

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ РЫНКА

УДК: 338.1

JEL: Q01, Q34, Q42, Q43, Q47

**Проблемы и перспективы развития зеленой энергетики
в условиях перехода к устойчивому развитию***А.Ф. Мудрецов*, д.э.н.<https://orcid.org/0000-0002-4683-177X>; SPIN-код (РИНЦ): 8877-5365

Scopus author ID: 57209909521

e-mail: afmudretsov@yandex.ru*А.Н. Павлов*, к.э.н.<https://orcid.org/0009-0000-0701-0373>; SPIN-код (РИНЦ): 9268-2060e-mail: anpavlov77@gmail.com*А.А. Прудникова*, к.э.н., доцент<https://orcid.org/0000-0002-5595-2303>; SPIN-код (РИНЦ): 4604-5239

Scopus author ID: 21934813800

e-mail: aaprudnikova@fa.ru**Для цитирования**

Мудрецов А.Ф., Павлов А.Н., Прудникова А.А. Проблемы и перспективы развития зеленой энергетики в условиях перехода к устойчивому развитию // Проблемы рыночной экономики. – 2023. – № 4. – С. 85-97.

DOI: <https://doi.org/10.33051/2500-2325-2023-4-85-97>**Аннотация**

Предмет/тема. В данной статье рассматриваются особенности развития зеленой энергетики, которая выступает важным условием низкоуглеродного развития экономики, обеспечивающего снижение воздействия на климатическую систему планеты. **Цели/задачи.** Целью данного исследования является анализ изменений выбросов парниковых газов по странам и отраслям экономики, определение траектории развития зеленой энергетики. **Методология.** В работе над статьей применялись такие методы, как анализ, синтез, систематизация, экономический и логический анализ, контент-анализ, сравнения и группировки. **Результаты.** В последние несколько десятилетий наблюдается значительный рост использования зеленой энергетики во многих странах. Рост зеленой энергетики тесно связан со снижением затрат на возобновляемую энергию, повышением энергоэффективности, постоянным технологическим прогрессом, обоснованным принятием решений на уровне бизнес-структур, сотрудничеством стран на глобальном уровне, эффективной национальной политикой. Чтобы удовлетворить растущую потребность в энергии в ближайшем будущем, обеспечив при этом устойчивое развитие общества, необходимо применение гибридных моделей энергоснабжения, основой которых станут возобновляемые источники энергии. **Выводы/значимость.** Зеленая энергетика будет способствовать решению экологических проблем Земли на основе сокращения выбросов парниковых газов и поможет избежать энергетических кризисов. Использование возобновляемых источников энергии требует сбалансированной оценки ресурсов, соответствующих технологий и систем, которые могут обеспечить устойчивое и низкоуглеродное экономическое развитие.

Ключевые слова: глобальное потепление, ископаемое топливо, выбросы парниковых газов, низкоуглеродная трансформация экономики, возобновляемые источники энергии, энергобаланс, зеленые источники энергии.

Статья подготовлена в рамках государственного задания ИПП РАН, тема НИР: «Институциональная трансформация экономической безопасности при решении социо-эколого-экономических проблем устойчивого развития национального хозяйства России».

Challenges and prospects of green energy development in the context of transition to sustainable development

Anatoly F. Mudretsov, Dr. of Sci. (Econ.)

<https://orcid.org/0000-0002-4683-177X>; SPIN-code (RSCI): 8877-5365

Scopus author ID: 57209909521

e-mail: afmudretsov@yandex.ru

Aleksandr N. Pavlov, Cand. of Sci. (Econ.)

<https://orcid.org/0009-0000-0701-0373>; SPIN-code (RSCI): 9268-2060

e-mail: anpavlov77@gmail.com

Anna A. Prudnikova, Cand. of Sci. (Econ.), Associate Professor

<https://orcid.org/0000-0002-5595-2303>; SPIN-code (RSCI): 4604-5239

Scopus author ID: 21934813800

e-mail: AAPrudnikova@fa.ru

For citation

Mudretsov A.F., Pavlov A.N., Prudnikova A.A. Challenges and prospects of green energy development in the context of transition to sustainable development // Market economy problems. – 2023. – No. 4. – Pp. 85-97 (In Russian).

DOI: <https://doi.org/10.33051/2500-2325-2023-4-85-97>

Abstract

Subject/topic. This article explores the features of green energy development, which is a crucial condition for achieving low-carbon economic development, thereby reducing the impact on the planet's climate system. **Goals/Objectives.** The aim of this research is to analyze changes in greenhouse gas emissions by countries and economic sectors, and to determine the trajectory of green energy development. **Methodology.** In the process of working on the article, various methods were employed, including analysis, synthesis, systematization, economic and logical analysis, content analysis, as well as comparisons and groupings. **Results.** Over the past few decades, there has been significant growth in the use of green energy in many countries. The expansion of green energy is closely linked to reduced costs for renewable energy, increased energy efficiency, ongoing technological progress, informed decision-making at the business level, global collaboration among countries, and effective national policies. To meet the growing energy demand in the near future while ensuring sustainable societal development, the application of hybrid energy supply models is necessary, with renewable energy sources as their foundation. **Conclusions/Significance.** Green energy will contribute to addressing Earth's environmental issues by reducing greenhouse gas emissions and will help avoid energy crises. The use of renewable energy sources requires a balanced assessment of resources, appropriate technologies, and systems that can support sustainable and low-carbon economic development.

Keywords: *global warming, fossil fuels, greenhouse gas emissions, low-carbon transformation of the economy, renewable energy sources, energy balance, green energy sources.*

The article was prepared within the framework of the state task of the MEI RAS, the research topic is: «Institutional transformation of economic security in solving socio-environmental and economic problems of sustainable development of the national economy of Russia».

Введение

Климат, экосистемы и биоразнообразие, а также человеческое общество являются основой интегрированной системы планеты. С начала XXI века решения проблем экологического характера становятся особенно важными. Изменение климата на планете происходит более быстрыми темпами, чем ранее прогнозировали ученые, и ключевой порог глобального потепления может быть преодолен уже в этом десятилетии (Hansen, Sato and Simons et al., 2023). Смягчение последствий изменения климата и адаптация, если они реализуются вместе и в сочетании с более широкими целями устойчивого развития, могут принести многочисленные выгоды для благосостояния человека, а также для здоровья экосистем и планеты.

