

УДК 332.1;339.9;338.2

Н.Р. Кошкина, К.А. Левина, А.А. Череповицына

РОЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ФАКТОРА В ОГРАНИЧЕНИИ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

N.R. Koshkina, K.A. Levina, A.A. Cherepovitsyna

THE ROLE OF TECHNOLOGICAL FACTOR IN LIMITING GREENHOUSE GAS EMISSIONS

Ключевые слова: технологический фактор, климатические цели, низкоуглеродные технологии, выбросы, парниковые газы, ограничение выбросов, декарбонизация, энергетика.

Keywords: technological factor, climate goals, low-carbon technologies, emissions, greenhouse gases, emission limits, decarbonization, energy.

Цель: выявить роль технологий в реализации мер по ограничению выбросов парниковых газов. Обсуждение: лидерами технологического развития, в том числе в области низкоуглеродных технологий, продолжают оставаться Япония, США, Республика Корея и Германия. В последние годы наблюдается усиление роли Китая. Большие надежды по ограничению эмиссии в глобальном масштабе возложены на ветро- и солнечную энергетику. Вопросы развития углеродного регулирования, финансирования НИОКР и интенсификации цифровизации остаются неотъемлемыми составляющими реализации планов по декарбонизации. Результаты: доказано, что на текущий момент сохраняется дисбаланс в доступе к инновационным разработкам, в связи с чем для достижения глобальных и национальных целей необходимо создать механизмы, стимулирующие сокращение технологического разрыва между странами-лидерами в области низкоуглеродных технологий и развивающимися странами.

Purpose: to identify the role of technologies in implementing measures to limit greenhouse gas emissions. Discussion: Japan, the United States, the Republic of Korea, and Germany continue to be leaders in technological development, including in the field of low-carbon technologies. In recent years, China's role has been growing. High hopes for limiting emissions on a global scale are pinned on wind and solar energy. Issues related to the development of carbon regulation, funding R&D, and intensifying digitalization remain integral components of implementing decarbonization plans. The results have shown that an imbalance in access to innovative developments persists at present, and therefore, in order to achieve global and national goals, it is necessary to create mechanisms that will stimulate the reduction of the technological gap between leading countries in the field of low-carbon technologies and developing countries.

Электронный адрес: koshkina-natalia@mail.ru, xeniyalewina@yandex.ru, iljinovaAA@mail.ru

Введение

В настоящее время технологический фактор в значительной мере определяет вклад той или иной страны в решение глобального климатического вопроса и ее влияние на построение международной архитектуры климатического регулирования. В рамках обострившейся климатической повестки требуются ограничение эмиссии парниковых газов, а также адаптация к климатическим изменениям, что вызывает необходимость ускоренной разработки и внедрения технологических решений в указанных областях. Большая часть первичной энергии в мире приходится на традиционные полезные ископаемые, содержащие углерод, нефть, природный газ, уголь [30].

Одним из наиболее существенных аспектов современной климатической политики выступает стимулирование изменения структуры энергопотребления в сторону использования более «чистых» источников энергии (низкоуглеродных, с нулевым или сведенным к минимуму образованием CO₂), что приводит к понятию энергетического перехода как ответу энергетического сектора на возникающие вызовы. Все это свидетельствует об ответственности, возлагаемой на энергетический сектор по решению климатических задач. Очевидно, что технологический фактор играет и продолжит играть критически важную роль в данном процессе [1,6,7,9].

Методы

Методологическую основу работы составляют общенаучные методы: анализ и синтез, систематизация, метод группировки, декомпозиция, метод сравнительного и причинно-следственного анализа. Результаты, полученные в ходе исследования, представлены при помощи графического метода и метода составления аналитических таблиц. Кроме того, в статье проводится контент-анализ первичных и вторичных источников информации.

