

Международный научно-исследовательский журнал

«Прогрессивная экономика»

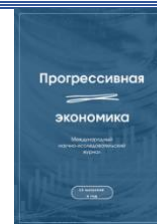
№ 1 / 2026 https://progressive-economy.ru/vypusk_1/vliyanie-politiki-v-oblasti-zelenyh-obligaczij-na-sokrashhenie-vybrosov-uglekislogo-gaza-ocenka-effekta-s-primeneniem-mnogoperiodnogo-metoda-dvojnoj-raznosti/

Научная статья / Original article

Шифр научной специальности ВАК: 5.2.4

УДК 336.02

DOI: 10.54861/27131211_2026_1_145



ВЛИЯНИЕ ПОЛИТИКИ В ОБЛАСТИ ЗЕЛЕННЫХ ОБЛИГАЦИЙ НА СОКРАЩЕНИЕ ВЫБРОСОВ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА: ОЦЕНКА ЭФФЕКТА С ПРИМЕНЕНИЕМ МНОГОПЕРИОДНОГО МЕТОДА ДВОЙНОЙ РАЗНОСТИ

*Тан Инин, аспирант, Санкт-Петербургский государственный университет,
г. Санкт-Петербург, Россия*

199034, г. Санкт-Петербург, Университетская набережная, д. 7–9

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0564-7394>

Аннотация. Статья посвящена оценке влияния политики в области зеленых облигаций на антропогенные выбросы углекислого газа и характеристике условий, от которых зависит ее эффект. Цель исследования заключалась в том, чтобы, преодолев ограничения существующих подходов, оценить чистый эффект данной политики, контролируя долгосрочные структурные тренды, и выявить систематическую гетерогенность этого эффекта. В данной работе используется панельный набор данных по 106 странам за период с 2007 по 2024 год с применением многопериодного метода разности разностей. Путем контроля за долгосрочными тенденциями эмпирически исследуются причинно-следственные связи между политикой в области зеленых облигаций и выбросами углекислого газа. Результаты показывают, что эффект этой политики в плане сокращения выбросов на глобальном уровне не является значительным. Однако ее влияние демонстрирует значительную неоднородность, проявляясь в положительном эффекте сокращения выбросов в странах с высоким уровнем дохода и низкой энергоемкостью. На основе этих результатов в статье предлагаются дифференцированные пути реализации политики: зрелые рынки должны сосредоточиться на укреплении контроля качества и мониторинге экологической выгоды от зеленых облигаций, в то время как развивающиеся – уделять приоритетное внимание укреплению институциональной инфраструктуры зеленых финансов, чтобы эффективно использовать зеленые облигации для перехода к низкоуглеродной экономике.

Ключевые слова: зеленые финансы; зеленые облигации; выбросы углекислого газа; низкоуглеродная экономика; многопериодный метод двойной разности.



Благодарности. Благодарность за ценные советы по вопросам подготовки исследования выражаю своим научному руководителю д.э.н., доценту Санкт-Петербургского государственного университета Н.А. Львовой.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Тан Инин. Влияние политики в области зеленых облигаций на сокращение выбросов углекислого газа: оценка эффекта с применением многопериодного метода двойной разности // Прогрессивная экономика. 2026. № 1. С. 145–169. https://doi.org/10.54861/27131211_2026_1_145.

Статья поступила в редакцию: 23.12.2025 г. Одобрена после рецензирования: 23.01.2026 г. Принята к публикации: 26.01.2026 г.

THE IMPACT OF GREEN BOND POLICIES ON REDUCING CARBON DIOXIDE EMISSIONS: ASSESSING THE EFFECT USING A MULTI-PERIOD DIFFERENCE-IN-DIFFERENCES METHOD

*Tang Yingying, St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia
7-9 Universitetskaya Embankment, St Petersburg, 199034
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0564-7394>*

Abstract. This article assesses the impact of green bond policies on anthropogenic carbon dioxide emissions and characterizes the conditions that determine their effectiveness. The research purpose was to overcome the limitations of existing approaches, assess the net effect of this policy by controlling for long-term structural trends, and identify the systematic heterogeneity of this effect. This study uses a panel data set covering 106 countries for the period 2007 to 2024, applying a multi-period difference-in-differences method. By controlling for long-term trends, the causal links between green bond policy and carbon dioxide emissions are empirically investigated. The results show that the effect of this policy in terms of reducing emissions at the global level is not significant. However, its impact shows considerable heterogeneity, manifesting itself in a positive effect of reducing emissions in countries with high income and low energy intensity. Based on these results, the article proposes differentiated policy implementation paths: mature markets should focus on strengthening quality control and monitoring the environmental benefits of green bonds, while developing markets should prioritise strengthening the institutional infrastructure of green finance in order to effectively use green bonds for the transition to a low-carbon economy.

Keywords: green finance; green bonds; carbon dioxide emissions; low-carbon economy; multi-period difference-in-differences

JEL classification: O44, C23, G28.

Acknowledgments. The author expresses sincere gratitude to the academic advisor, Doctor of Economics, Associate Professor of Saint Petersburg State University, N.A. Lvova, for valuable guidance and insightful advice provided during the preparation of this research.



Conflict of interest. The author declares that there is no conflict of interest.

For citation: Tang Yingying. (2026). Vliyanie politiki v oblasti zelenykh obligatsii na sokrashchenie vybrosov uglekislogo gaza: otsenka effekta s primeneniem mnogoperiodnogo metoda dvoynoi raznosti [The impact of green bond policies on reducing carbon dioxide emissions: assessing the effect using a multi-period difference-in-differences method]. Progressivnaya ekonomika [Progressive Economy], 1, 145–169. https://doi.org/10.54861/27131211_2026_1_145 (In Russ., abstract in Eng.)

The article was submitted to the editorial office: 23/12/2025. Approved after review: 23/01/2026. Accepted for publication: 26/01/2026.

Введение

В глобальной борьбе с изменением климата отчет Программы Организации Объединенных Наций по окружающей среде «Доклад о разрыве в уровне выбросов в 2024 г» указывает на то, что выбросы парниковых газов достигли беспрецедентно высокого уровня. Между существующими национальными обязательствами по сокращению антропогенных выбросов и траекторией изменения температуры, установленной в соответствии с Парижским соглашением, по-прежнему существует значительный разрыв. Если не будут приняты быстрые и решительные меры, мировое сообщество столкнется с трудностями в достижении цели по ограничению роста температуры на 1,5 °C по отношению к доиндустриальному уровню. В докладе содержится призыв к странам коллективно сократить выбросы в рамках нового раунда национально определенных вкладов, стремясь к сокращению годовых выбросов на 42 % к 2030 году и на 57 % к 2035 году [1].

На фоне этой насущной проблемы фактические результаты сокращения выбросов благодаря зеленым облигациям стали одним из ключевых вопросов, связывающих климатические амбиции с финансовой практикой. Соответственно, цель исследования заключалась в том, чтобы, преодолев ограничения существующих подходов, оценить чистый эффект политики в области зеленых облигаций, контролируя долгосрочные структурные тренды, и выявить систематическую гетерогенность этого эффекта.

