существенных финансовых ресурсов для поддержания социально-экономической стабильности в регионах и странах, приводят к возникновению значительного финансового ущерба для собственников этих электростанций, особенно в тех случаях, когда вложенные инвестиции не успели окупиться.

Особую тревогу в этом отношении вызывают прогнозируемые проблемы существенного снижения уровня благосостояния и ухудшения социально-экономической обстановки в тех странах, регионах и территориях, которые уже оказались и/или окажутся в будущем наиболее подверженными негативным последствиям, связанным с закрытием ТЭЦ, сокращением добычи ископаемых ресурсов (угля), увольнением работников с закрываемых предприятий и т. д. [Valdés et al., 2016]. Такое негативное воздействие является многогранным и комплексным. И даже в случаях выплаты целевых компенсаций за увольнение шахтерам и работникам ТЭЦ такая финансовая поддержка не сможет снизить социально-экономическую напряженность в этих регионах. Для этого необходимо создание новых рабочих мест, новых видов занятости и т. д., что требует еще большего объема финансовых вложений, на которые современные правительства многих стран политически и финансово не готовы.

В целом анализ комплекса проблем в финансировании современного энергоперехода, явно проявившихся в западных странах к настоящему времени, показал необходимость как поиска новых источников финансирования, так и повышения эффективности

³⁰ Тихонов С. Откуда берутся деньги на инвестиции в развитие «зеленой» энергетики // Российская газета, 2 февраля 2022 г.

расходования средств в рамках уже существующих направлений. Еще одна важная задача — увеличение степени согласованности действий между различными институтами с целью достижения сбалансированности денежных потоков и оптимального сочетания различных способов и источников финансирования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ финансовых аспектов осуществления четвертого энергетического перехода, включающий оценку сценарных прогнозов финансирования основных мероприятий и направлений его осуществления, показал необходимость выделения на эти цели и проекты колоссальных финансовых ресурсов в объеме, равном примерно 10% мирового ВВП каждый год. При этом, по оценкам компании McKinsey³¹, для успешного осуществления энергетического перехода в последующие 15 лет 37% мировых инвестиций в энергетику должны составить инвестиции в ВИЭ и еще более 25% — инвестиции в технологии декарбонизации. Кроме того, основное внимание в предстоящие годы должно быть уделено более широким вопросам устойчивого экономического развития и целесообразности включения зеленых направлений в мероприятия и программы энергоперехода.

Оценка потребности мировой энергетики в финансовых средствах для обеспечения основных проектов в рамках решения задачи создания чистой энергетики и зеленого топливного баланса показала, что в настоящее время такая потребность удовлетворяется не полностью. Изменение структуры генерирующих мощностей, а также их физический прирост на основе разнообразных ВИЭ требуют существенных инвестиций, которые не были выделены в предшествующий период в полном объеме и возможность увеличения финансирования которых в ближайшие годы представляется нереалистичной. Более того, часть таких проектов оказалась убыточной уже в первый год их реализации, что стало одной из причин углубления и развития энергетического кризиса. Последовавший весной–летом 2022 г. отказ стран ЕС от российского природного газа, который является экологически чистым и обеспечивал задачи энергоперехода, еще больше усугубил кризисную ситуацию в области энергоснабжения европейских стран (усиливающийся дефицит всех видов энергии для всех секторов экономики и общества), что существенно ограничивает возможности национальных вкладов стран ЕС в совместные фонды, из которых финансируются программы энергоперехода и зеленой экономики (Фонд справедливого перехода Фонда InvestEU и др.).

Таким образом, ситуация с финансированием программ и мероприятий четвертого энергетического перехода является чрезвычайно сложной, противоречивой и негативной по все расширяющемуся ряду направлений. Сохранение таких тенденций может спровоцировать отказ от целей устойчивого развития, зеленой экономики и чистой энергетики во многих странах мира, включая страны «золотого» миллиарда.

Учет сложившихся тенденций, а также основных ошибок и просчетов в области энергетического перехода, уже достаточно четко проявившихся в настоящее время в зарубежных странах, особенно в ЕС, и выразившихся в углублении энергетического кризиса без достижения существенных положительных результатов в области экологической и климатической политики Запада, поможет нашей стране избежать неэффективных инвестиций и негативных преобразований в структуре российской экономики и достичь задачи повышения энергоэффективности.