Используемые источники, среди которых научно-аналитический доклад ИНП РАН, статьи авторитетных российских экономистов и зарубежные издания позволили составить представление о технологическом обеспечении низкоуглеродного развития. Для анализа были привлечены наиболее релевантные данные, среди которых аналитика Всемирного банка, Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП), Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК ООН), Института энергетики.

Результаты

На сегодняшний день разработка, внедрение и распространение технологий способствуют переходу на траекторию устойчивого развития [31]. Необходимость решения современных проблем технологического развития, в первую очередь, развивающихся стран, отражена в Целях устойчивого развития ООН (ЦУР ООН), в частности, в ЦУР 9 «Создание устойчивой инфраструктуры, содействие всеохватной и устойчивой индустриализации и инновациям». Прогнозы показывают, что из всех возможных сценариев развития мировой экономики наиболее реалистичным представляется вариант дальнейшей фрагментации мировой экономики с усилением роли крупных развивающихся экономик Юго-Восточной Азии и глобального Юга [11].

Одним из признаков этого сценария является опережающий рост затрат на исследования и разработки в развивающихся странах, сокращение технологического отставания Китая и приближение к «паритету» в научно-технологическом плане между развитыми и развивающимися государствами. Данный сценарий является актуальным и под углом международной климатической повестки, в которой технологический фактор может оказать решающее влияние на достижение поставленных климатических целей (табл. 1).

Таблица 1

Сопоставление показателей научно-технического прогресса некоторых развитых, развивающихся стран и их климатических целей [34]

Государство	Расходы на НИОКР в ВВП, %*	Экспорт продукции высокотехнологичных отраслей, % экспорта промышленной продукции*	Климатическая цель
Республика Корея	5,2 (2022 год)	36,3 (2024 год)	Достижение углеродной нейтральности к 2050 году
США	3,6 (2022 год)	24,3 (2024 год)	Достижение углеродной нейтральности к 2050 году
Япония	3,4 (2022 год)	17,6 (2024 год)	Достижение углеродной нейтральности к 2050 году
Германия	3,1 (2022 год)	18 (2024 год)	Достижение углеродной нейтральности к 2045 году
Китай	2,6 (2022 год)	26,3 (2024 год)	Достижение углеродной нейтральности к 2060 году
Бразилия	1,2 (2020 год)	11,1 (2024 год)	Достижение углеродной нейтральности к 2050 году
Россия	0,9 (2022 год)	9,7 (2021 год)	Достижение углеродной нейтральности к 2060 году
Индия	0,7 (2020 год)	18,6 (2024 год)	Достижение углеродной нейтральности к 2070 году

*Примечание: в скобках указан год последних имеющихся открытых данных.

Несмотря на технологическое сближение развивающихся и развитых стран, происходящее преимущественно за счет Китая, на текущий момент существует серьезная дифференциация: инновационные разработки все еще сконцентрированы в нескольких развитых странах, таких как Республика Корея, США, Япония и Германия. При этом нельзя отрицать, что многие страны глобального Юга испытывают трудности при технологическом обеспечении своих климатических целей. В настоящее время достаточно остро встают проблемы: международного трансфера технологий в страны, которые в них нуждаются, создания и регистрации новых технологий, особенно в развивающихся странах. Первая проблема связана с недостаточной защитой прав интеллектуальной собственности, из-за чего развитые страны избегают передачи своих технологий в менее развитые государства. Вторая проблема связана с недостатком механизмов поддержки инновационного развития, в том числе финансирования, институциональными особенностями, правоприменением и защитой прав собственности, неразвитостью базовой инфраструктуры создания технологий и дефицитом компетенций. Отдельно стоит упомянуть «патентные чаши» как набор перекрывающихся патентных прав, лицензии на которые нужно приобрести, чтобы создать свою технологию. Поэтому в международной практике в качестве ответного инструмента выработана концепция «патентного пула», который является соглашением о перекрестном лицензировании между обладателями патентов, предусматривающим механизм предоставления лицензий третьим лицам на согласованных условиях [21]. К возможности использования патентных пулов для поддержки развивающихся стран в соответствии с положениями РКИК ООН и исполнения Киотского протокола было привлечено внимание еще в 2010 году в докладе ЮНЕП [28]. С тех пор этот механизм начал внедряться такими корпоративными игроками, как LG Energy и Panasonic Energy (пул на 5000 патентов в области литий-ионных аккумуляторов), Maersk и Siemens Energy (пул на 250 патентов по общей тематике ESG) и др. [16]. Проблема неравномерного технологического развития в контексте декарбонизации также прослеживается по данным о распределении патентов в области низкоуглеродной энергетики между развитыми и развивающимися странами (табл. 2).