Обзор литературы

На фоне этой ситуации зеленые финансы рассматриваются как важнейший механизм для направления капитала в сферу низкоуглеродного развития, и их роль становится все более заметной. Ученые подтверждают экологическую ценность зеленых финансов с различных точек зрения: Кудрявцева О.В. и соавторы рассматривают их как направление политики, нацеленное на снижение негативных экологических экстерналий и направление капитала в новые технологии [2]. С. Лю и соавторы утверждают, что политика в области зеленых финансов помогает снизить давление на корпоративное финансирование, стимулировать зеленые технологические



инновации и повысить показатели ESG, тем самым эффективно сокращая выбросы парниковых газов [3]. Кроме того, эмпирические исследования Лю Я. и соавторов показывают, что политика в области зеленых финансов значительно снижает выбросы парниковых газов предприятиями, причем более выраженный эффект наблюдается в энергоемких секторах, финансово развитых экономиках и высококонкурентных отраслях [4]. Зеленые финансы тесно связаны с трансформацией энергетической системы: Ф. Ахмад и соавторы отмечают, что зеленое финансирование выступает катализатором и опорой развития возобновляемых источников энергии [5]. Д.Х. Во и соавторы, в свою очередь, идентифицировали развитие возобновляемых источников энергии, повышение энергоэффективности и зеленые инновации в качестве ключевых каналов передачи, через которые зеленые финансы улучшают энергетическую безопасность [6].

Среди различных зеленых финансовых инструментов зеленые облигации привлекли международное внимание благодаря быстрому увеличению масштабов и все большему разнообразию участников рынка. Согласно данным Climate Bonds Initiative, к третьему кварталу 2025 года совокупный объем выпуска зеленых облигаций в мире достиг почти 4 триллионов долл., что отражает высокий приоритет, который страны уделяют этому инструменту [7].

Соответственно, научное сообщество также широко изучает экологические преимущества зеленых облигаций. Эмпирическое исследование К. Чжан и соавторов, основанное на данных по городам Китая на уровне префектур, показывает, что зеленые облигации могут значительно снизить интенсивность выбросов парниковых газов, причем более выраженный эффект наблюдается в регионах с высокой степенью финансовой либерализации и менее строгими экологическими нормами [8]. К. Донг и соавторы отмечают, что влияние зеленых облигаций на снижение выбросов проявляется неодинаково в разных регионах [9]. Однако другие исследования подчеркивают сложность или неопределенность в отношении их эффект. Ян Л. и соавтор подчеркивают сильную корреляцию между углеродным рынком Китая и рынком зеленых облигаций, отмечая, что краткосрочные эффекты взаимосвязи превосходят долгосрочные [10]. Исследования Н. Лассуэда показывают, что, хотя зеленые облигации могут снизить глобальные затраты на ущерб окружающей среде, их целевое воздействие на загрязнение воздуха и водные ресурсы остается неясным [11]. Исследование С. Бутуриа показывает, что зеленые облигации демонстрируют относительную стабильность в периоды финансового стресса, что подчеркивает их потенциал как устойчивого инвестиционного инструмента [12].

Однако существующие исследования не смогли в полной мере осуществить причинно-следственный вывод на макроуровне с использованием межстрановых данных, строго отделить влияние

долгосрочных структурных трендов, а также систематически проверить институциональные граничные условия, от которых зависит эффективность политики.

Для восполнения этих пробелов настоящее исследование принимает макро-межстрановую перспективу. Путем применения многопериодной модели разности разностей с учётом страновых временных трендов, оно стремится изолировать влияние устоявшихся траекторий развития. Это позволит выявить чистый эффект политики в области зелёных облигаций, а также провести углубленный анализ его гетерогенности в зависимости от уровня доходов и структуры энергопотребления.

Исходя из этого, в данной работе основное внимание уделяется эффектам политики в области зеленых облигаций на сокращение выбросов и ее операционным ограничениям, при этом выдвигаются следующие основные гипотезы:

1. Реализация политики зеленых облигаций может значительно сократить выбросы углекислого газа на национальном уровне.

Теоретическое обоснование гипотезы связано с ответом на вопрос, как хорошо разработанная политика может направлять распределение капитала в зеленые секторы следующими путями, тем самым заменяя или трансформируя высокоуглеродные активы: (1) Механизм сигнализации, разъясняющий направление деятельности правительства и снижающий информационные издержки рынка; (2) Механизм предоставления капитала, обеспечивающий долгосрочное и относительно доступное финансирование низкоуглеродных проектов; (3) Механизм репутационного стимулирования, побуждающий эмитентов улучшать экологические показатели для соответствия рыночным стандартам. Таким образом, с теоретической точки зрения, эта политика должна стимулировать существенные зеленые инвестиции, что в конечном итоге приведет к сокращению выбросов углекислого газа на макроуровне.

2. Эффект политики в области зеленых облигаций в плане сокращения выбросов варьирует в разных странах, в частности, под влиянием уровня развития и энергоемкости экономики.

Политические меры глубоко укоренились в институциональном и структурном контексте каждой страны. В странах с высоким уровнем дохода реализация политики оказывается более эффективной. Однако, учитывая стабильные экономические структуры и высокие предельные издержки сокращения выбросов, эффект может проявиться в первую очередь в перераспределении активов, что делает конечные результаты неопределенными. И наоборот, в странах, характеризующихся высокой энергоемкостью и значительным давлением переходного периода, политика может дать существенный предельный эффект за счет поддержки энергосбережения в промышленности и модернизации энергетического сектора. Однако она также может столкнуться с проблемами проникновения и

эффективности из-за таких ограничений, как жесткость промышленной структуры и недостаточные технологические возможности. Поэтому сравнение результатов политики в странах с разным уровнем развития и энергетической структурой имеет решающее значение для оценки того, могут ли зеленые облигации стимулировать существенный глобальный переход к низкоуглеродной экономике.

Материалы и методы

Для определения причинно-следственных связей между политикой зеленых облигаций и выбросами углекислого газа в данном исследовании используется многопериодный метод разности разностей (Multi-period Difference-in-Differences). Этот метод особенно подходит для оценки эффектов политики, вводимой постепенно в разных странах и в разные периоды времени, решая проблему поэтапного внедрения политики и тем самым создавая основу для контрфактуального анализа. Его основное преимущество заключается в смягчении смещения, вызванного пропущенными переменными, возникающего в результате ненаблюдаемой индивидуальной гетерогенности и общих временных тенденций, путем контроля индивидуальных и временных фиксированных эффектов.

Кроме того, многопериодная модель разности разностей демонстрирует высокую масштабируемость. Она не только оценивает средний эффект воздействия политики, но и позволяет проводить дальнейший анализ динамической эволюции результатов политики, например, проверять, задерживаются ли эффекты, сохраняются ли они или ослабевают со временем. Этот метод может рассматриваться как интеграция ряда традиционных моделей разности разностей. Используя более гибкие спецификации для учета гетерогенности сроков реализации политики, он поддерживает надежные причинно-следственные выводы относительно эффектов политики. В конечном итоге, сочетание стратегий идентификации, таких как тесты параллельных трендов и тесты плацебо, в совокупности повышает достоверность и надежность выводов исследования.

Для точной идентификации и снижения помех в качестве ключевого случая (Китай, рынок зеленых облигаций которого начал работу в 2016 году) мы исключили из выборки страны, внедрившие сходную политику в тот же год (например, Польшу и Бразилию), а также страны с серьезной нехваткой данных. В итоге построена несбалансированная панель данных, охватывающая 106 стран (включая США, Великобританию и Россию) за период с 2007 по 2024 год.

Однако, учитывая исключительную значимость Китая для глобальной повестки в области зеленых финансов и климата, его случай подвергается отдельному углубленному анализу в рамках данного исследования. Это обосновано тремя ключевыми причинами:



Во-первых, Китай является значительным лидером и крупным эмитентом на мировом рынке зеленых облигаций. К концу 2024 года его совокупный объем эмиссии превысил 500 млрд долл., что позволило ему сохранить позицию одного из крупнейших рынков в мире [13].