Целью данного исследования является анализ изменений выбросов парниковых газов по странам и отраслям экономики и определение траектории развития зеленой энергетики. Вопросы рационального использования различных источников энергии, влияющих на глобальное потепление, останутся особенно актуальными на протяжении десятилетий, обеспечивая поддержку устойчивого развития. Чтобы удовлетворить стремительно растущий спрос на энергопотребление в мире, следует обеспечить рост производства электроэнергии, и здесь возобновляемые источники энергии (ВИЭ) могут играть значительную роль, являясь при этом экологически конкурентоспособными источниками энергии. Зеленая энергия, получаемая из природных ресурсов, которые постоянно пополняются, является частью более безопасного, чистого и устойчивого мира.

Методы исследования

Данное исследование основано на использовании системного подхода. В работе над статьей применялись такие методы, как анализ, синтез, систематизация, экономический и логический анализ, контент-анализ, сравнения и группировки. Данные, использованные в этом анализе, включали недавние оценки мировых энергетических ресурсов и их использования, а также социально-экономические показатели и показатели изменения климата.

Климатические изменения и энергетика

Изменение климата, которое признано самой большой угрозой для человечества, является системной проблемой, связанной в основном с увеличением спроса на энергию в условиях экономического роста. Со времен промышленной революции (1850-е годы) до настоящего времени средняя температура поверхности планеты выросла примерно на 1,2°C, что в значительной степени вызвано увеличением выбросов углекислого газа и других антропогенных выбросов в атмосферу (IPCC, 2023). При этом большая часть потепления на планете произошла за последние 10 лет, а 2023 год стал самым теплым в истории наблюдений.

Страны стали обсуждать способы борьбы с изменением климата с начала 1990-х годов. В результате этих переговоров было достигнуто несколько важных соглашений, включая Киотский протокол (United Nations, 1998) и Парижское соглашение (United Nations, 2015). На саммите в Париже в 2015 году мировые лидеры обязались остановить нагрев планеты до 1,5°C к концу столетия. С момента заключения Парижского соглашения многие из 195 стран-участниц соглашения укрепили свои климатические обязательства во время ежегодных климатических конференций ООН. Однако существующая траектория глобальных выбросов не соответствует ограничению глобального повышения температуры до 1,5°C, а адаптация к изменению климата не находится на необходимом уровне. К 2030 году будет выделяться примерно на 22 млрд. тонн больше углекислого газа, чем максимальный уровень, необходимый для удержания глобальной температуры ниже предела в 1,5°C, что может привести к повышению температуры на 2,8°C (от

2,1°C до 3,4°C). По данным МГЭИК (Межправительственной группы экспертов по изменению климата), чтобы избежать превышения уровня потепления на 1,5 градуса, глобальные выбросы парниковых газов должны сократиться примерно на 45% к 2030 году по сравнению с уровнями 2010 года и достичь чистого нуля примерно к 2050 году (IPCC, 2023).

В начале XX века более 90% выбросов производилось в Европе и США, в 1950 году на их долю приходилось более 85% выбросов в год. В настоящее время выбросы в странах с развитой экономикой начинают снижаться благодаря повышению энергоэффективности, внедрению безуглеродных источников энергии и экспорту продукции обрабатывающей промышленности из развитых стран в страны с развивающейся экономикой. В то же время происходит значительный рост выбросов парниковых газов в странах с развивающейся экономикой. В настоящее время совокупные выбросы Китая превосходят выбросы США, страна ежегодно выбрасывает почти 10 млрд. тонн парниковых газов, что составляет 27% от глобальных выбросов. США являются вторым по величине источником выбросов в мире (11% от глобальных выбросов), затем следует Европа (7% от глобальных выбросов), Индия (7%), Россия (4%), Бразилия (3%), Япония (2%) (рис. 1). Страны Африки и Южной Америки являются довольно небольшими источниками выбросов.

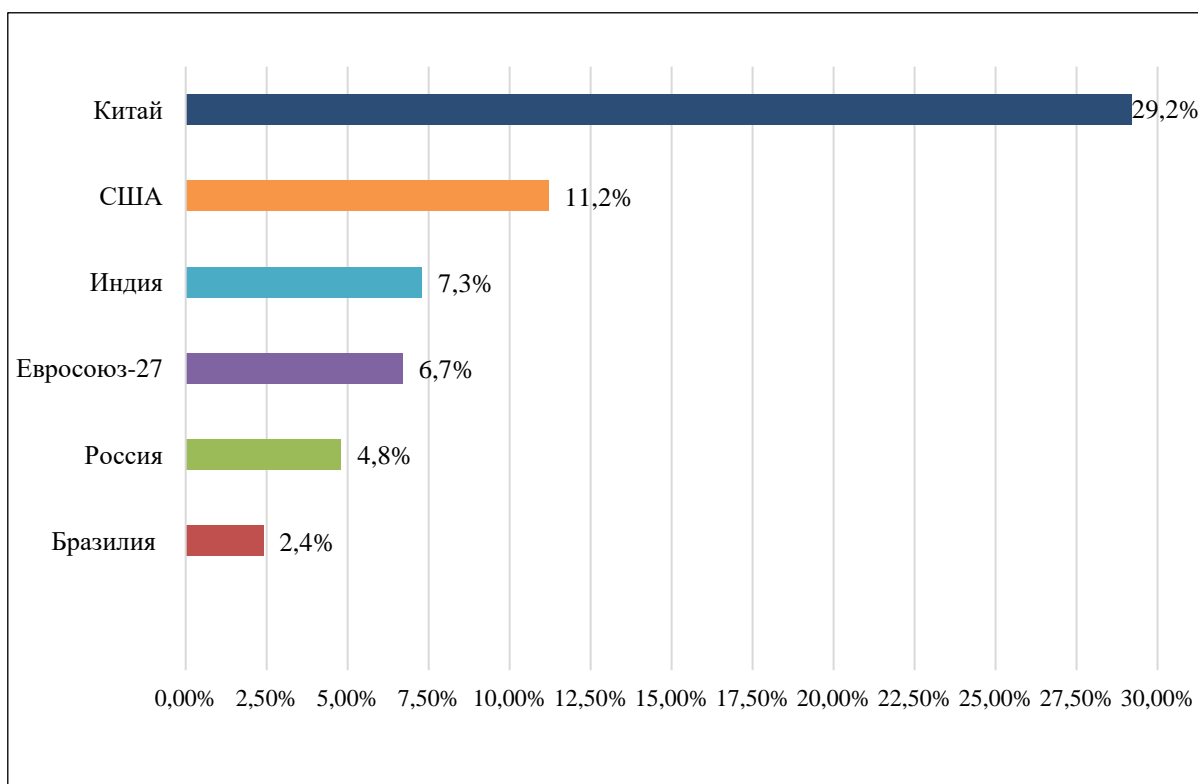


Рис. 1. / Fig. 1. Страны с крупнейшими выбросами парниковых газов в 2022 г. /
Countries with the largest greenhouse gas emissions in 2022