Таблица 2

Распределение патентов в области энергетических технологий в развитых и развивающихся странах [19]

Государство	Количество патентов в области низкоуглеродной энергетики	Количество патентов в области ископаемого топлива
Япония	117 371	3 666
Китай	106 907	6 724
США	75 090	26 035
Республика Корея	47 216	1 847
Германия	44 688	3 443
Индия	1 830	849
Россия	1 625	1 172
Бразилия	772	404

Количество патентов в области низкоуглеродных технологий в рассмотренных странах значительно превышает количество патентов в области традиционной энергетики. Особенно заметен данный разрыв в Японии, Республике Корея, Китае и Германии, что подтверждает стремление данных стран к лидерству в части технологического решения климатических задач. США стремится к поддержанию технологического лидерства как в области традиционной, так и низкоуглеродной энергетики, о чем свидетельствуют существенные абсолютные значения, тогда как Индия, Россия и Бразилия находятся на пути к активному внедрению низкоуглеродных решений. Отметим, что Китай, являясь одним из лидеров в области создания технологий низкоуглеродной энергетики, опережает другие страны в разработке солнечных панелей, аккумуляторов, электротранспорта и топливных элементов для водородного транспорта. Одним из механизмов, обеспечивающих прозрачность климатической политики сторон Парижского соглашения, является публикация докладов по определяемым на национальном уровне вкладам (ОНУВ, Nationally Determined Contributions, NDC) [24]. Таким образом, создается возможность для сравнения климатических целей и прогресса по их достижению в разных странах. Структура этих докладов предусматривается решениями РКИК ООН. Страны самостоятельно выбирают, что будет раскрываться в их национальной

отчетности. Среди мер ограничения выбросов в ОНУВ ключевое место занимают меры, направленные на ускорение внедрения технологий энергетики с нулевым и низким уровнем выбросов (технологий в области альтернативной энергетики, атомной энергетики, технологий улавливания и хранения углерода и пр.). Такие меры покрывают 95% сторон Парижского соглашения, на долю которых приходится 92% предложения энергии из ископаемых источников [25]. При этом доминирующее положение в декарбонизационной составляющей ОНУВ занимает солнечная энергетика, которую указывают более 50% стран Парижского соглашения в качестве меры по достижению национальных климатических целей к 2035 году (рисунок).

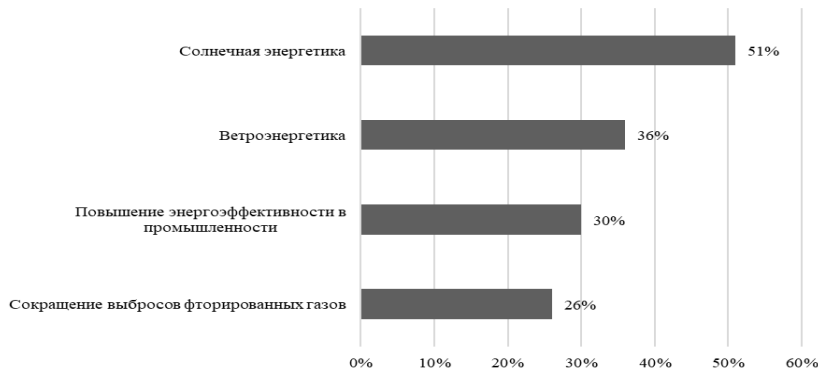


Рисунок Доля сторон Парижского соглашения, указывающих некоторые технологии с высоким потенциалом сокращения выбросов стоимостью менее 20 долл. /т CO₂-экв. в ОНУВ до 2035 года [25]