Во-вторых, Китай был одной из первых стран, которая систематически создала политическую основу для зеленых облигаций, предложив новаторские идеи. Его политическая система развивалась систематически сверху вниз [14]. Например, Народный банк Китая первым выпустил Каталог проектов, поддерживаемых зелеными облигациями, в декабре 2015 года. Затем, в 2016 году, Национальная комиссия по развитию и реформам, а также Шанхайская и Шэньчжэньская фондовые биржи последовательно выпустили руководящие принципы выпуска и пилотные уведомления, быстро установив комплексные рыночные правила и пути регулирования.

В-третьих, траектория сокращения выбросов Китая имеет решающее значение для глобального управления климатом. Согласно отчету «Глобальный углеродный бюджет 2024», Китай в настоящее время является крупнейшим в мире источником выбросов углекислого газа, и его траектория выбросов напрямую влияет на достижение глобальных целей по контролю температуры [15]. Следовательно, анализ результатов сокращения выбросов в рамках политики в области зеленых облигаций имеет важное практическое и стратегическое значение.

Таким образом, в то время как основная эмпирическая стратегия фокусируется на выявлении усредненного эффекта по международной выборке, углубленный анализ китайского кейса служит важнейшим дополнением. Он позволяет проверить, действуют ли обнаруженные общие механизмы в условиях крупнейшего рынка, а также выявить любые специфические, контекстно-обусловленные факторы эффективности.

Данные получены в основном из официальной статистики Всемирного банка и Международного энергетического агентства, а также базы данных «Our World in Data»; отдельные пропущенные значения были заполнены с помощью метода линейной интерполяции.

В данном исследовании для оценки используется двусторонняя модель с фиксированными эффектами:

$$\ln Co_2 = \alpha + \beta Did_{it} + \gamma X_{it} + \mu_i + \lambda_t + \theta_i \times t + \varepsilon_{it}$$

Здесь зависимая переменная $\ln (CO_2)_{it}$ представляет собой натуральный логарифм выбросов углекислого газа для страны i в год t . Для целей данного исследования используются выбросы углекислого газа от сжигания ископаемого топлива и промышленных процессов, что исключает выбросы,

связанные с изменениями в землепользовании и лесным хозяйством, в соответствии с методологией базы данных «Our World in Data».

Основная объясняющая переменная Did_{it} является фиктивной переменной, которая принимает значение 1, начиная с года t , в котором страна i впервые официально опубликовала собственную политику в области зеленых облигаций (например, это могут быть национальные стандарты, рамочная программа, руководство или каталог поддерживаемых проектов), и для всех последующих лет. Во все остальные периоды (до этого года и для стран, никогда не публиковавших подобные документы) переменная принимает значение 0.

X_{it} представляет собой набор контрольных переменных, варьирующихся во времени и по странам, включая логарифм реального ВВП ($\ln GDP$), долю промышленной добавленной стоимости ($industry$), энергоемкость (ei), долю чистого притока прямых иностранных инвестиций (Fdi), долю конечных потребительских расходов правительства (GE) и лесистость (FA), с учетом влияния экономического масштаба, промышленной структуры, энергоэффективности, открытости, размера правительства и естественной способности поглощать углекислый газ.

μ_i и λ_t обозначают фиксированные эффекты страны и года соответственно. В данном исследовании также учитываются линейные временные тренды для конкретных стран $\theta_i \cdot t$ для контроля за внутренней долгосрочной траекторией развития каждой страны, что позволяет снизить погрешности оценки, возникающие в результате расхождений в трендах.

ε_{it} представляет собой случайную ошибку. Все стандартные ошибки подвергаются корректировке с учетом кластеризации на уровне стран для устранения потенциальных проблем автокорреляции и гетероскедастичности.

При определении переменных как выбросы углекислого газа, так и ВВП преобразуются в логарифмическую форму. Такой подход позволяет интерпретировать коэффициенты как эластичность, что более соответствует экономической теории, а также снижает асимметрию и гетероскедастичность, чтобы удовлетворить фундаментальным допущениям модели. Описательные статистические данные по всем переменным представлены в таблице 1.

Таблица 1

Описательная статистика основных переменных

Table 1

Descriptive statistics of key variables

Переменн ые	Описание переменных	Кол-во	Среднее	Стандарт ное отклонен ие	Мин.	Макс.
lnCO ₂	Выбросы углекислого газа от сжигания ископаемого топлива и промышленных процессов (натуральный логарифм)	1908	3,50	2,05	-2,47	9,42
Did	Фиктивная переменная политики в области зеленых облигаций	1908	0,094	0,29	0	1
ln GDP	Реальный ВВП (натуральный логарифм)	1908	25,29	1,98	20,44	31,01
industry	Добавленная стоимость промышленности в % от ВВП	1908	27,90	10,54	1,78	84,35
ei	Энергоемкость (потребление энергии на единицу ВВП)	1908	1,23	0,84	0,08	6,30
Fdi	Чистый приток прямых иностранных инвестиций (% от ВВП)	1908	4,71	23,13	-391,6	431,79
GE	Потребительские расходы правительства (% от ВВП)	1908	31,77	12,21	4,469	83,44
FA	Лесной покров (% от площади суши)	1908	30,88	21,62	0,007	91,84
treated_gb	Фиктивная переменная для стран обработанной группы	1908	0,472	0,50	0	1
green_bond_year	Год реализации политики	901	2021,2	1,88	2016	2024

Источник: составлено автором
Source: compiled by the author

Полная выборка состоит из 1908 наблюдений. Среднее значение зависимой переменной, выбросов углекислого газа (преобразованных в логарифмическую форму), составляет 3,50 со стандартным отклонением 2,05, что указывает на значительные различия в уровнях выбросов между странами выборки. Среднее значение основной политической переменной Did составляет всего 0,094, что свидетельствует о том, что в течение периода наблюдения большинство выборок оставалось в состоянии, когда политика еще не была реализована. Это соответствует характеристикам постепенного политического шока.

Эту структуру данных можно прояснить с помощью трех ключевых переменных: treated_gb идентифицирует страны в экспериментальной группе, которые в конечном итоге реализовали политику (901 наблюдение, 47,2%); green_bond_year фиксирует конкретный год только после вступления политики в силу в странах экспериментальной группы, причем его 901 наблюдение соответствует всем состояниям «после введения политики»; Did принимает значение 1 в год вступления политики в силу и в последующие годы. Его низкое среднее значение 9,4% визуально отражает постепенное,



поэтапное внедрение политики с течением времени, обеспечивая необходимую вариацию для идентификации модели.

Среди контрольных переменных среднее значение доли промышленной добавленной стоимости (industry) составляет 27,9%, в то время как прямые иностранные инвестиции (Fdi) демонстрируют отрицательные значения, что указывает на чистый отток капитала. Все непрерывные переменные подверглись правостороннему усечению на уровне 1%.

Результаты базовой регрессии

Результаты проведенного исследования показывают, что на траекторию выбросов углекислого газа от ископаемого топлива и промышленных процессов в странах оказывают глубокое влияние такие структурные факторы, как ресурсная база, промышленная политика, технологический прогресс и долгосрочное экологическое планирование, которые демонстрируют четкие временные тенденции. Если такие тенденции не учитывать в эмпирическом анализе, наблюдаемые эффекты политики могут быть искажены вследствие присущей стране инерции развития, что приведет к переоценке реального воздействия политики.

Для решения этой проблемы включаем в модель линейные временные тенденции ($\theta_i \cdot t$) для конкретных стран, чтобы контролировать неоднородные траектории развития стран во времени. Этот подход направлен на решение более строгой проблемы идентификации: оказывает ли политика зеленых облигаций значительное предельное влияние на выбросы углекислого газа после выделения уникальной долгосрочной траектории каждой страны.