³¹ *Global Energy Perspective 2022. Executive Summary / McKinsey, April 2022.*

Список источников

Кабир Л. С. Государственная поддержка «зеленых» инвестиций и рыночное «зеленое» финансирование: зарубежный опыт // *Инноватика и экспертиза: научные труды*. 2019. № 1 (26). С. 97–108.

Кабир Л. С., Яковлев И. А. Обоснование климатической повестки и энергоперехода в зарубежных исследованиях: формирование институциональной среды // *Ученые записки Международного банковского института*. 2022. № 1 (39). С. 7–22.

Мингалева Ж. А. Роль современных технологий в развитии «зеленой» экономики и экологически чистых городов // *Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика*. 2020. № 5. С. 259–270.

Мингалева Ж. А., Старков Ю. В. Механизм налогообложения вредных выбросов: анализ с позиции институционального подхода // *Финансовый журнал*. 2020. Т. 12. № 2. С. 25–38. <https://doi.org/10.31107/2075-1990-2020-2-25-38>.

Сигова М. В., Круглова И. А. «Зеленая» экономика как фактор экономической безопасности // *Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета*. 2016. № 3 (99). С. 47–53.

Яковлев И. А., Кабир Л. С. и др. Изменения климатической политики и финансовых стратегий ее реализации в ЕС и России // *Финансовый журнал*. 2021. Т. 13. № 5. С. 11–28. <https://doi.org/10.31107/2075-1990-2021-5-11-28>.

Belardo T. What you need to know about the European Green Deal – and what comes next / *World Economic Forum*, 13.07.2021. URL: <https://www.weforum.org/agenda/2021/07/what-you-need-to-know-about-the-european-green-deal-and-what-comes-next/>.

Court V., Jouvét P.-A. et al. Long-Term Endogenous Economic Growth and Energy Transitions // *The Energy Journal*. 2018. Vol. 39. No. 1. <https://doi.org/10.5547/O1956574.39.1.vcour>.

Desalegn G., Tangl A. Enhancing Green Finance for Inclusive Green Growth: A Systematic Approach // *Sustainability*. MDPI. 2022. Vol. 14 (12). 7416. <https://doi.org/10.3390/su14127416>.

Duan H.-B., Zhu L. et al. Modelling the Evolutionary Paths of Multiple Carbon-Free Energy Technologies with Policy Incentives // *Environmental Modeling & Assessment*. 2015. Vol. 20. P. 55–69. <https://doi.org/10.1007/s10666-014-9415-5>.

Gouldson A., Kerr N. et al. Innovative financing models for low carbon transitions: Exploring the case for revolving funds for domestic energy efficiency programmes // *Energy Policy*. 2015. Vol. 86. P. 739–748.

Hartley P., Medlock III K. B. et al. Energy Sector Innovation and Growth: An Optimal Energy Crisis // *The Energy Journal*. 2016. Vol. 37. No. 1. P. 243–258.

Kahouli-Brahmi S. Technological learning in energy-environment-economy modelling: A survey // *Energy Policy*. 2008. Vol. 36. Iss. 1. P. 138–162. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.09.001>.

La Monaca S., Assereto, M. et al. Clean energy investing in public capital markets: Portfolio benefits of yieldcos // *Energy Policy*. 2018. Vol. 121. P. 383–393. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.06.028>.

Liu Y., Wei T. Market and Non-market Policies for Renewable Energy Diffusion: A Unifying Framework and Empirical Evidence from China's Wind Power Sector // *The Energy Journal*. 2016. Vol. 37 (SI). P. 195–211. <https://doi.org/10.5547/O1956574.37.SI.1.lian>.

Mazzucato M., Semieniuk G. Financing renewable energy: Who is financing what and why it matters // *Technological Forecasting and Social Change*. 2018. Vol. 127. P. 8–22. [10.1016/j.techfore.2017.05.021](https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.05.021).

Meadows D. H., Meadows D. L. et al. *The Limits to Growth. A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind* / A Potomac Associated Book, 1972.

Retallack S., Johnson A. et al. Energy Efficiency Finance Programs: Best Practices to Leverage Private Green Finance / ADBI Working Paper № 877, 2018. URL: <https://www.adb.org/publications/energy-efficiency-finance-programs-private-green-finance>.