Отметим, что страны значительно дифференцированы по уровню амбиций и достижений относительно внедрения технологий энергетики с нулевым и низким уровнем выбросов. Очевидно, что наиболее амбициозные цели в области энергоперехода преследуют развитые страны, имеющие значительные финансовые ресурсы для стимулирования технологического развития в контексте поставленных климатических целей. Так, Финляндия планирует достижение углеродной нейтральности уже к 2035 году. Однако по объемам внедрения возобновляемых источников энергии ведущие позиции занимают развивающиеся страны, например, на долю Китая приходится около 50% мировой выработки солнечной электроэнергии [12]. Кроме того, Китай объявил об увеличении доли неископаемых видов топлива в энергопотреблении до 25% к 2030 году и достижении углеродной нейтральности к 2060 году [15]. Вопрос инвестиций в низкоуглеродные технологии является одним из наиболее острых в климатической повестке. Согласно данным доклада Bloomberg, глобальные инвестиции в технологии, способствующие повышению энергоэффективности и переходу от ископаемого топлива к низкоуглеродным решениям и источникам энергии, в 2024 году выросли до исторического рекорда в 2,1 трлн долл. [20]. Крупнейшими секторами вложений стали электромобили (757 млрд долл. или 36%), возобновляемые источники энергии (728 млрд долл. или 34%) и электросети (390 млрд долл. или 19%). Примечательно, что рост инвестиций в низкоуглеродные технологии в мире происходит за счет Азиатско-Тихоокеанского региона, в первую очередь, за счет Китая. Страна инвестирует не только в технологическое развитие собственной экономики: китайские компании активно вкладываются в зарубежные проекты. С 2022 года в развитие технологий аккумулирования энергии, солнечной, ветряной и водородной энергетики, электротранспорт было вложено более 220 млрд долл. [14].

Важной частью денежно-кредитной политики Народного банка Китая является предоставление коммерческим банкам капитала для выдачи кредитов на проекты по сокращению выбросов по ставке, близкой к ключевой (3,1% для однолетних кредитов и 3,6% для пятилетних кредитов по состоянию на март 2025 года [13]). В международной практике в качестве рыночного инструмента финансирования низкоуглеродных решений выступают системы квотирования выбросов парниковых газов. Все это, в конечном счете, призвано ограничить выбросы парниковых газов за счет стимулирования развития и перехода на менее углеродоемкие технологии, в том числе на уровне энергетического сектора [29]. В настоящее время из 36 действующих систем квотирования и торговли выбросами в мире 24 охватывают энергетический сектор [18]. США отличаются региональным подходом к ограничению выбросов парниковых газов. В 2009 году была разработана Региональная инициатива по парниковым газам (Regional Greenhouse Gas Initiative), которая регулярно пересматривается и совершенствуется [32]. Так, например, с 2018 года в штате Массачусетс применяется система ограничения эмиссии от генерации электроэнергии, совокупные поступления от функционирования которой к 2024 году оцениваются в 186 млн долл. [33]. Также интересным представляется опыт Республики Корея и Казахстана в реализации общенациональных систем торговли выбросами. Республика Корея является первой страной в Восточной Азии, а Казахстан – единственной страной ЕАЭС, в которых запущены данные механизмы. Примеры обсужденных выше систем с международными, национальными и региональными подходами к их функционированию представлены ниже (табл. 3).