Ниже представлены результаты регрессионного анализа влияния политики зеленых облигаций на выбросы углекислого газа от ископаемого топлива и промышленных процессов (табл. 2). Модель (1) отображает расчетные результаты без учета национальных временных тенденций в качестве эталона. Учитывая, что национальные выбросы углекислого газа могут следовать сложным долгосрочным траекториям, мы поэтапно ввели линейные, квадратичные и кубические временные тренды для конкретных стран в моделях (2) – (4). Такая конструкция направлена на более гибкое отражение разнородных моделей развития и более тщательную проверку чувствительности основных выводов к формам спецификации трендов.

Таблица 2

Влияние политики зеленых облигаций на выбросы углекислого газа

Table 2

The impact of green bond policies on carbon dioxide emissions

Переменные	(1) Без тренда	(2) Линейный тренд	(3) Квадратичный тренд	(4) Кубический тренд
Did	-0,0085 (0,0115)	0,0058 (0,0061)	0,0058 (0,0063)	0,0058 (0,0065)
ln_GDP	0,5412** (0,0544)	0,2019*** (0,0504)	0,2022*** (0,0520)	0,2026*** (0,0537)
industry	-0,0001 (0,0038)	0,0010 (0,0023)	0,0010 (0,0024)	0,0010 (0,0024)
ei	0,3412*** (0,1171)	0,1212 (0,0819)	0,1212 (0,0845)	0,1212 (0,0873)
Fdi	0,0003* (0,0001)	0,0000 (0,0001)	0,0000 (0,0001)	0,0000 (0,0001)
GE	-0,0012 (0,0031)	-0,0012 (0,0014)	-0,0012 (0,0014)	-0,0012 (0,0014)
FA1	-0,0455*** (0,0112)	0,0074 (0,0106)	0,0071 (0,0109)	0,0068 (0,0113)
Constant	-9,2587*** (1,4890)	-1,9790 (1,3804)	-1,9785 (1,4240)	-1,9778 (1,4720)
N	1,908	1,908	1,908	1,908
Скорректированный R ² (r ² a)	0,9939	0,9983	0,9982	0,9981

В скобках приведены робастные стандартные ошибки, кластеризованные на уровне стран.

Все модели включают фиксированные эффекты стран и годов.

В моделях (2)–(4) дополнительно контролируются страновые специфические линейный, квадратичный и кубический временные тренды соответственно.

* $p < 0,10$, ** $p < 0,05$, *** $p < 0,01$

Источник: составлено автором

Source: compiled by the author

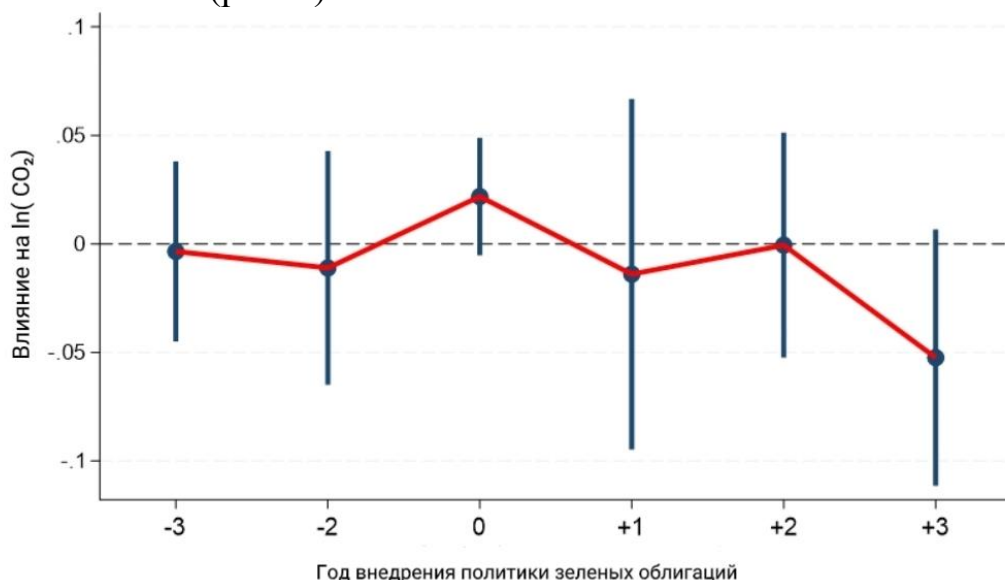
Все модели включают полный набор контрольных переменных, наряду с фиксированными эффектами по странам и годам. Анализ основных эффектов политики показывает, что, независимо от используемой спецификации временной тенденции, коэффициент регрессии для фиктивной переменной Did, характеризующей политику, статистически незначителен. После учета траекторий национального развития и других социально-экономических факторов политика в области зеленых облигаций в целом не оказывает статистически значимого влияния на выбросы углекислого газа на национальном уровне.

Результаты для контрольных переменных соответствуют ожиданиям, что подтверждает корректность спецификации модели. Влияние реального ВВП (ln_GDP) было положительным и значимым во всех моделях, то есть

экономический рост оставался ключевым фактором увеличения выбросов углекислого газа на протяжении всего периода наблюдения. Коэффициенты регрессии при переменных, отражающих долю промышленности (industry) и энергоемкость (ei), также были положительными, и, следовательно, как и можно было ожидать, высокое энергопотребление усугубляет выбросы, коэффициент при переменной лесистости (FA) был значительно отрицательным, когда тенденция не контролировалась, но исчез после контроля национальных линейных тенденций. Это указывает на то, что его эффект поглощения углекислый газ в первую очередь отражает результаты долгосрочной экологической политики, а не краткосрочные колебания. С учетом национальных тенденций качество модель (r^2_a) значительно улучшилось, в то время как направление и значимость коэффициентов основных контрольных переменных остались стабильными. В совокупности это подтверждает надежность результатов эталонного анализа.

Параллельные тесты тренда и анализ динамических эффектов

Для проверки допущений модели и изучения динамических характеристик влияния политики в области зеленых облигаций на сокращение выбросов в рамках данного исследования дополнительно проведен событийный анализ (рис. 1).



Год -1 является опущенным референсным годом.

Точки представляют оценки коэффициентов с 95% доверительными интервалами.

Рис. 1. Исследование событий: политика в области зеленых облигаций и выбросы углекислого газа

Источник: составлено автором

Fig.1. Research into events: green bond policy and carbon dioxide emissions

Source: compiled by the author

Оценки эффектов для периодов до введения исследуемой политики (год -3 и год -2) колебались около нуля, а доверительные интервалы охватывали ноль. Это визуально подтверждает предположение о параллельных

тенденциях, указывая на отсутствие систематических различий между экспериментальной и контрольной группами до введения политики. Рисунок также указывает на потенциальные отстающие эффекты политики, с появлением отрицательного отклонения на третьем году после внедрения (год +3). Однако влияние спецификаций модели на вышеупомянутые результаты выявляется путем анализа их чувствительности посредством сравнения с учетом линейных трендов по странам (рис. 2).