Sachs J., Woo W. T. et al. (eds.) *Handbook of Green Finance: Energy Security and Sustainable Development* / ADB Institute, Springer, 2019.

Smil V. *Energy Myths and Realities: Bringing Science to the Energy Policy Debate* / AEI Press, 2010. 232 p.

Taghizadeh-Hesary F., Yoshino N. The way to induce private participation in green finance and investment // *Finance Research Letters*. 2019. Vol. 31. P. 98–103. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2019.04.016>.

Valdés Lucas J.N., Escribano Francés G. et al. Energy security and renewable energy deployment in the EU: Liaisons Dangereuses or Virtuous Circle? // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016. Vol. 62. P. 1032–1046. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.04.069>.

Vukovic N., Pobedinsky V. et al. A Study on Green Economy Indicator and Modeling: Russian Context // *Sustainability*. 2019. Т. 11. № 17. 4629. <https://doi.org/10.3390/su11174629>.

Yin D., Chang Y. et al. R&D Investments in Energy Efficiency, Economic Impact, and Emissions Abatement / Liu Y., Taghizadeh-Hesary F. (eds.). *Energy Efficiency Financing and Market-Based Instruments*. Economics, Law, and Institutions in Asia Pacific. Springer, Singapore, 2021. https://doi.org/10.1007/978-981-16-3599-1_4.

Yin D., Chang Y. Energy R&D Investments and Emissions Abatement Policy // *The Energy Journal*. 2020. Vol. 41. No. 6. P. 133–156. <https://doi.org/10.5547/O1956574.41.6.dyin>.