Таблица 3

Сравнительный анализ некоторых систем квотирования выбросов парниковых газов [18]

Государство, регион	Охватываемые секторы*	Выбросы парниковых газов в 2024 году, Мт CO ₂ -экв.	Покрываемые системой выбросы, Мт CO ₂ -экв.	Средняя цена углеродной единицы, долл. /ед.
Международные системы				
ЕС	Промышленность, энергетика, внутренняя авиация, водный транспорт	2 430	1413,6 (2024 год)	70,6 (2024 год)

Государство, регион	Охватываемые секторы	Выбросы парниковых газов в 2024 году, Мт CO ₂ -экв.	Покрываемые системой выбросы, Мт CO ₂ -экв.	Средняя цена углеродной единицы, долл. /ед.
Национальные системы				
Китай	Энергетика, промышленность	12 290	8 000 (2024 год)	13,33 (2024 год)
Казахстан	Промышленность, энергетика	287,01	167,4 (2025 год)*	1 (2024 год)
Республика Корея	Водный транспорт, сектор обращения с отходами, внутренняя авиация, транспорт, здания, промышленность, энергетика	583,68	567,1 (2024 год)	6,78 (2024 год)
Региональные системы				
Система ограничения эмиссии от генерации электроэнергии в Массачусетсе (США)	Энергетика	4 900	7,6 (2024 год)*	3,31 (2024 год)

*Примечание: система торговли квотами охватывает только выбросы CO₂.

С 2023 года в России законодательно закреплено обязательное ведение отчетности о выбросах ПГ для организаций, соответствующих определенным критериям [5], но функционирование организационно-экономических, рыночных и финансовых инструментов пока не предусмотрено. Вместе с тем на территории Сахалинской области запущен эксперимент по ограничению выбросов, одна из задач которого – стимулирование внедрения технологий сокращения выбросов парниковых газов и увеличения их поглощения [4]. На территории региона был дан старт прикладному развитию климатической политики: состоялся запуск первых климатических проектов, первая продажа российских углеродных единиц [8]. По состоянию на 2025 год Сахалинская область достигла углеродной нейтральности. Декарбонизация потребляемой электроэнергии является одним из ключевых факторов, обеспечивающих сильные технологические позиции в области климата. Цифровизация энергетического сектора призвана оптимизировать использование энергетических ресурсов, снижать воздействие на окружающую среду, осуществлять вклад в декарбонизацию, а также повышать эффективность использования действующей энергетической инфраструктуры [2,3,17,26]. Цифровая трансформация в энергетике может привести к увеличению энергопотребления, и, как следствие, выбросам парниковых газов [22]. Так, на фоне нарастающей конкуренции между Китаем и США в области искусственного интеллекта неизбежен высокий спрос на электроэнергию для обработки данных и обучения нейросетей. Китай превзошел другие страны в мире искусственного интеллекта, где экспертиза перестала быть решающим фактором успеха и уступила место объему данных: In deep learning there's no data like more data [23]. Китайские техногиганты за счет доминирующего положения на рынке КНР на протяжении последних десяти лет агрегировали значительное количество данных, которые теперь могут быть использованы для обучения нейросетей.

Обсуждение

В настоящее время технологическому фактору придается особое значение в международной климатической политике. Развитые страны стараются сохранять значительную долю расходов на НИОКР в ВВП (3% и более), крупнейшая развивающаяся страна мира – Китай – стремится приблизиться к этому значению, а исследованные развивающиеся страны демонстрируют значение данного показателя на уровне 1%. Все рассмотренные страны поставили национальную цель по достижению углеродной нейтральности, развитие – в горизонте до 2050 года, развивающиеся – до 2070 года. Можно предположить, что фактическое достижение поставленных целей будет существенно зависеть от уровня развития технологий низкоуглеродной энергетики. По количеству таких разработок развитые страны и Китай в разы опережают развивающиеся, что подтверждает факт стремления к технологическому лидерству в этой области, а также большой потенциал достижения задекларированных климатических целей. Ведущее место в упомянутых планах занимают меры повышения энергоэффективности, однако, их потенциал в существенной степени исчерпан. Это вызывает необходимость перехода к ряду других направлений, таких как использование неископаемых видов топлива, технологий улавливания и хранения углерода.