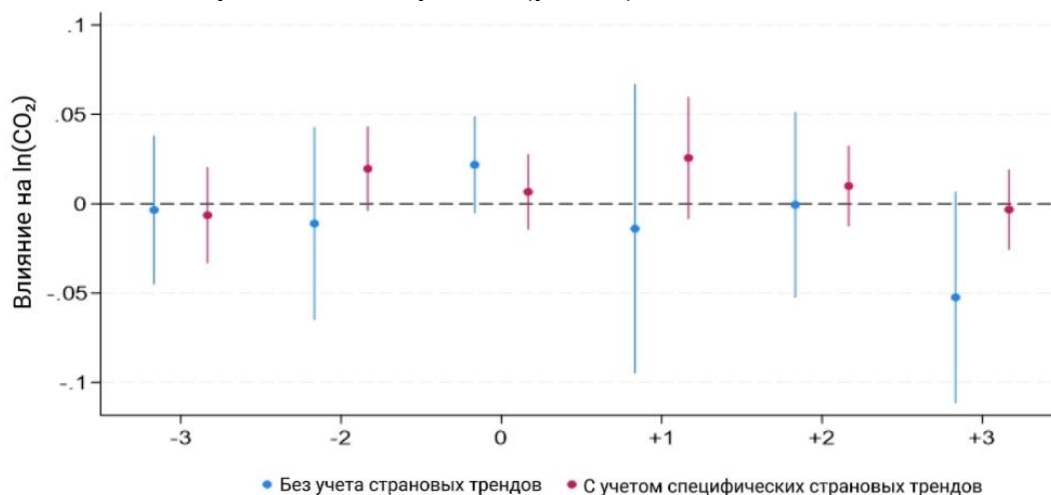


Рис. 2. Сравнение оценок исследования событий

Источник: составлено автором

Fig.2. Comparison of event investigation assessments

Source: compiled by the author

Очевидно, что при учете только базовых фиксированных эффектов – в третьем году после внедрения политики наблюдается значительный отрицательный эффект. Однако при учете тенденций по странам показатели эффекта для всех периодов существенно сокращаются в сторону нулевой линии. Это интуитивное сравнение показывает, что, абстрагируясь от характерной для страны долгосрочной траектории развития, легко ошибочно приписать сокращение выбросов, которое, по сути, обусловлено тенденцией, политике в области зеленых облигаций.

В таблице 3 приведены статистические данные, подтверждающие вышеупомянутое сравнение. В модели, учитывающей национальные тенденции (столбец 2), коэффициент регрессии для третьего года после введения политики (post_3) составляет всего -0,0032 со стандартной ошибкой 0,0113, что делает его статистически незначимым. После учета долгосрочных национальных тенденций политика в области зеленых облигаций не оказывает статистически значимого динамического эффекта на сокращение выбросов. Совокупные графические данные указывают на то, что наблюдаемый так называемый эффект задержки по сути отражает присущую самой стране инерцию развития.

Таблица 3
Динамические эффекты политики зеленых облигаций

Table 3

Dynamic effects of green bond policy

Переменные	(1) Без контроля страновых трендов	(2) С контролем линейных страновых трендов
3-й год до политики (pre_3)	-0,0035 (0,0209)	-0,0064 (0,0135)
2-й год до политики (pre_2)	-0,0111 (0,0272)	0,0196 (0,0118)
Год реализации политики (current)	0,0218 (0,0136)	0,0067 (0,0106)
1-й год после политики (post_1)	-0,0139 (0,0407)	0,0256 (0,0171)
2-й год после политики (post_2)	-0,0006 (0,0261)	0,0100 (0,0113)
3-й год после политики (post_3)	** -0,0524* (0,0298) **	-0,0032 (0,0113)
ln_GDP	0,5414*** (0,0542)	0,2004*** (0,0503)
Constant	-9,2682*** (1,4863)	-1,9395 (1,3780)
N	1908	1908
Скорректированный R ² (r ² _a)	0,9939	0,9983

В скобках приведены робастные стандартные ошибки, кластеризованные на уровне стран.

В модели (1) включены только фиксированные эффекты стран и годов; модель (2) дополнительно контролирует страновые специфические линейные временные тренды.

Для краткости некоторые контрольные переменные (industry, ei, Fdi, GE, FA) не показаны в таблице, но включены в регрессию.

*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,10$.

Источник: составлено автором

Source: compiled by the author

Кроме того, систематическое изменение влияния контрольных переменных (например, переход лесистости (FA) от значительного к незначительному), наряду с заметным улучшением модели после учета тенденций (скорректированное R² увеличилось с 0,9939 до 0,9983), в совокупности указывают на то, что национальные долгосрочные тенденции являются доминирующим фактором, определяющим изменения выбросов углекислого газа на макроуровне. Самостоятельный эффект политики зеленых облигаций оказывается невыявляемым в рамках строгой схемы идентификации.

Другими словами, наблюдаемый эффект сокращения выбросов, вероятно, обусловлен в первую очередь устойчивым, заранее определенным путем перехода страны к низкоуглеродной экономике, а не дополнительным

эффектом, связанным с политикой в области зеленых облигаций. Полученный вывод еще раз доказывает, что эффективность зеленых облигаций в сокращении выбросов глубоко укоренилась в существующих структурных изменениях страны на макроуровне, что затрудняет выявление их независимого причинного воздействия после контроля долгосрочных тенденций.

Анализ гетерогенности

Для изучения граничных условий влияния политики в области зеленых облигаций на выбросы парниковых газов в данном исследовании дополнительно проводится анализ гетерогенности с точки зрения уровня национального дохода и структуры энергетики. Что касается уровня национального дохода, то эффект политики по сокращению выбросов демонстрирует значительный порог дохода (табл. 4).

Таблица 4

Анализ гетерогенности: различия в эффектах политики в зависимости от уровня дохода

Table 4

Heterogeneity analysis: differences in policy effects depending on income level

Переменные	(1) Базовая модель	(2) С учетом взаимодействия для высокодоходных стран
Did	0,0058 (0,0061)	-0,0036 (0,0083)
Фиктивная переменная для высокодоходной страны		0,0000 (.)
Did × Высокодоходная страна		0,0235* (0,0127)
N	1908	1908
Скорректированный R ²	0,9983	0,9983

Все модели контролируют фиксированные эффекты стран и годов, линейные страновые тренды и полный набор контрольных переменных.

В скобках указаны робастные стандартные ошибки.

* $p < 0,10$.

Источник: составлено автором

Source: compiled by the author

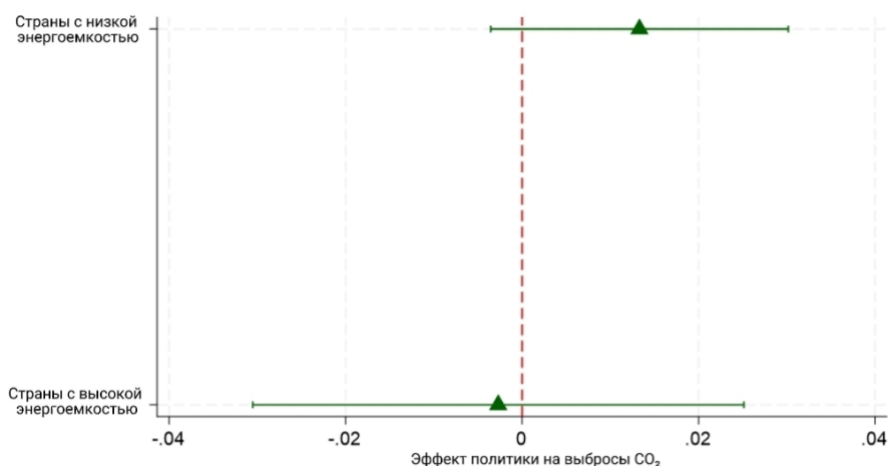
В группе стран с высоким уровнем дохода политика демонстрирует статистически значимый положительный дополнительный эффект (коэффициент регрессии при взаимодействии составляет 0,0235, значимый на уровне 10%), тогда как в странах с невысоким доходом такой эффект не обнаруживается. Этот результат позволяет предположить, что для действенности политики зеленых облигаций, по-видимому, требуется определенная экономическая и институциональная основа.