Источник: / Source: составлено авторами по данным / compiled by the authors

According to STATISTA, 2023, доступно по адресу: / available at:

<https://www.statista.com/statistics/500524/worldwide-annual-carbon-dioxide-emissions-by-select-country/>
(Дата обращения / Accessed 25.10.2023).

Климатическая чрезвычайная ситуация является прямым следствием использования углеродоемких процессов в различных секторах экономики, таких как энергетика, транспорт, здания, промышленность, землепользование и сельское хозяйство. В 2022 году на энергетический сектор приходилось 14,65 Гт CO₂, или около 39% всех выбросов двуокси углерода в мире, что сделало его самым крупным источником выбросов из-за ископаемого топлива (рис. 2).

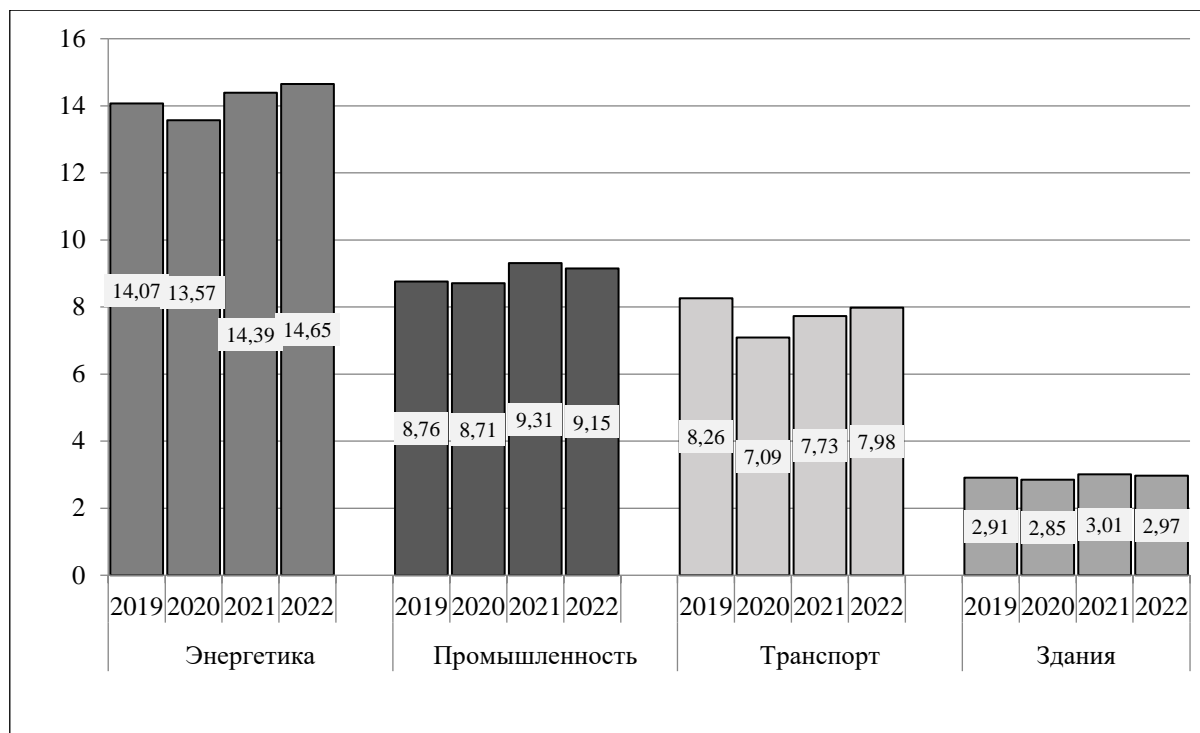


Рис. 2. / Fig. 2. Глобальные выбросы CO₂ по секторам, 2019-2022 гг. /
Global CO₂ Emissions by Sectors, 2019-2022

Источник: / Source: составлено авторами по данным / compiled by the authors
According to IEA. *Global Energy Review: CO₂ Emissions in 2022*, IEA. Licence: CC BY 4.0,
доступно по адресу: / available at: <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2022>
(Дата обращения / Accessed 27.10.2023).

Несмотря на проводимую многими странами климатическую политику, ископаемое топливо по-прежнему обеспечивает большую часть мировой энергии, является удобным и доступным источником энергии. Мировое потребление первичной энергии от ископаемого топлива в 2022 году составило около 82%. Рост спроса на первичную энергию в 2022 году замедлился, увеличившись всего на 1,1% в 2022 году по сравнению с 5,5% в 2021 году, а потребление первичной энергии увеличилось во всех регионах, кроме Европы (-3,8%) и СНГ (-5,8%) (Прудникова, 2023).

Ископаемые виды топлива (уголь, нефть, газ) являются невозобновляемыми источниками энергии, на формирование которых требуются сотни миллионов лет. Они рассредоточены неравномерно, что дает возможность отдельным странам их добывать, использовать для собственных нужд и экспортировать, а другие страны вынуждены импортировать эти виды топлива, испытывая зависимость от мировых цен на них. Это оказывает негативное влияние на их энергетическую безопасность, ставит под угрозу их энергетический суверенитет и может затруднять развитие промышленного производства.