Заключение

Итак, вопросы оценки роли технологий в планируемых и происходящих процессах декарбонизации по всему миру являются достаточно новыми, сложными и требуют формализованного и комплексного подхода. Несмотря на осознание критической роли технологий в борьбе с изменением климата, наблюдается существенный дисбаланс в доступе к инновационным разработкам. Ограниченный доступ к зарубежным технологиям и оборудованию может создавать барьеры для реализации климатической политики, что повышает актуальность разработки и внедрения отечественных решений в области декарбонизации. Для достижения целей Парижского соглашения необходимо формирование механизмов, которые позволили бы сократить технологический разрыв и обеспечили бы интенсификацию сокращения выбросов парниковых газов.

Литература

1. Единый план по достижению национальных целей развития Российской Федерации до 2030 года и на перспективу до 2036 года [Электронный ресурс]. URL: <https://government.ru/news/53927/>.
2. Кудайбергенов Т.С. Цифровизация энергетического сектора в странах Востока // Известия. Серия: Международные отношения и регионоведение. – 2025. – № 1. – С. 137-150.
3. Кудрявцева О.В., Бобылев С.Н. Цифровая экономика и устойчивое развитие // В: Исследования по цифровой экономике // М.: Экономический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова. – 2025. – С. 174-185.
4. О проведении эксперимента по ограничению выбросов парниковых газов в отдельных субъектах Российской Федерации – Федеральный закон от 06.03.2022 г. № 34-ФЗ [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_411051/.
5. Об ограничении выбросов парниковых газов – Федеральный закон Российской Федерации от 02.07.2021 г. № 296-ФЗ. Собрание законодательства Российской Федерации 05.07.2021 г. [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_388992/.