Однако показатель «высокий доход» сам по себе не способен точно отразить внутренние различия между странами в конкретных



институциональных аспектах. Следовательно, более взвешенный вывод заключается в том, что проявление углеродоснижающего эффекта политики зеленых облигаций, по-видимому, в высокой степени зависит от целостной, более совершенной и скоординированной институционально-экономической экосистемы, поддерживаемой общим высоким уровнем развития.

В данном исследовании страны дополнительно классифицируются по энергоемкости для целей анализа (рис. 3). Эффект политики зеленых облигаций в плане сокращения выбросов значительно варьируется в разных группах. Для стран с более низкой энергоемкостью точечные оценки эффективности политики приближаются к нулю, а доверительные интервалы в целом охватывают нулевое значение. Это указывает на то, что в таких энергоэффективных экономиках политика в области зеленых облигаций не приводит к статистически значимому дополнительному сокращению выбросов.



На рисунке представлены точечные оценки и 95% доверительные интервалы для среднего эффекта политики в области зеленых облигаций на выбросы углекислого газа ($\ln(CO_2)$) в группах стран с низкой и высокой энергоемкостью.

Рис. 3. Эффекты политики в области зеленых облигаций в странах с низкой и высокой энергоемкостью

Источник: составлено автором

Fig. 3. The effects of green bond policies in countries with low and high energy intensity

Source: compiled by the author

Напротив, для стран с более высокой энергоемкостью точечная оценка эффекта политики является отрицательной, а доверительный интервал находится слева от нуля. Следовательно, в экономиках с более низкой энергоэффективностью и большим давлением переходного периода политика в области зеленых облигаций приводит к статистически значимым результатам по сокращению выбросов.

Таким образом, экологические преимущества зеленых облигаций как инструмента финансирования могут быть в полной мере реализованы только

при наличии особых условий. В странах с высокой энергоемкостью, где экономика смещена в сторону энергоемких отраслей, предельные издержки сокращения выбросов ниже, а потребность в таком сокращении более актуальна. Следовательно, привлеченное финансирование более охотно направляется на технологические обновления, имеющие значительный потенциал сокращения выбросов, что приводит к существенному предельному эффекту. И наоборот, в энергоэффективных экономиках ограниченные возможности дальнейшего сокращения выбросов в сочетании с высокими затратами на него делают макроэкономическое влияние зеленых облигаций менее заметным. Полученный результат, рассматриваемый в совокупности с вышеупомянутым анализом неоднородности на основе уровней дохода (табл. 4), доказывает, что эффект политики зеленых облигаций в значительной степени зависит от экономических характеристик страны, ее реализующей.

Тест плацебо

Чтобы убедиться, что результаты тестирования не были обусловлены ненаблюдаемыми случайными факторами, в рамках данного исследования был проведен плацебо-тест. Он заключался в случайном переносе даты введения политики зеленых облигаций и создании фиктивной переменной политики для регрессионного анализа. Результаты показали, что оценки эффекта фиктивной переменной политики были незначимыми (коэффициент = 0,0034, p -значение > 0,1). Таким образом, ранее наблюдаемые незначительные эффекты не были случайными, а тестовая модель обладает надежными возможностями идентификации причинно-следственных связей.

Проверка устойчивости результатов

В работе исключаются конкурирующие объяснения путем исключения определенных выборок и контроля за основными современными политическими мерами (табл. 5). Можно видеть, что во-первых, после исключения из выборки Китая – крупнейшего эмитента зеленых облигаций, коэффициент основной политической переменной Did (0,0060) остается незначимым, что исключает возможность того, что результаты исследования обусловлены влиянием одной доминирующей страны.

Во-вторых, после добавления фиктивных переменных для вступления в силу Парижского соглашения, пакета политических мер Китая 2016 года и других важных климатических политик величина и значимость коэффициента Did -регрессии остались неизменными. Это указывает на то, что незначительный эффект политики в области зеленых облигаций не зависит от этого крупного одновременного глобального шока в области климатического управления.

Наконец, результаты остались устойчивыми после дополнительного контроля за фиктивной переменной, представляющей комплексную политику реформирования зеленого финансирования, проводимую Китаем с 2016 года

(коэффициент Did -регрессии = 0,0058, незначительный), что подтверждает, что результаты не являются следствием смещения с конкретными китайскими политическими мерами.

Таблица 5

Результаты проверки устойчивости

Table 5

Stability test results

Тип проверки	Описание спецификации модели	Did	Стандартная ошибка	N	Скорректированный R ²
(1) Исключение Китая	Исключение Китая из полной выборки	0,0060	(0,0061)	1,890	0,9982
(2) Контроль Парижского соглашения	Добавление фиктивной переменной для периода после вступления соглашения в силу	0,0058	(0,0061)	1,908	0,9983
(3) Контроль пакета политик Китая	Добавление фиктивной переменной для политик Китая после 2016 года	0,0058	(0,0061)	1,908	0,9983

Все модели контролируют фиксированные эффекты стран и годов, линейные страновые тренды и полный набор контрольных переменных.

В скобках указаны робастные стандартные ошибки.

*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,10$.

Источник: составлено автором

Source: compiled by the author

В совокупности тест с плацебо и серия объяснительных исключаяющих тестов образуют строгую цепочку доказательств. Они демонстрируют, что сделанный ранее основной вывод – политика зеленых облигаций не оказывает значительного независимого эффекта на сокращение выбросов после учета национальных тенденций – обладает высокой статистической надежностью и причинно-следственной достоверностью. Данный вывод не может быть объяснен потенциальными факторами, вводящими в заблуждение, такими как случайность, специфические выборки или одновременные крупные политические вмешательства.

В рамках данного эмпирического исследования были проверены две исходные гипотезы. Результаты показывают, что гипотеза 1 о том, что политика в области зеленых облигаций значительно сокращает национальные выбросы углекислого газа от ископаемого топлива и промышленных процессов, не подтверждается: после учета долгосрочных траекторий развития стран, присущих каждой из них, эта политика не привела к статистически значимому независимому сокращению выбросов на глобальном уровне. Полученный вывод был подтвержден серией тестов на устойчивость.



Однако гипотеза 2 о том, что эффекты политики демонстрируют систематические межстрановые различия, в частности, под влиянием уровня развития и энергетической структуры экономики, получила сильную эмпирическую поддержку. Анализ гетерогенности дополнительно выявил четкие граничные условия для эффекта политики, продемонстрировав положительное влияние в странах с высоким уровнем дохода и более низкой энергоемкостью. Вывод о наличии локальных положительных эффектов подчеркивает сложность и условность зеленых облигаций как инструмента политики: их эффект глубоко укоренился в конкретных институциональных основах и экономической структуре страны и зависит от них.

Полученные в исследовании выводы предоставляют важную перспективу для понимания макроэкономической роли зеленых облигаций. Данное исследование не вступает в противоречие с работой К. Чжана [8], Я. Лю [4] и др., в которой выявлены положительные эффекты на микро- или региональном уровне. Скорее, оно представляет собой важное дополнение и уточнение на макроуровне, демонстрируя, что чистые эффекты ослабления финансовых ограничений и зеленых инноваций, наблюдаемые на микроуровне, могут быть замаскированы устойчивыми тенденциями национального развития при агрегировании на макроуровне. Это также перекликается с акцентом С. Бутуриа [12] на стабильности зеленых облигаций в периоды стресса, что еще больше указывает на то, что эта характеристика может быть обусловлена синергией с устойчивыми национальными долгосрочными политическими рамками, а не независимыми факторами воздействия. Таким образом, настоящее исследование направлено на получение эмпирических данных, имеющих непосредственное практическое значение для разработки политики декарбонизации, и тем самым вносит вклад в глобальное управление климатом и развитие зеленых финансов, опираясь на практический опыт одной из ключевых экономик.