Без низкоуглеродной системной трансформации, охватывающей все общество и экономику, мало надежды защитить планету от разрушительных последствий потепления. В большинстве научных исследований низкоуглеродная трансформация экономики относится к четвертому энергетическому переходу, в основе которого лежит возобновляемая энергетика, снижение уровня энергоемкости экономики, уменьшение углеводородных энергоресурсов в энергобалансе (Мудрецов и Прудникова, 2022). Энергопереходу постоянно уделяется внимание на международных площадках, таких как G7 и G20, ООН и ее структурных подразделениях (ЮНЕП, ЭКОСОС, ЮНКТАД и др.), ОПЕК, БРИКС и т.д. В глобальном мире курс на «Net Zero by 2050» (IEA, 2023b), выраженный в поэтапном отказе от углеводородных энергоресурсов, является условием любой конкурентоспособной экономики, при этом наблюдается рост

корпоративной активности, когда большинство международных компаний уже разрабатывают или разработали планы по достижению углеродной нейтральности к 2050 году.

Зеленые источники энергии: вызовы и их преодоление

Энергетика на основе возобновляемых источников (ветер, солнечная энергия, вода, древесные отходы и геотермальное тепло) имеет уже достаточно давнюю и богатую историю, которую можно проследить от древних цивилизаций, использовавших силу солнца, ветра и воды для различных целей. Однако снижение использования возобновляемых источников энергии произошло после промышленной революции в ведущих странах мира в XVIII-XIX веках, основанной на широком использовании ископаемого топлива.

В XX веке, с ростом экологического движения и растущей обеспокоенностью по поводу негативного воздействия ископаемого топлива на планету, интерес к возобновляемым источникам энергии снова начал расти. В 1970-х годах нефтяной кризис привел к повышенному вниманию к энергетической независимости и развитию альтернативных источников энергии. Правительства всего мира начали инвестировать в исследования и разработки технологий возобновляемой энергетики. Однако ветер и солнечная энергия считались слишком дорогими и изменчивыми во времени, в связи с чем при рыночной конкуренции зеленая энергетика оказывалась заведомо неконкурентоспособной. В этих условиях ее развитие носило локальный характер. США и отдельные европейские страны (такие как Австрия, Германия, Дания, Швеция) стали активно использовать государственные инвестиции в целях повышения стимулов для развития нетрадиционных источников энергии, согласно концепции «зеленой экономики». Затем к государственным инвестициям в отрасль добавились инвестиции частных компаний, что дало импульс развитию новых технологий и привело к снижению издержек при производстве энергии из альтернативных источников, в том числе при строительстве электростанций на возобновляемых источниках энергии. Это позволило снизить стоимость для 1 Вт электроэнергии, производимого электростанциями, использующими энергию Солнца, до 0,3 долл. в 2015 году по сравнению с ценой в 76 долл. в 1977 году, что сделало ВИЭ-электростанции более конкурентными по сравнению с углеродными источниками энергии при одновременном росте цен на нефть.

Переломным моментом считается конец 2000-х годов, когда наступила активная фаза развития альтернативной энергетики не только в Европе, США, но и в развивающихся странах, что привело к значительному повышению производства электроэнергии из нетрадиционных или зеленых источников. Основными факторами современного роста использования зеленых источников энергии стали: минимальное воздействие на экологию в сравнении с традиционными источниками энергии; создание дополнительных рабочих мест, рост добавленной стоимости и развитие экономики того региона, где производится и используется возобновляемая энергия; снижение стоимости возобновляемых технологий; стремление к энергетической безопасности; распространение распределенной генерации.

Сегодня зеленая энергетика – это устоявшаяся и растущая отрасль, в которой доступно множество различных технологий. На развитие возобновляемой энергетики активно влияет политика США, Японии, Китая, Индии, Австралии и ЕС в области устойчивого роста. Суммарный объем мощностей, вырабатывающих энергию из возобновляемых источников, в 2022 году во всем мире составил 3381,8 ГВт (рис. 3).

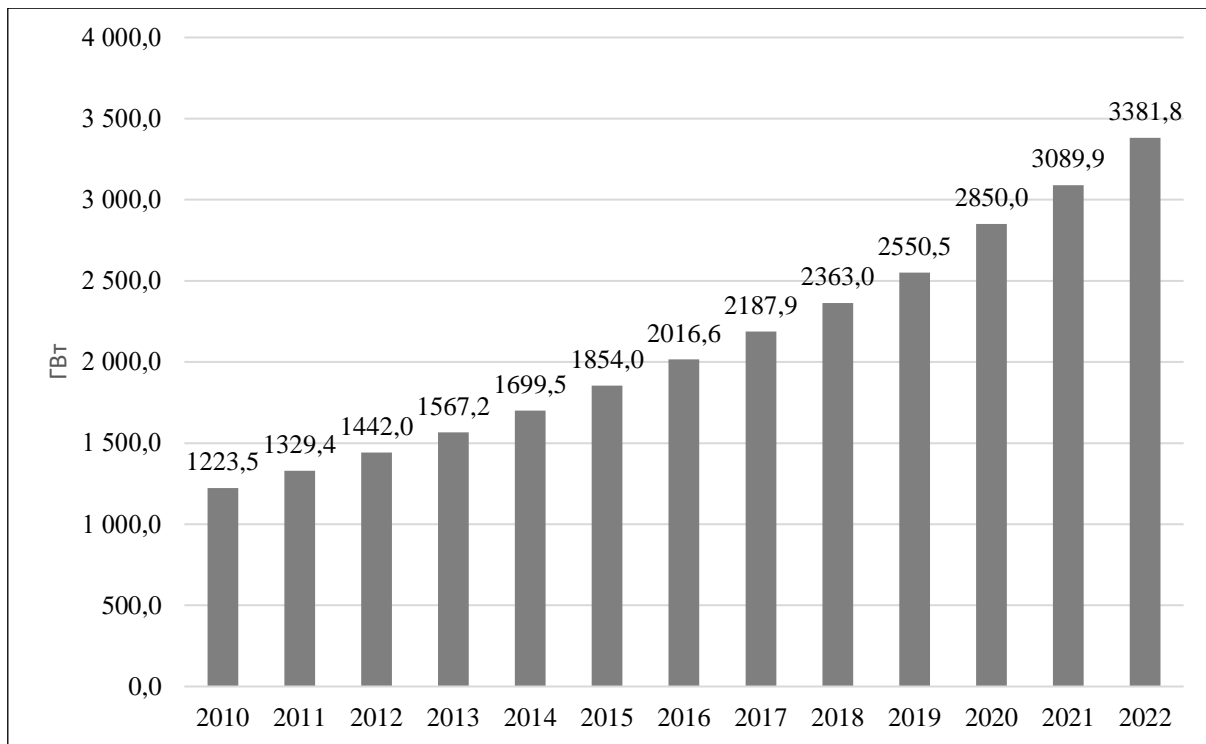


Рис. 3. / Fig. 3. Мощность возобновляемых источников энергии в мире, 2010-2022 гг. /
The Capacity of Renewable Energy Sources Worldwide, 2010-2022

Источник: / Source: составлено авторами по данным / compiled by the authors

According to STATISTA, 2023a. Global cumulative renewable capacity installed 2010-2022, доступно по адресу: / available at: <https://www.statista.com/statistics/1094331/global-renewable-capacity-cumulative/> (Дата обращения / Accessed 11.10.2023).