6. Парижское соглашение. UNFCCC [Электронный ресурс]. URL: https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_russian.pdf.
7. Порфирьев Б.Н., Коллаков А.Ю., Елисеев Д.О., Саенко В.В., Ползиков Д.А., Лазеева Е.А., Бирюков Е.С. Экономические эффекты изменения климата в России // Проблемы прогнозирования. – 2025. – № 2. – С. 20-36.
8. Сахалин достиг углеродной нейтральности. Министерство экономического развития Российской Федерации. 2025. [Электронный ресурс]. URL: https://www.economy.gov.ru/material/news/sahalin_dostig_uglerodnoy_neutralnosti.html?ysclid=mk0zkr0bxa756622583.
9. Скобелев Д.О., Волосатова А.А., Гусева Т.В., Панова С.В. Применение концепции наилучших доступных технологий в различных системах зеленого финансирования: международный опыт и перспективы использования в государствах-членах Евразийского экономического союза // Вестник евразийской науки. – 2022. – № 2. – С. 1-18.
10. Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 октября 2021 года № 3052-р. Правительство России. [Электронный ресурс]. URL: <https://static.government.ru/media/files/ADKkCzp3fWO32e2yA0BhtIpyzWfHaiUa.pdf>.
11. Трансформация мировой экономики: возможности и риски для России // М.: Динамик Принт. – 2024. – 144 с.
12. China breaks more records with surge in solar and wind power. The Guardian. [Electronic resource]. URL: <https://www.theguardian.com/world/2025/jun/26/china-breaks-more-records-with-massive-build-up-of-wind-and-solar-power>.
13. China holds benchmark lending rates steady as expected. Reuters. 2025 [Electronic resource]. URL: <https://www.reuters.com/world/china/china-holds-benchmark-lending-rates-steady-expected-2025-03-20/>.
14. China's Green Leap Outward: The rapid scale-up of overseas Chinese clean-tech manufacturing investments. Net zero industrial policy lab. 2025 [Electronic resource]. URL: <https://www.netzeropolicylab.com/china-green-leap>.
15. China's Mid-Century Long-Term Low Greenhouse Gas Emission Development Strategy. UNFCCC. 2025 [Electronic resource]. URL: <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/China%E2%80%99s%20Mid-Century%20Long-Term%20Low%20Greenhouse%20Gas%20Emission%20Development%20Strategy.pdf>.
16. Developing IP Issues in Energy Technology and Renewables. BakerBoots. 2024 [Electronic resource]. URL: <https://www.bakerbotts.com/thought-leadership/publications/2024/september/developing-ip-issues-in-energy-technology-and-renewables>.
17. Digital solutions can reduce global emissions by up to 20%. Here's how. World economic [Electronic resource]. URL: <https://www.weforum.org/stories/2022/05/how-digital-solutions-can-reduce-global-emissions/>.
18. Emission Trading Systems Map. International Carbon Action Partnership [Electronic resource]. URL: <https://icapcarbonaction.com/en/ets>.
19. Energy Technology Patents Data Explorer. IEA [Electronic resource]. URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-technology-patents-data-explorer>.
20. Energy Transition Investment Trends 2025 Report. Bloomberg New Energy Finance (BloombergNEF) [Electronic resource]. URL: <https://about.bnef.com/energy-transition-investment/>.
21. Iliev I., Neuhoft K. Intellectual Property: Cross-licensing, Patent Pools and Cooperative Standards as a Channel for Climate Change Technology Cooperation. Climate Strategies. – 2009. – 29 p.
22. Larick M., Donou-Adonsou F. Digitalization, Carbon Emissions, and Financial Development // Review of Development Finance. – 2024. – V. 14. – P. 11-24.
23. Lee K-F. AI Superpowers: China, Silicon Valley and the New World Order // New York: Harper Business. – 2018. – 272 p.
24. NDC Registry. UNFCCC [Electronic resource]. URL: <https://unfccc.int/NDCREG>.
25. NDC Synthesis Report. UNFCCC 2024 [Electronic resource]. URL: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/nationally-determined-contributions-ndcs/2024-ndc-synthesis-report>.
26. Nižetić S., Arici M., Hoang A. Smart and sustainable technologies in energy transition // Journal of Cleaner Production. – 2023. – V. 389. – P. 135944.
27. Our World in Data 2025 [Electronic resource]. URL: <https://ourworldindata.org/grapher/annual-co2-emissions-per-country?country=>.
28. Patents and Clean Energy: Bridging the Gap between Evidence and Policy – Final Report. UNEP, European Patent Office, International Centre for Trade and Sustainable Development [Electronic resource]. URL: <https://www.uncclearn.org/resources/library/patents-and-clean-energy-bridging-the-gap-between-evidence-and-policy-final-report/>.
29. Song M., Zheng H., Shen Z. Whether the carbon emissions trading system improves energy efficiency: empirical testing based on China's provincial panel data // Energy. – 2023. – V. 275. – P. 127465.
30. Statistical Review of World Energy 2025. Energy Institute [Electronic resource]. URL: <https://www.energyinst.org/statistical-review>.
31. Tan X., Cheng S., Liu Y. Green digital finance and technology diffusion // Humanities and Social Sciences Communications. – 2024. – V. 11. – P. 1-11.
32. The Regional Greenhouse Gas Initiative [Electronic resource]. URL: <https://www.rggi.org/program-overview-and-design/program-review>.
33. USA – Massachusetts Limits on Emissions from Electricity Generators. International Carbon Action Partnership [Electronic resource]. URL: <https://icapcarbonaction.com/en/ets/usa-massachusetts-limits-emissions-electricity-generators>.
34. World Development Indicators. World Bank 2025 [Electronic resource]. URL: <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>.