Заключение

В данном исследовании, которое основное внимание уделяет эффектам политики в области зеленых облигаций на сокращение выбросов и ее операционным ограничениям, проводится анализ причинно-следственных связей между данной политикой и выбросами углерода на национальном уровне. На основе панельного набора данных, охватывающего 106 стран за период 2006–2023 годов, и с использованием многопериодного подхода разности разностей, позволяющего учесть постепенное внедрение политики, были сделаны следующие основные выводы: Во-первых, после учета долгосрочных тенденций на национальном уровне средний глобальный эффект этой политики в плане сокращения выбросов оказывается незначительным, что подчеркивает доминирующую роль внутренних путей перехода стран к низкоуглеродной экономике. Во-вторых, эффект политики демонстрирует значительную неоднородность, поскольку более высокое



положительное влияние данная политика демонстрировала в странах с высоким уровнем дохода и низкой энергоемкостью, что указывает на то, что её эффект в значительной степени зависит от институциональных и структурных условий.

Полученные выводы проясняют значение зеленых облигаций в переходе к низкоуглеродной экономике: они не являются независимыми факторами сокращения выбросов, а скорее финансовыми инструментами, глубоко встроенными в национальные долгосрочные стратегии декарбонизации. Соответственно, реализация политики должна быть дифференцированной: зрелые рынки должны сосредоточиться на повышении качества и мониторинге влияния зеленых облигаций на выполнение национальных обязательств по сокращению выбросов, тогда как развивающиеся рынки должны уделять приоритетное внимание формированию базовых институтов зеленых финансов, направленному на интеграцию зеленых облигаций в общую стратегию перехода посредством локализованных стандартов, экологического контроля и реформы ценообразования в энергетике.

Результаты и выводы исследования позволяют сформулировать рекомендации. Для стран с высоким уровнем дохода и зрелой институциональной структурой акцент должен быть перенесен с расширения масштабов на качественное углубление. Путем ужесточения требований к раскрытию информации, экологической сертификации и отслеживанию воздействия финансовые ресурсы должны направляться в секторы, приносящие дополнительные экологические выгоды, что позволит предотвратить изолированную циркуляцию финансовых ресурсов. Для развивающихся рынков, развивающихся экономик и энергоемких стран акцент должен быть сделан на укреплении инфраструктуры зеленого финансирования. Это предполагает установление четких локализованных экологических стандартов, укрепление потенциала в области обеспечения соблюдения экологического законодательства и проведение фундаментальных реформ в области ценообразования на энергоносители.

Такие меры позволяют позиционировать зеленые облигации как дополнительные каналы финансирования в рамках более широких национальных стратегий перехода к низкоуглеродной экономике, а не как изолированные самостоятельные решения. На международном уровне это означает, что продвижение зеленого финансирования должно перейти от простого переноса инструментов к приоритизации наращивания потенциала и согласования стандартов, тем самым поддерживая более результативное глобальное управление климатом.

Литература

1. United Nations Environment Programme. Emissions Gap Report 2024: No More Hot Air ... Please! [Электронный ресурс]. URL:



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

<https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/46404> (дата обращения: 18.12.2025).

2. Кудрявцева О.В., Качалов Р.М., Чернявский С.В., Макеева Н.Н. Эколого-экономические эффекты зеленого финансирования // Экономика и математические методы. 2024. Т. 60. № 4. С. 77–86.

3. Liu X., Javier C. et al. Can green finance policy reduce corporate carbon emissions? Evidence from a quasi-natural experiment in China // Journal of Finance and Economics. 2025. Vol. 57. Iss. 5. <https://doi.org/10.1007/s10644-024-09850-3>.

4. Lyu Y., Xiao X., Zhang J. Green finance policy and corporate carbon emissions: advancing corporate sustainability // Humanities and Social Sciences Communications. 2025. Vol. 12. P. 1–15.

5. Ahmad F., Boumaiza A., Sanfilippo A., Al-Fagih L. A comprehensive review on green finance and its impact on net zero energy transition: From the perspective of renewable energy development // Energy Strategy Reviews. 2025. Vol. 62. 101948.

6. Vo D.H., Ho C.M., Lang N.D. Greener for greater security? The role of green finance in energy security amid rising geopolitical risks // Energy Economics. 2025. Vol. 151. 108902.

7. Javier J.A.B., Muldoon C. Sustainable Debt Global State of the Market Q3 2025. Climate Bonds Initiative [Электронный ресурс]. URL: https://www.climatebonds.net/files/documents/publications/Sustainable_Debt_Q3_2025_01C.pdf (дата обращения: 21.12.2025).

8. Zhang K., Xiong Z., Huang X. Green bonds, carbon emission reduction effect and high-quality economic development // Journal of Finance and Economics. 2023. Vol. 49. No. 6. P. 64–78.

9. Dong K., Liu Y., Dong X. Impact of Green Bonds on Regional Carbon Emission Reduction // Journal of Beijing Institute of Technology (Social Sciences Edition). 2025. Vol. 27. No. 4. P. 42–53.

10. Yan L., Han W. The complexity of connection between green bonds and carbon markets: New evidence from China // Finance Research Letters. 2025. Vol. 84. 107790.

11. Lassoued N., Khanchel I. Do green bonds alleviate environmental risk? // In: Apergis N. (Ed.) Encyclopedia of Monetary Policy, Financial Markets and Banking. First Edition. Academic Press, 2025. P. 307–316.

12. Boutouria S. Time-varying co-movements between green bonds, CO₂ emissions, the investor sentiment, and financial stress // Review of Business and Economics Studies. 2025. Vol. 13. No. 2. P. 98–113.

13. Gao A., Caroline H. et al. China Sustainable Debt Market Report 2024. Climate Bonds Initiative [Электронный ресурс]. URL: https://www.climatebonds.net/files/documents/publications/Climate-Bonds_China-State-of-the-market-briefing-2024_EN_July-2025.pdf (дата обращения: 23.12.2025).