Гидроэнергетика продолжает оставаться крупнейшим источником возобновляемой энергии с точки зрения установленной мощности. В 2022 году мировая установленная мощность гидроэнергетики составила 37% от общей мощности возобновляемых источников энергии (1225,45 ГВт). Прирост мощностей гидроэнергетических ВИЭ составил 21 ГВт (+2%), что соответствует темпу роста последних лет.

Основным драйвером роста выступает солнечная энергетика, в 2022 г. она выросла почти исключительно за счёт прироста солнечных фотоэлектрических мощностей (PV), которые с 2010 по 2022 год увеличились в 26 раз. К концу 2022 года доля солнечных фотоэлектрических систем в установленной мощности ВИЭ составила 31%, глобальная совокупная установленная мощность солнечных фотоэлектрических систем достигла 1055 ГВт, из которых 191 ГВт было добавлено только в 2022 году, при этом 59% установок было введено в эксплуатацию в Азии.

С 2010 по 2022 год ветровая энергетика выросла более чем в 5 раз. В 2022 году глобальная совокупная установленная мощность береговой ветровой энергии достигла примерно 836 ГВт (24%). Как и в случае с солнечной фотоэлектрической энергетикой, Азия лидирует на рынке наземной ветроэнергетики с совокупной установленной мощностью 393 ГВт, и в 2022 году здесь располагалось более 55% установок. Рынок морской ветроэнергетики остается меньше рынка наземной ветроэнергетики – всего 63 ГВт совокупной установленной мощности к концу 2022 года. На долю Азии и Европы приходится 50% этой общей мощности.

Другие технологии возобновляемой энергетика, такие как биоэнергетика, геотермальная, солнечная тепловая и морская энергия, также быстро развивались за последнее десятилетие, хотя и с небольшой базы. Совокупная установленная мощность этих возобновляемых источников энергии достигла 171 ГВт в 2022 году, из которых 87% приходилось на биоэнергетику (IRENA, 2023a).

В 2022 году около 48% всех мощностей возобновляемой энергетика приходилось на Азию, за ней следуют Европа с 21%, Северная Америка с 15% и Южная Америка с 8% мировых мощностей (STATISTA, 2023b). Китай играет огромную роль в энергетическом переходе как

ведущий покупатель и производитель солнечных и ветровых технологий, электромобилей, аккумуляторов и систем хранения данных. В 2022 году в секторе возобновляемой энергетики было занято 13,7 млн. человек по сравнению с 12,7 млн. человек в 2021 году. Почти две трети всех рабочих мест приходится на Азию. На один только Китай приходится 41% от общемирового объема (IRENA and ILO, 2023).

В некоторых странах, таких как Исландия, сегодня почти 100% электроэнергии производится из возобновляемых источников. По прогнозам аналитиков, уже в 2027 году ВИЭ и атомная энергия будут доминировать в росте мирового предложения электроэнергии, вместе удовлетворяя в среднем более 90% дополнительного спроса (UNEP, 2020). На долю Китая придется более 45% роста возобновляемой генерации в период 2023-2025 годов, за ним следует ЕС с 15%. В то же время для обеспечения существенного роста ВИЭ необходимы значительные инвестиции в сети и гибкость для их успешной интеграции в энергосистемы.

За последние два десятилетия инвестиции в экологически чистую энергетику во всем мире неуклонно увеличивались. В 2004 году они составили 32 млрд. долл. США, в 2022 году – 495 млрд. долл. США (STATISTA, 2023с). Однако большая часть этого роста приходилась на развитые страны. Более 30 развивающихся стран до сих пор не зарегистрировали ни одного инвестиционного проекта в сфере возобновляемых источников энергии (UNCTAD, 2023). В то же время текущие объемы финансирования составляют около 1/3 средних инвестиций, необходимых каждый год в возобновляемые источники энергии в рамках сценария потепления на 1,5°C. Более того, 85% глобальных инвестиций в возобновляемую энергетику принесли пользу менее 50% населения мира, а на долю Африки пришлось лишь 1% дополнительных мощностей в 2022 году (IRENA, 2023b). Кроме того, инвестиции в возобновляемую энергетику по-прежнему ориентированы лишь на несколько технологий, в то время как следует расширять структуру ВИЭ за счет использования биотоплива, гидроэнергетики, геотермальной энергии и т.д.

Многообещающей новой энергетической технологической разработкой, призванной удовлетворять растущий спрос на чистые источники энергии с низким содержанием углерода и выбросов, является использование зеленой водородной энергетики.

Чтобы вывести мир на траекторию нулевых выбросов к 2050 году, инвестиции в возобновляемые источники энергии должны утроиться к 2050 году, а поставки электроэнергии из чистых источников энергии должны удвоиться в течение следующих восьми лет. По оценкам, к 2030 году в возобновляемую энергетику необходимо инвестировать около 4 трлн. долл. в год, включая инвестиции в технологии и инфраструктуру. Инвестиции в возобновляемые источники энергии будут стоить значительно дешевле по сравнению с субсидированием ископаемого топлива. Только сокращение загрязнения и воздействия на климат могло бы сэкономить миру до 4,2 трлн. долл. в год, а глобальный переход к низкоуглеродной экономике может принести как минимум 26 трлн. долларов экономической выгоды до 2030 года (United Nations, 2023).