References

- Kabir L.S. (2019). State Support for “Green” Investments and Market “Green” Financing: Foreign Experience. *Innovatika i ekspertiza: nauchnye trudy – Innovatics and Expert Examination*, no. 1 (26). pp. 97–108 (In Russ.).
- Kabir L.S., Yakovlev I.A. (2022). Justification of the Climate Agenda and Energy Transition in Foreign Studies: Formation of the Institutional Environment. *Uchenye zapiski Mezhdunarodnogo bankovskogo instituta – Scientific Notes of the International Banking Institute*, no. 1 (39), pp. 7–22 (In Russ.).
- Mingaleva Zh.A. (2020). The Role of Modern Technologies in the Development of “Green” Economy and Clean Cities. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 6. Ekonomika – Bulletin of Moscow University. Series 6. Economy*, no. 5, pp. 259–270 (In Russ.).
- Mingaleva Zh.A., Starkov Yu.V. (2020). The System of Emission Taxation Analyzed: An Institutional Approach. *Finansovyi zhurnal – Financial Journal*, vol. 12, no. 2. pp. 25–38 (In Russ.). <https://doi.org/10.31107/2075-1990-2020-2-25-38>.
- Sigova M.V., Kruglova I.A. (2016). “Green” Economy as a Factor of Economic Security. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta – Bulletin of the St. Petersburg State University of Economics*, no. 3 (99), pp. 47–53 (In Russ.).
- Yakovlev I.A., Kabir L.S. et al. (2021). Changes in Climate Policies and Financial Strategies of their Implementation in the EU and Russia. *Finansovyi zhurnal – Financial Journal*, vol. 13, no. 5. pp. 11–28. <https://doi.org/10.31107/2075-1990-2021-5-11-28>.
- Belardo T. (2021). What you need to know about the European Green Deal – and what comes next. World Economic Forum, 13.07.2021. Available at: <https://www.weforum.org/agenda/2021/07/what-you-need-to-know-about-the-european-green-deal-and-what-comes-next/>.
- Court V., Jouvét P.-A. et al. (2018). Long-Term Endogenous Economic Growth and Energy Transitions. *The Energy Journal*, vol. 39, no. 1. <https://doi.org/10.5547/01956574.39.1.vcou>.
- Desalegn G., Tangl A. (2022). Enhancing Green Finance for Inclusive Green Growth: A Systematic Approach. *Sustainability, MDPI*, vol. 14 (12), 7416. <https://doi.org/10.3390/su14127416>.
- Duan H.-B., Zhu L. et al. (2015). Modelling the Evolutionary Paths of Multiple Carbon-Free Energy Technologies with Policy Incentives. *Environmental Modeling & Assessment*, vol. 20, pp. 55–69. <https://doi.org/10.1007/s10666-014-9415-5>.
- Gouldson A., Kerr N. et al. (2015). Innovative financing models for low carbon transitions: Exploring the case for revolving funds for domestic energy efficiency programmes. *Energy Policy*, vol. 86, pp. 739–748.
- Hartley P., Medlock III K.B. (2016). Energy Sector Innovation and Growth: An Optimal Energy Crisis. *The Energy Journal*, vol. 37, no. 1, pp. 233–258.
- Kahouli-Brahmi S. (2008). Technological learning in energy-environment-economy modelling: A survey. *Energy Policy*, vol. 36, iss. 1, pp. 138–162. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.09.001>.
- La Monaca S., Assereto M. et al. (2018). Clean energy investing in public capital markets: Portfolio benefits of yieldcos. *Energy Policy*, vol. 121, pp. 383–393. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.06.028>.
- Liu Y., Wei T. (2016). Market and Non-market Policies for Renewable Energy Diffusion: A Unifying Framework and Empirical Evidence from China’s Wind Power Sector. *The Energy Journal*, vol. 37 (SI1), pp. 195–211. <https://doi.org/10.5547/01956574.37.SI1.lyan>.
- Mazzucato M., Semieniuk G. (2018). Financing renewable energy: Who is financing what and why it matters. *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 127, pp. 8–22. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.05.021>.
- Meadows D.H., Meadows D.L. et al. (1972). The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome’s Project on the Predicament of Mankind. A Potomac Associated Book.
- Retallack S., Johnson A. et al. (2018). Energy Efficiency Finance Programs: Best Practices to Leverage Private Green Finance. ADBI Working Paper № 877. <https://www.adb.org/publications/energy-efficiency-finance-programs-private-green-finance>.
- Sachs J., Woo W.T. et al. (2019). Handbook of Green Finance: Energy Security and Sustainable Development. ADB Institute, Springer.
- Smil V. (2010). Energy Myths and Realities: Bringing Science to the Energy Policy Debate. AEI Press. 232 p.
- Taghizadeh-Hesary F., Yoshino N. (2019). The way to induce private participation in green finance and investment. *Finance Research Letters*, vol. 31, pp. 98–103. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2019.04.016>.
- Valdés J., Escribano G. et al. (2016). Energy security and renewable energy deployment in the EU: Liaisons Dangereuses or Virtuous Circle? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 62, pp. 1032–1046. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.04.069>.
- Vukovic N., Pobedinsky V. (2019). A Study on Green Economy Indicator and Modeling: Russian context. *Sustainability*, vol. 11 (17). Art. 4629.
- Yin D., Chang Y. et al. (2021). R&D Investments in Energy Efficiency, Economic Impact, and Emissions Abatement. In: Liu, Y., Taghizadeh-Hesary F. (eds.). Energy Efficiency Financing and Market-Based Instruments. Economics, Law, and Institutions in Asia Pacific. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-3599-1_4.
- Yin D., Chang Y. (2020). Energy R&D investments and emissions abatement policy. *The Energy Journal*, vol. 41, no. 6, pp. 133–156. <https://doi.org/10.5547/01956574.41.6.dyin>.

Информация об авторах

Жанна Аркадьевна Мингалева, доктор экономических наук, профессор кафедры экономики и управления промышленным производством, руководитель центра исследований устойчивого развития и инновационных процессов Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь; Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации (РАНХиГС), г. Москва

Мария Викторовна Сигова, доктор экономических наук, профессор, ректор Международного банковского института им. Анатолия Собчака, г. Санкт-Петербург; директор физтех-школы бизнеса высоких технологий Московского физико-технологического института (МФТИ), г. Долгопрудный, Московская область

Information about the authors

Zhanna A. Mingaleva, Doctor of Economic Sciences, Professor, Perm National Research Polytechnic University, Perm; Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation (RANEPА), Moscow

Maria V. Sigova, Doctor of Economic Sciences, Professor, Rector, Anatoly Sobchak International Banking Institute, St. Petersburg, Russia; Director of the MIPT Business School, Moscow Institute of Physics and Technology, Dolgoprudny, Moscow Region

Статья поступила в редакцию 21.07.2022
Одобрена после рецензирования 15.08.2022
Принята к публикации 6.10.2022

Article submitted July 21, 2022
Approved after reviewing August 15, 2022
Accepted for publication October 6, 2022