14. Lvova N., Ivanov V., Tang Y., Wu K., Kazansky A. China's regional green bond markets: experience for sustainable development of the Russian Federation's territories // AIP Conference Proceedings. 2025. Vol. 3276. P. 020018.
15. Pierre F., Michael O. et al. Global Carbon Budget 2024 // Earth System Science Data [Электронный ресурс]. 2025. Vol. 17. P. 965–103. URL: <https://essd.copernicus.org/articles/17/965/2025/> (дата обращения: 25.12.2025).
16. Бу Ю., Чжун М. Влияние политики зеленых финансов на затраты зеленых предприятий на долговое финансирование: эмпирические данные на основе многопериодного DID // Heilongjiang Finance. 2025. № 08. С. 31–37.
17. Fan S., Zhang J. Whether the dual pilot policy of low-carbon city and innovative city can improve carbon emission efficiency – an empirical analysis based on staggered DID mode // Journal of Dalian University of Technology (Social Sciences). 2025. Vol. 46. No. 6. P. 32–42.
18. Hu J., Ji A. Research on the Influence of Target Orientation of R&D Intensity on Green Development: Empirical Research Based on Synthetic Control Method // Journal of Hunan University of Science and Technology (Social Science Edition). 2024. Vol. 27, No. 1. P. 149–158.
19. Ren Y., Yu J., Zhang G. A Study on the Carbon Emission Reduction Effect of Green Finance from a Policy Convergence Perspective: Evidence from an Improved Synthetic Control Method // Journal of Yantai University (Philosophy and Social Science Edition). 2023. Vol. 36, No. 6. P. 60–77.
20. Wang F. Research on the Relationship between Green Finance and Energy Mix Optimization – A Case Study of the Green Finance Reform and Innovation Pilot Zone // China-Arab States Science and Technology Forum. 2025. No. 11. P. 26–30.
21. Bai R. Influence of Green Finance Policy on Transformation of Low-Carbon Economy // Financial Development Review. 2023. No. 10. P. 1–14.
22. Our World in Data. CO₂ emissions dataset: our sources and methods. [Электронный ресурс]. URL: <https://ourworldindata.org/co2-dataset-sources#territorial-annual-co2-emissions> (дата обращения: 28.12.2025).
23. Kant A. Practical Vitality of Green Bonds and Economic Benefits // Review of Business and Economics Studies. 2021. Vol. 9. № 1. P. 62–83.
24. Емец М.И. Вклад зеленых облигаций в декарбонизацию экономики // Экономическая безопасность. 2022. Т. 5. № 1. С. 143–154. <https://doi.org/10.18334/ecsec.5.1.114071>. EDN VNFGIG.
25. Коваленко Ю.Н., Коваленко С.Н. Основные направления в развитии рынка «зеленых» облигаций // Экономика и управление: проблемы, решения. 2023. Т. 4, № 12(141). С. 159–165.

References

1. United Nations Environment Programme. Emissions Gap Report 2024: No More Hot Air ... Please! [Internet]. Nairobi: UNEP; 2024. Available from:



<https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/46404> (accessed 18.12.2025). (In Eng.)

2. Kudryavtseva O.V., Kachalov R.M., Chernyavskii S.V., Makeeva N.N. Ekologo-ekonomicheskie efekty zelenogo finansirovaniya [Environmental and economic effects of green finance]. *Ekonomika i matematicheskie metody* [Economics and Mathematical Methods]. 2024;60(4):77–86. (In Russ., abstract in Eng.)

3. Liu X., Javier C., et al. Can green finance policy reduce corporate carbon emissions? Evidence from a quasi-natural experiment in China. *Journal of Finance and Economics*. 2025;57(5). <https://doi.org/10.1007/s10644-024-09850-3> (In Eng.)

4. Lyu Y., Xiao X., Zhang J. Green finance policy and corporate carbon emissions: advancing corporate sustainability. *Humanities and Social Sciences Communications*. 2025;12:1–15. (In Eng.)

5. Ahmad F., Boumaiza A., Sanfilippo A., Al-Fagih L. A comprehensive review on green finance and its impact on net zero energy transition: From the perspective of renewable energy development. *Energy Strategy Reviews*. 2025;62:101948. (In Eng.)

6. Vo D.H., Ho C.M., Lang N.D. Greener for greater security? The role of green finance in energy security amid rising geopolitical risks. *Energy Economics*. 2025;151:108902. (In Eng.)

7. Javier J.A.B., Muldoon C. Sustainable Debt: Global State of the Market. Q3 2025. Climate Bonds Initiative [Internet]. 2025. Available from: https://www.climatebonds.net/files/documents/publications/Sustainable_Debt_Q3_2025_01C.pdf (accessed 21.12.2025). (In Eng.)

8. Zhang K., Xiong Z., Huang X. Green bonds, carbon emission reduction effect and high-quality economic development. *Journal of Finance and Economics*. 2023;49(6):64–78. (In Eng.)

9. Dong K., Liu Y., Dong X. Impact of green bonds on regional carbon emission reduction. *Journal of Beijing Institute of Technology (Social Sciences Edition)*. 2025;27(4):42–53. (In Eng.)

10. Yan L., Han W. The complexity of connection between green bonds and carbon markets: New evidence from China. *Finance Research Letters*. 2025;84:107790. (In Eng.)

11. Lassoued N., Khanchel I. Do green bonds alleviate environmental risk? In: Apergis N, editor. *Encyclopedia of Monetary Policy, Financial Markets and Banking*. 1st ed. London: Academic Press; 2025. p. 307–316. (In Eng.)

12. Boutouria S. Time-varying co-movements between green bonds, CO₂ emissions, investor sentiment, and financial stress. *Review of Business and Economics Studies*. 2025;13(2):98–113. (In Eng.)

13. Gao A., Caroline H., et al. China Sustainable Debt Market Report 2024. Climate Bonds Initiative [Internet]. 2025. Available from:



https://www.climatebonds.net/files/documents/publications/Climate-Bonds_China-State-of-the-market-briefing-2024_EN_July-2025.pdf (accessed 23.12.2025). (In Eng.)

14. Lvova N., Ivanov V., Tang Y., Wu K., Kazansky A. China's regional green bond markets: experience for sustainable development of the Russian Federation's territories. AIP Conference Proceedings. 2025;3276:020018. (In Eng.)

15. Pierre F., Michael O., et al. Global Carbon Budget 2024. Earth System Science Data [Internet]. 2025;17:965–1003. Available from: <https://essd.copernicus.org/articles/17/965/2025/> (accessed 25.12.2025). (In Eng.)

16. Wu Yu, Zhong M. Vliyanie politiki zelenykh finansov na zhatry zelenykh predpriyatiy na dolgovoe finansirovanie: empiricheskie dannye na osnove mnogoperiodnogo DID [Impact of green finance policy on debt financing costs of green enterprises]. Heilongjiang Finance. 2025;(8):31–37. (In Russ.)

17. Fan S., Zhang J. Whether the dual pilot policy of low-carbon city and innovative city can improve carbon emission efficiency: an empirical analysis based on staggered DID model. Journal of Dalian University of Technology (Social Sciences). 2025;46(6):32–42. (In Eng.)

18. Hu J., Ji A. Research on the influence of target orientation of R&D intensity on green development: empirical research based on synthetic control method. Journal of Hunan University of Science and Technology (Social Science Edition). 2024;27(1):149–158. (In Eng.)

19. Ren Y., Yu J., Zhang G. A study on the carbon emission reduction effect of green finance from a policy convergence perspective. Journal of Yantai University (Philosophy and Social Science Edition). 2023;36(6):60–77. (In Eng.)

20. Wang F. Research on the relationship between green finance and energy mix optimization: a case study of the green finance reform and innovation pilot zone. China-Arab States Science and Technology Forum. 2025;(11):26–30. (In Eng.)

21. Bai R. Influence of green finance policy on transformation of low-carbon economy. Financial Development Review. 2023;(10):1–14. (In Eng.)

22. Our World in Data. CO₂ emissions dataset: sources and methods [Internet]. Available from: <https://ourworldindata.org/co2-dataset-sources#territorial-annual-co2-emissions> (accessed 28.12.2025). (In Eng.)

23. Kant A. Practical vitality of green bonds and economic benefits. Review of Business and Economics Studies. 2021;9(1):62–83. (In Eng.)

24. Emets M.I. Vklad zelenykh obligatsii v dekarbonizatsiyu ekonomiki [Contribution of green bonds to economic decarbonization]. Ekonomicheskaya bezopasnost' [Economic Security]. 2022;5(1):143–154. <https://doi.org/10.18334/ecsec.5.1.114071> (In Russ., abstract in Eng.)

25. Kovalenko Yu.N., Kovalenko S.N. Osnovnye napravleniya v razvitiy rynka «zelenykh» obligatsii [Key directions in the development of the green bond market]. Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya [Economics and

Management: Problems, Solutions]. 2023;4(12/141):159–165. (In Russ., abstract in Eng.)

© Тан Инин, 2026 г.