В отдельных странах, включая Индонезию, Аргентину, Россию, Австралию, Новую Зеландию, Республику Корея, сталкиваются с определенными трудностями в развитии нетрадиционных источников энергии, главными из которых являются ограничения доступности возобновляемых источников энергии, большой объем капитальных и операционных затрат при использовании новейших технологий в данной сфере, а также нормативно-правовые барьеры (Шаркова и др., 2023). Страны придерживаются разных траекторий перехода к зеленой экономике и освоения возобновляемых источников энергии в зависимости от своей специфики, включая географическое положение и климат, наличие природных ресурсов, культурные и институциональные условия, политику и нормативно-правовые рамки (Мудрецов и Прудникова, 2020; Цветков и Тулупов, 2022).

Перспективы развития возобновляемой энергетики в России

Россия, благодаря тому, что располагает огромными запасами природных ресурсов, большим научным, кадровым техническим и производственным потенциалом в топливно-энергетической сфере, играет ведущую роль в мировой системе оборота энергоресурсов (Мудрецов и Тулупов, 2009; Цветков и Усманов, 2022). С точки зрения использования возобновляемой энергетики потенциал России тоже велик за счет огромной

площади, разнообразных климатических зон и географических областей (Мудрецов и Тулупов, 2016; Тулупов, 2013). Развитие и потребление возобновляемой энергии экономически выгодно для удаленных от промышленных центров и мест добычи природных ископаемых регионов. Даже без поддержки государства строительство таких станций, производящих энергию из возобновляемых источников, становится привлекательным для инвесторов по причине быстрой окупаемости вложенных капиталов в данную сферу.

В 2022 году совокупная установленная мощность ВИЭ в энергосистеме России составила 5,78 ТВт. В структуре установленной мощности ВИЭ лидируют ветровые и солнечные электростанции (на них приходится по 2,3 и 2,2 ГВт мощности соответственно) и малые гидроэлектростанции мощностью до 50 МВт (1,3 ГВт). Помимо этого, эксплуатируются электростанции, функционирующие на основе биомассы, биогаза, свалочного газа, энергии приливов и геотермальной энергии совокупной мощностью более 100 МВт (АРВЭ, 2023). На данный момент доля возобновляемых источников энергии составляет всего 2,5% от общего объема производства энергии в России. Россия все еще отстает по созданию альтернативной энергетической инфраструктуры и объему инвестиций в сравнении с мировыми лидерами, такими как Китай, Европа, США и Япония. Российская Федерация намного отстает и от стран БРИКС, и от нефтегазодобывающих стран (Норвегия, Канада, Саудовская Аравия, ОАЭ, Катар и др.) по развитию ВИЭ.

Наибольший потенциал роста зеленой энергетики в стране в тех районах, где существует ненадежное, децентрализованное или автономное энергоснабжение (Российский менеджмент, 1998). На сегодняшний день они составляют 65-70% от всей территории России и проживают там около 20-25 млн. человек. В этих районах для выработки энергии используются дорогостоящие источники, однако данные территории обладают большим потенциалом для развития солнечной и ветряной энергетики.

В результате отказа все большего числа стран от углеродной зависимости очевидно, что Россия вынуждена будет отвечать на возникающие в среднесрочной и долгосрочной перспективе внешние вызовы:

– возросшие требования во многих странах к снижению выбросов CO₂ к 2035 году приведут к тому, что в Европе углеродный след, возникающий при производстве электроэнергии, будет ниже в 2,2 раза, чем в России. Это снизит конкурентоспособность российской энергетики и создаст проблемы для энергоемких секторов отечественного экспорта;

– российская экспортная продукция может потерять часть потребителей в результате их коллективного решения об отказе закупок и введения заградительных мер в отношении товаров, не соответствующих эталонным значениям углеродоемкости (бенчмаркам). По данным компания BCG, это может привести к потерям выручки от экспорта у нефтегазовых, металлургических и других углеродоёмких компаний в объеме 3,0-4,8 млрд. долларов в год (BCG, 2020).

– водород зеленого типа для мировой энергетики может оказаться полноценной заменой нефти, газа и угля, это, несомненно, повлияет на российскую экономику и структуру ее экспорта.

К сожалению, в России развитие возобновляемой энергетики происходит не слишком интенсивно по следующим причинам: высокие барьеры администрирования, недостаточная поддержка со стороны государства, сложные механизмы согласования мест размещения объектов ВИЭ-генерации и ограничения для отдельных территорий, неразвитость транспортной инфраструктуры, отсутствие необходимых технологий, растущие затраты на поставки импортных комплектующих, материалов и оборудования.

Несмотря на это, Россия прилагает усилия к увеличению объемов использования экологически чистой энергии. В стране разработана определенная правовая база для декарбонизации российской экономики. Принят Федеральный закон № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов» (Федеральный закон от 02.07.2021 г. № 296-ФЗ), утверждена «Стратегия социально-экономического развития России с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года», согласно которой реализация целевого (интенсивного) сценария позволит РФ достичь баланса между антропогенными выбросами парниковых газов и их поглощением не позднее 2060 года (Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29.10.2021 № 3052-р). В развитие принятой Правительством РФ «Стратегии» были разработаны проекты отраслевых дорожных карт. В 2021 году российским правительством принято решение о

продлении программы поддержки возобновляемой энергетики на период 2025-2035 годов (ДПМ ВИЭ 2.0). В октябре 2023 года была утверждена Климатическая доктрина РФ, где обозначены меры, направленные на снижение выбросов парниковых газов. К данным мерам относятся: повышение энергетической эффективности во всех отраслях экономики, развитие использования возобновляемых и альтернативных источников энергии с низким уровнем выбросов парниковых газов, осуществление климатических проектов (Указ Президента Российской Федерации от 26.10.2023 г. № 812. «Об утверждении Климатической доктрины Российской Федерации»).

Российская энергетика обеспечивает 75% энергопотребления в стране за счет производства энергии на нефте- и газоперерабатывающих предприятиях. Несмотря на то, что страна обладает достаточными возможностями для использования как возобновляемых, так и невозобновляемых источников энергии, отказ от традиционной энергетики сегодня был бы преждевременным решением, так как уровень развития технологий ВИЭ не позволяет стабильно получать необходимые объемы зеленой энергии, при этом инфраструктура в данной области развивается медленно. В настоящее время государственная энергетическая политика страны должна учитывать национальные интересы, при этом центром решения проблем устойчивого развития должны стать повышение качества жизни и обеспечение технологического суверенитета (Порфирьев, 2023; Дудин и др., 2020). Несмотря на принятие антикризисных мер, в условиях санкционного давления климатическая повестка остается актуальной для России, рост числа нормативно-правовых актов в этой сфере подтверждает приоритеты страны на декарбонизацию экономики и возрастание объемов производства зеленой энергии.

Выводы

В заключение следует отметить, что использование зеленой энергетики будет способствовать решению экологических проблем Земли на основе сокращения парниковых выбросов и поможет избежать энергетических кризисов. С ростом спроса на возобновляемые источники энергии и стремлением к устойчивому развитию ископаемые виды топлива будут постепенно уходить на второй план. Однако в ближайшем будущем, чтобы удовлетворить растущую потребность в энергии, можно ожидать использования возобновляемых источников энергии в качестве эффективного дополнения к традиционным источникам, создание гибридных моделей производства и хранения энергии, развитие технологий улавливания и хранения углекислого газа. Для дальнейшего прогресса в сфере возобновляемой энергетики и достижения целей устойчивого развития требуется обеспечение сотрудничества на глобальном и национальном уровнях, а также скоординированные действия частного сектора, неправительственных организаций и гражданского общества. По прогнозам экспертов, к 2030 году использование возобновляемых источников энергии в сочетании с ядерной энергетикой будет удовлетворять около 90% роста спроса на электроэнергию.

Литература / References

1. Федеральный закон от 02.07.2021 г. № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов», доступно по адресу: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202107020031?index=1> (Дата обращения 20.10.2023). [Federal Law of 02.07.2021 No. 296-FZ «On limiting greenhouse gas emissions», available at: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202107020031?index=1> (Accessed 06.10.2023)].

2. Указ Президента Российской Федерации от 26.10.2023 г. № 812 «Об утверждении Климатической доктрины Российской Федерации», доступно по адресу: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202310260009?index=1> (Дата обращения 20.10.2023). [Decree of the President of the Russian Federation dated October 26, 2023, No. 812 «On the Approval of the Climate Doctrine of the Russian Federation», available at: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202310260009?index=1> (Accessed 20.10.2023)].

3. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29.10.2021 г. № 3052-р «Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года», доступно по адресу: <http://static.government.ru/media/files/ADKkCzp3fWO32e2yA0BhtIpyzWfHaiUa.pdf> (Дата обращения

20.10.2023). [Order of the Government of the Russian Federation of 29.10.2021 No. 3052-p «Strategy for the socio-economic development of the Russian Federation with low greenhouse gas emissions until 2050», available at: <http://static.government.ru/media/files/ADKkCzp3fWO32e2yA0BhtIpyzWfHaiUa.pdf> (Accessed 25.10.2023)].

4. АРВЭ (2023), *Статистика ВИЭ*, доступно по адресу: <https://rreda.ru/industry/statistics/> (Дата обращения 20.10.2023). [RREDA (2023), *Renewable Energy Statistics*, available at: <https://rreda.ru/industry/statistics/> (Accessed 20.10.2023)].

5. Дудин, М.Н., Шутьков, А.А., Лясников, Н.В., Анищенко, А.Н. и Усманов, Д.И. (2020), *Новые траектории развития экономики России в условиях глобальных вызовов: Монография*, Издательство «РУСАЙНС», Москва, 252 с. [Dudin, M.N., Shutkov, A.A., Lyasnikov, N.V., Anishchenko, A.N. and Usmanov, D.I. (2020), *New trajectories of development of the Russian economy in the context of global challenges: Monograph*, «RUSAINS» Publishing House, Moscow, 252 p.].

6. Мудрецов, А.Ф. и Прудникова, А.А. (2020), ««Зеленая экономика» как драйвер устойчивого развития», *Экономика и математические методы*, т. 56, № 2, с. 32-39. [Mudretsov, A.F. and Prudnikova, A.A. (2020), ««Green Economy» as a driver of sustainable development», *Economy and mathematical methods*, vol. 56, no. 2, pp. 32-39].

7. Мудрецов, А.Ф. и Прудникова, А.А. (2022), «Традиционные и зеленые источники энергии: проблемы и перспективы развития в условиях глобальной декарбонизации», *Проблемы рыночной экономики*, № 1, с. 159-168, DOI: 10.33051/2500-2325-2022-1-159-168. [Mudretsov, A.F. and Prudnikova, A.A. (2022), «Traditional and green energy sources: problems and prospects for development in the context of global decarbonization», *Market economy problems*, no 1, pp. 159-168, DOI:10.33051/2500-2325-2022-1-159-168].

8. Мудрецов, А.Ф. и Тулупов, А.С. (2009), *Экологическая политика постиндустриального развития*, Институт проблем рынка РАН, М., 81 с. [Mudretsov, A.F. and Tulupov, A.S. (2009), *Environmental policy of post-industrial development*, Market economy institute RAS, M., 81 p.].

9. Мудрецов, А.Ф. и Тулупов, А.С. (2016), «Вопросы развития альтернативной энергетики в России», *Вестник Томского государственного университета. Экономика*, № 4 (36), с. 38-45, DOI: 10.17223/19988648/36/3. [Mudretsov, A.F. and Tulupov, A.S. (2016), «Issues of development of alternative energy in Russia», *Bulletin of Tomsk State University. Economy*, no. 4 (36), pp. 38-45, DOI: 10.17223/19988648/36/3].

10. Порфирьев, Б.Н. (2023), «Приоритеты устойчивого развития и климатическая повестка в начале 2020-х годов в мире и в России. Доклад на пленарном заседании МАЭФ, Российская Академия наук, 7 июня 2023 г.», *Научные труды Вольного экономического общества России*, т. 241, № 3, с. 72-80, DOI 10.38197/2072-2060-2023-241-3-72-80. [Porfiriyev, B.N. (2023), «Sustainable Development Priorities and Climate Agenda in the Early 2020s Worldwide and in Russia. Report at the MAEF plenary meeting, Russian Academy of Sciences, June 7, 2023», *Scientific Works of the Free Economic Society of Russia*, vol. 241, no. 3, pp. 72-80, DOI: 10.38197/2072-2060-2023-241-3-72-80].

11. Прудникова, А.А. (2023), «Риски энергетического сектора России в условиях низкоуглеродной трансформации мировой экономики», *Теория и практика общественного развития*, № 10 (186), с. 167-172. [Prudnikova, A.A. (2023), «The Risks of the Energy Sector in Russia in the Context of Low-Carbon Transformation of the Global Economy», *Theory and Practice of Social Development*, no 10 (186), pp. 167-172].

12. *Российский менеджмент* (1998), Государственный университет управления, М., 1032 с. [*Russian management* (1998), State University of Management, M., 1032 p.].

13. Тулупов, А.С. (2013), «Золотой век экономики природопользования», *Вестник университета*, № 11, с. 61-64. [Tulupov, A.S. (2013), «The Golden Age of Environmental Economics», *Bulletin of University*, no. 11, pp. 61-64].

14. Цветков, В.А. и Тулупов, А.С. (2022), «Декарбонизация экономического развития: вызовы и перспективы для России», *ЭКО*, № 12, с. 22-31, DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2022-12-22-31. [Tsvetkov, V.A. and Tulupov, A.S. (2022), «Decarbonization of Economic Development: Challenges and Prospects for Russia», *ECO*, no. 12, pp. 22-31, DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2022-12-22-31].

15. Цветков, В.А. и Усманов, Д.И. (2022), “Это был последний мирный год: социально-экономические итоги России в 2021 году”, *Проблемы рыночной экономики*, № 1, с. 6-27, DOI: <https://doi.org/10.33051/2500-2325-2022-1-6-27>. [Tsvetkov, V.A. and Usmanov, D.I. (2022), “It was the last peaceful year: socio-economic results of Russia in 2021”, *Market economy problems*, no. 1, pp. 6-27, DOI: <https://doi.org/10.33051/2500-2325-2022-1-6-27>].
16. Шаркова, А.В., Елисеева, Е.Н., Ахметшина, Л.Г. и др. (2023), *Стратегии предпринимательства: бизнес-экосистемы, реальные ценности, общество: Монография*, Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», М., 473 с. [Sharkova, A.V., Yeliseeva, E.N., Akhmetshina, L.G. et al. (2023), *Entrepreneurship Strategies: Business Ecosystems, Real Values, Society: Monograph*, Publishing and Trading Corporation «Dashkov and K», M., 473 p.].
17. Hansen, J., Sato, M., Simons, L., Nazarenko, L. et al. (2023), “Global warming in the pipeline”, *Oxford Open Climate Change*, vol. 3, Issue 1, kgad008, available at: <https://doi.org/10.1093/oxfclm/kgad008> (Accessed 27.10.2023).
18. BCG (2020), “How an EU Carbon Border Tax Could Jolt World Trade”, available at: <https://www.bcg.com/publications/2020/how-an-eu-carbon-border-tax-could-jolt-world-trade> (Accessed 10.11.2023).
19. IEA (2023a), *Global Energy Review: CO2 Emissions in 2022*, available at: <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2022> (Accessed 10.11.2023).
20. IEA (2023b), *Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5°C Goal in Reach*, Paris, available at: <https://www.iea.org/reports/net-zero-roadmap-a-global-pathway-to-keep-the-15-0c-goal-in-reach> (Accessed 10.11.2023).
21. IPCC (2023), *Climate Change 2023: Synthesis Report*, available at: https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_FullVolume.pdf (Accessed 10.11.2023).
22. IRENA (2023a), *Renewable energy statistics 2023*, available at: <https://www.irena.org/Publications/2023/Jul/Renewable-energy-statistics-2023> (Accessed 10.11.2023).
23. IRENA (2023b), “World Energy Transitions Outlook 2023” available at: <https://www.irena.org/Digital-Report/World-Energy-Transitions-Outlook-2023> (Accessed 15.11.2023).
24. IRENA and ILO (2023), *Renewable energy and jobs: Annual review 2023*, available at: <https://www.irena.org/Publications/2023/Sep/Renewable-energy-and-jobs-Annual-review-2023> (Accessed 12.11.2023).
25. STATISTA (2023a), “Global cumulative renewable capacity installed 2010-2022”, available at: <https://www.statista.com/statistics/1094331/global-renewable-capacity-cumulative/> (Accessed 11.10.2023).
26. STATISTA (2023b), “Cumulative renewable energy capacity worldwide in 2022, by region”, available at: <https://www.statista.com/statistics/1394190/global-renewable-capacity-cumulative-by-region/> (Accessed 15.11.2023).
27. STATISTA (2023c), “Worldwide investment in renewable energy 2004-2022”, available at: <https://www.statista.com/statistics/186807/worldwide-investment-in-sustainable-energy-since-2004/> (Accessed 18.11.2023).
28. UNCTAD (2023), *World investment report 2023. Investing in sustainable energy for all*, available at: https://unctad.org/system/files/official-document/wir2023_en.pdf (Accessed 03.11.2023).
29. UNEP (2020), “Iceland, a world leader in clean energy, supports Africa's push for geothermal power”, available at: <https://www.unep.org/news-and-stories/story/iceland-world-leader-clean-energy-supports-africas-push-geothermal-power> (Accessed 10.11.2023).
30. United Nations (UN) (1998), *Kyoto protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*, available at: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf> (Accessed 10.10.2023).
31. United Nations (UN) (2015), *Paris Agreement*, available at: https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf (Accessed 10.11.2023).
32. United Nations (UN) (2023), “Renewable energy – powering a safer future”, available at: <https://www.un.org/en/climatechange/raising-ambition/renewable-energy> (Accessed 15.11.2023).

Об авторах

Мудрецов Анатолий Филиппович, доктор экономических наук, главный научный сотрудник, Институт проблем рынка РАН, Москва.

Павлов Александр Николаевич, кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник, Международный научно-исследовательский институт проблем управления (МНИИПУ), Москва.

Прудникова Анна Анатольевна, кандидат экономических наук, доцент, Финансовый университет при Правительстве РФ, Москва.

About authors

Anatoly F. Mudretsov, Doctor of Sci. (Econ.), Principal Researcher, Market Economy Institute of RAS, Moscow.

Aleksandr N. Pavlov, Candidate of Sci. (Econ.), Leading researcher, International Research Institute for Advanced Systems (IRIAS), Moscow.

Anna A. Prudnikova, Candidate of Sci. (Econ.), Associate Professor, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow.