
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

SOCIO-ECONOMIC FORECASTING AND MODELLING

Оригинальная статья / Original article

УДК 332; 330.4

<https://doi.org/10.21869/2223-1552-2025-15-1-154-166>



Макрорегиональный динамический анализ экономического роста и углеродных выбросов с применением сплайн-моделирования (на примере России и США)

Ю. В. Вертакова¹, Р. Х. Ильясов², В. А. Плотников³✉

¹ Российский государственный гуманитарный университет
Миусская пл., д. 6, г. Москва 125047, Российская Федерация

² Чеченский государственный университет имени А. А. Кадырова
ул. Шерипова, д. 32, г. Грозный 364907, Российская Федерация

³ Санкт-Петербургский государственный экономический университет
наб. кан. Грибоедова, д. 30-32, г. Санкт-Петербург 191023, Российская Федерация

✉ e-mail: plotnikov_2000@mail.ru

Резюме

Актуальность. Во многих макрорегионах мира в последние годы наблюдается снижение углеродоёмкости производства, но в абсолютном выражении глобальные углеродные выбросы не уменьшаются. Это требует проведения углубленного научного анализа.

Цель – разработка методического подхода для проведения макрорегионального динамического анализа взаимосвязи экономического роста и углеродных выбросов на основе инструментария сплайн-моделирования и его апробация на материалах России и США.

Задачи: проанализировать зависимость между экономическим развитием и углеродными выбросами; разработать экономико-математический подход для макрорегионального динамического анализа взаимосвязи экономического роста и углеродных выбросов; апробировать указанный подход на материалах России и США; выявить макрорегиональные особенности взаимосвязи экономического роста и углеродных выбросов и дать им объяснение.

Методология. Используются методы монографического и ретроспективного анализа, методы сравнения экономических и экологических явлений и процессов, методы количественного экономико-математического анализа и сплайн-моделирования.

Результаты. В статье апробирован новый для экономической науки метод интерполирования данных кубическими сплайнами. Точность построенной модели позволяет обратиться к динамическому анализу тенденций – колебаний скорости роста в условиях кризисов. Метод опирается на известный в классической математике метод аналитического описания скорости – дифференцирование построенной сплайн-интерполированием модели. В статье по кривым скорости исследуется трансформация связи между скоростью роста ВВП и выбросов углерода на примере России и США.

Выводы. Установлено, что тенденции выбросов углерода могут заметно различаться для разных макрорегионов. Динамический анализ, проведенный в статье, выявил различия в колебаниях выбросов углерода, происходящих на фоне ускорения или замедления роста ВВП в странах с разным уровнем развития. Тенденция роста ВВП в России и США замедлялась или демонстрировала падение в периоды кризисов. Именно под воздействием кризисов корреляция тенденций производства ВВП и выбросов углерода могла изменяться.

© Вертакова Ю. В., Ильясов Р. Х., Плотников В. А., 2025

Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент /
Proceedings of the Southwest State University. Series: Economics, Sociology and Management. 2025;15(1):154–166

Ключевые слова: макрорегион; углеродные выбросы; экономический рост; энергоэффективность экономики; углеродоёмкость экономического роста; экономико-математическое моделирование; сплайн; корреляция.

Конфликт интересов: В представленной публикации отсутствует заимствованный материал без ссылок на автора и (или) источник заимствования, нет результатов научных работ, выполненных авторами публикации лично и (или) в соавторстве, без соответствующих ссылок. Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов, связанных с публикацией данной статьи.

Для цитирования: Вертакова Ю. В., Ильясов Р. Х., Плотников В. А. Макрорегиональный динамический анализ экономического роста и углеродных выбросов с применением сплайн-моделирования (на примере России и США) // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. 2025. Т. 15, № 1. С. 154–166. <https://doi.org/10.21869/2223-1552-2025-15-1-154-166>

Поступила в редакцию 16.12.2024

Принята к публикации 14.01.2025

Опубликована 28.02.2025

Macroregional dynamic analysis of economic growth and carbon emissions using spline modeling (case study of Russia and the USA)

Yulia V. Vertakova¹, Ruslan Kh. Ilyasov², Vladimir A. Plotnikov³ ✉

¹ Russian State University for the Humanities
6 Miusskaya sq., Moscow 125047, Russian Federation

² Kadyrov Chechen State University
32 Sheripova Str., Grozny 364907, Russian Federation

³ Saint Petersburg State University of Economics
30-32 Griboedov canal Emb., St. Petersburg 191023, Russian Federation

✉ e-mail: Plotnikov_2000@mail.ru

Abstract

Relevance. In many macro-regions of the world, a decrease in the carbon intensity of production has been observed in recent years, but in absolute terms, global carbon emissions have not decreased. This requires an in-depth scientific analysis.

The purpose is developing a methodological approach for conducting a macro-regional dynamic analysis of the relationship between economic growth and carbon emissions based on spline modeling tools and testing it on materials from Russia and the USA.

Objectives: Analyze the general relationship between economic development and carbon emissions; develop an economic and mathematical approach for macro-regional dynamic analysis of the relationship between economic growth and carbon emissions; test this approach on materials from Russia and the USA; identify macro-regional features of the relationship between economic growth and carbon emissions and explain them.

Methodology. The methods of monographic and retrospective analysis, methods of comparing economic and environmental phenomena and processes, methods of quantitative economic and mathematical analysis and spline modeling were used.

Results. The article tests a new method for economic science of interpolating data using cubic splines. The accuracy of the constructed model allows us to turn to the dynamic analysis of trends - fluctuations in the growth rate in times of crisis. The method is based on the method of analytical description of speed, well-known in classical mathematics - differentiation of the model constructed by spline interpolation. In the article, the transformation of the relationship between the rate of GDP growth and carbon emissions is studied using the example of Russia and the USA using speed curves.

Conclusions. It has been established that carbon emission trends may differ significantly across different macro-regions. The dynamic analysis conducted in the article revealed differences in carbon emission fluctuations occurring against the backdrop of accelerating or decelerating GDP growth in countries with different levels of development. The GDP growth trend in Russia and the United States slowed down or showed a decline during crises. It was under the influence of crises that the correlation between GDP production trends and carbon emissions could change.

Keywords: macroregion; carbon emissions; economic growth; energy efficiency of the economy; carbon intensity of economic growth; economic and mathematical modeling; spline; correlation.

Conflict of interest: *In the presented publication there is no borrowed material without references to the author and (or) source of borrowing, there are no results of scientific works performed by the authors of the publication, personally and (or) in co-authorship, without relevant links. The authors declares no conflict of interest related to the publication of this article.*

For citation: Vertakova Yu.V., Ilyasov R.Kh., Plotnikov V.A. Macroregional dynamic analysis of economic growth and carbon emissions using spline modeling (case study of Russia and the USA). *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika. Sotsiologiya. Menedzhment* = *Proceedings of the Southwest State University. Series: Economics, Sociology and Management*. 2025;15(1):154–166. (In Russ.) <https://doi.org/10.21869/2223-1552-2025-15-1-154-166>

Received 16.12.2024

Accepted 14.01.2025

Published 28.02.2025

Введение

Экономическое развитие в индустриальную эпоху, а также в условиях нового индустриального общества (по Дж. К. Гэлбрейту [1]) обеспечивалось ростом потребления ископаемого топлива – основного источника выбросов парниковых газов. В последние годы, по мере наметившегося перехода к новому индустриальному обществу второго поколения (по С. Д. Бодрунову [2]), взаимосвязь между экономическим ростом и выбросами парниковых газов стала меняться.

Это изменение состоит в том, что, с одной стороны, происходит снижение энергоемкости – уменьшение количества необходимой энергии для производства единицы мирового ВВП, что особо отчетливо стало проявляться после мирового кризиса 1970-х гг., сопровождавшегося девальвацией доллара / ростом цен на нефть, а с другой – происходит увеличение доли «чистой энергии» в ее производстве и потреблении, что приводит к растущему расхождению между динамикой ВВП (ВРП) и выбросами CO₂ в экономике многих стран мира (см.: <https://www.iea.org/commentaries/the-relationship-between-growth-in-gdp-and-co2-has-loosened-it-needs-to-be-cut-completely>).

Сравнением абсолютных показателей исследуемых процессов не выявляется трансформация взаимосвязи, которая происходит с течением времени. Сравнивая динамику объемов производства ВВП и выбросов CO₂ в некоторых странах, можно прийти к ложным выводам об исчезновении взаимосвязи между этими

процессами. Актуальным в этой связи является исследование зависимости между тенденциями, например, того, как ускорение или замедление роста ВВП и влияет на скорость роста выбросов углекислого газа.

Как показывают проведенные исследования, страны с развитой экономикой более активно увеличивают в структуре потребления долю экологически чистой энергии. Развивающиеся страны, напротив, ориентированы на решение проблем экономического роста потреблением ископаемого топлива, т. к. выгоды от введения новых технологий для них менее значимы [3]. Для достижения устойчивого снижения выбросов углекислого газа необходимо, чтобы тенденция углеродной эмиссии компенсировала устойчивый рост производства ВВП.

Однако, в условиях перманентных кризисов, наблюдаемых в последние десятилетия, формирующих турбулентность экономического развития [4; 5], когда происходит замедление роста или даже снижение объемов производства ВВП, все страны, включая развитые, могут поменять приоритеты между возобновлением экономического роста и стремлением к углеродной нейтральности. Оценить устойчивость начавшегося расхождения между ростом ВВП и выбросами CO₂ возможно исследованием поведения процессов в нестабильных условиях, например, сравнением их тенденций в периоды развития кризисов.

Поведение процессов в условиях кризисов выявляет «тонкие» или «ла-

тентные» реакции углеродной эмиссии на колебания скорости роста ВВП. Под «тонкостью» реакций следует понимать корреляцию тенденций – колебаний скорости роста. Важное и необходимое требование, обеспечивающее изучение «тонких» реакций, – сохранение точности эмпирических данных при моделировании динамики. Для выявления общих закономерностей и возможных различий в статье будет выполнен динамический анализ корреляции между тенденциями роста ВВП и выбросами углекислого газа в странах с разными уровнями экономического развития – США и России. В дальнейшем использование полученных результатов возможно при осуществлении экономической политики [6; 7].

Материалы и методы

Эмпирической базой исследования послужили данные МВФ о динамике производства ВВП в различных странах мира (см.: <https://www.imf.org/external/datamapper/PPPGDP@WEO/WEOWORLD/CHN/USA/RUS>) и Института энергетики о динамике углеродных выбросов (см.: <https://www.energyinst.org/statistical-review>).

Заметим, что производство ВВП в России и США с 2000 по 2023 гг. заметно увеличилось, однако, в периоды развития кризисов происходили замедления или снижения объёмов ВВП. Изменения в динамике выбросов углерода в двух странах происходили в небольшом диапазоне, что затрудняет оценивать взаимное воздействие двух процессов. Если в США на фоне роста ВВП происходило некоторое снижение выбросов, то в России абсолютные величины выбросов углерода не снижаются. Изменения в корреляции, происходящие с течением времени, в т. ч. и на фоне кризисов, логичнее оценивать не сравнением эмпирических данных, а сравнением замедлений и ускорений роста [8; 9].

С начала 2000-х гг. мировая экономика оказывалась под воздействием нескольких кризисов, на фоне которых происходили заметные изменения в тенденциях производства ВВП, как следствие, и в колебаниях скорости роста выбросов углерода. Наиболее заметным в исследуемом интервале времени на экономику оказалось воздействие мирового экономического кризиса в 2008 г., а в 2014 г. экономика России оказалась под давлением валютно-финансового кризиса. Распространение пандемии COVID-19 в начале 2020 г. также вызвало колебания в динамике производства ВВП и выбросов углерода [10; 11].

Важным моментом в методологии нашего исследования является то, что изучение событий в экономической динамике ограничено концептуальными предпосылками методов классической эконометрики, например, сглаживанием данных. Реальные данные, характеризующие заметные изменения в экономической динамике, наступившие в условиях развития кризисов, заменяются в моделях некоторыми усреднёнными значениями, что нивелирует степень взаимного воздействия процессов.

Авторы [12], исследуя реакции экономической динамики, указывают, что должна быть устойчивость полученных выводов к поступлению новых данных. Это достигается сглаживанием эмпирических данных и выявлением усреднённых реакций процесса на изменения конъюнктуры, что не позволяет выявлять характерные для нестабильных условий локальные изменения в параметрах связи [13]. Наш подход альтернативен – мы предлагаем выполнить динамический анализ корреляции в колебаниях скорости роста. Это должно, по нашей гипотезе, обнаружить последовательные изменения в зависимости выбросов углерода от ускорения или замедления производства ВВП, происходившие в том числе и под воздействием кризисов.

В статье предлагается апробировать новый для экономических исследований инструмент – метод динамического анализа корреляций между экономическими тенденциями. Для аналитического описания реальных тенденций производства ВВП и выбросов углерода в России и США выбран альтернативный сглаживанию метод – интерполирование эмпирической динамики кубическими сплайнами (кусочно-непрерывными функциями). Далее, дифференцированием построенных сплайн-моделей можно получить модели скорости роста [14].

Моделирование исследуемой динамики сплайнами позволяет получить решение сразу двух важных в исследовании задач. Во-первых, построенные модели описывают процессы без искажения эмпирических данных и легко преобразуются в модели скорости роста дифференцированием [15]. Изменения в динамике роста ВВП и выбросов углерода, проис-

ходившие под воздействием кризисов, количественно и графически определяются по кривым скорости. Второе ограничение, препятствующее анализу динамических изменений связи, в виде малого количества данных снимается возможностью интерполирования данных по кривым сплайн-моделей.

Результаты и их обсуждение

На рисунке 1 представлены кривые, полученные интерполированием кубическим сплайном динамики производства ВВП и выбросов углерода в России с 2000 по 2023 гг. На фоне доминирующей тенденции роста наблюдаются и непродолжительные периоды, когда происходили спады объёмов производства ВВП в России. Падение производства происходило в периоды кризисов в 2008 и 2014 гг., а также во время распространения пандемии COVID-19 в 2020 г.



Рис. 1. Динамика производства ВВП и углеродной эмиссии в России

предлагающий изучать колебания мгновенной скорости роста (первой производной) по непрерывным кривым сплайн-моделей [16]. Непрерывность моделей снимает как ограничение метода к длине временных рядов интерполированием дополнительных точек, так и обеспечивает переход к непрерывным моделям скорости роста дифференцируемостью [17; 18].

Дифференцированием преобразуем аналитические модели динамики производства ВВП и выбросов углерода в мо-

дели скорости роста. Дифференцируемость сплайн-моделей позволяет оценивать степень и продолжительность воздействия кризисов на тенденции процессов количественно и графически – непосредственно по поведению производной.

Дифференцирование является строгой математической операцией, которая не ухудшает и не улучшает эмпирическую динамику, а лишь преобразует её аналитическую модель в модель скорости роста (тенденции):

$$D1_SPL3_GDP_RF = \begin{cases} 122,258 - 19,255 \cdot (t - 1,000)^2, & t < 2, \\ 180,023 - 38,510 \cdot t + 68,314 \cdot (t - 2,000)^2, & t < 3, \\ -161,546 + 98,118 \cdot t - 40,280 \cdot (t - 3,000)^2, & t < 4, \\ 120,417 + 17,557 \cdot t - 12,882 \cdot (t - 4,000)^2, & t < 5, \\ 236,354 - 8,207 \cdot t + 51,578 \cdot (t - 5,000)^2, & t < 6, \\ -331,006 + 94,950 \cdot t - 47,781 \cdot (t - 6,000)^2, & t < 7, \\ \dots & \dots \\ -22200,962 + 1066,409 \cdot t - 841,053 \cdot (t - 21,000)^2, & t < 22, \\ 13964,302 - 615,696 \cdot t + 454,245 \cdot (t - 22,000)^2, & t < 23, \\ -6476,719 + 292,794 \cdot t - 146,397 \cdot (t - 23,000)^2, & t < 24, \end{cases} \quad (2)$$

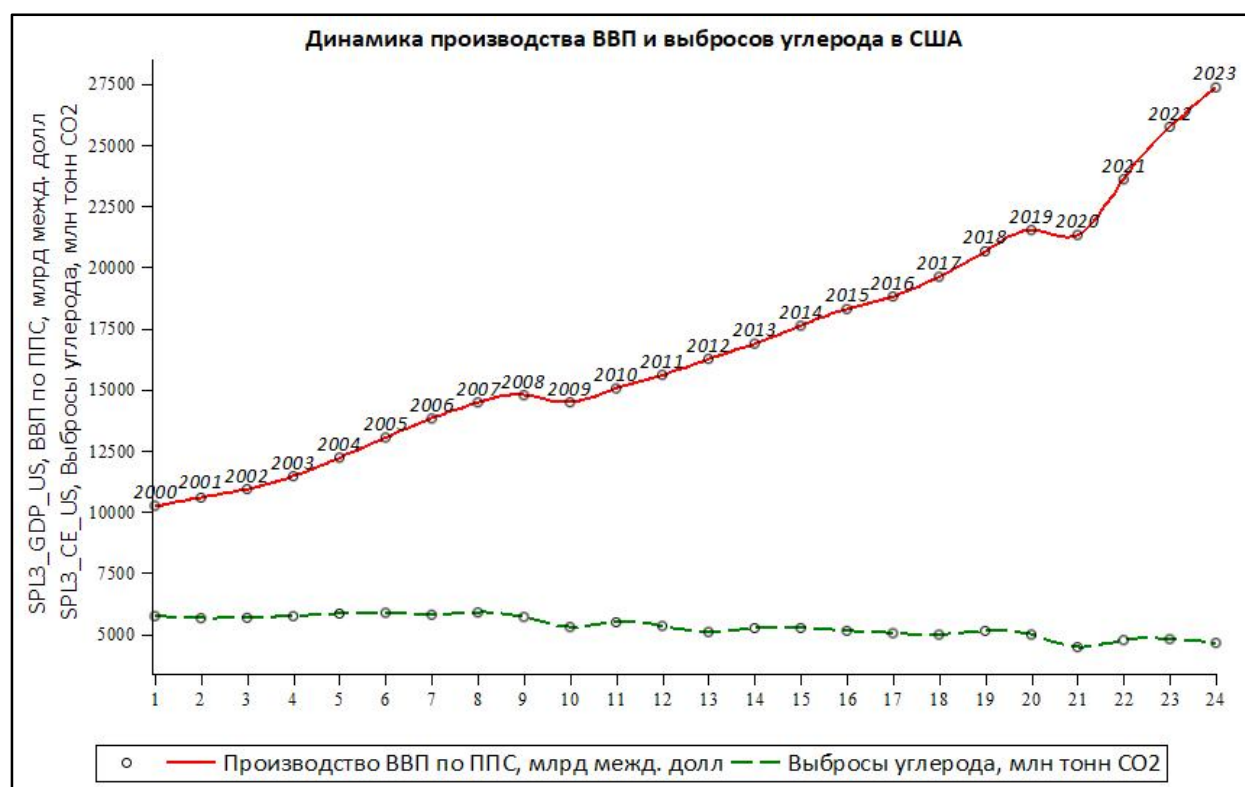


Рис. 2. Динамика производства ВВП и углеродной эмиссии в США

Тенденция, ускорения и замедления роста определяется по кривой (2), т. е. абсолютными значениями и знаком производной (рис. 3). Расчёт коэффициента корреляции между тенденциями за весь исследуемый период показывает сохра-

нение умеренной прямой связи между ростом ВВП и выбросами углерода ($r = 0,56$). Анализ кривых мгновенной скорости выявляет несколько периодов, внутри которых происходят заметные изменения в скорости роста ВВП России.

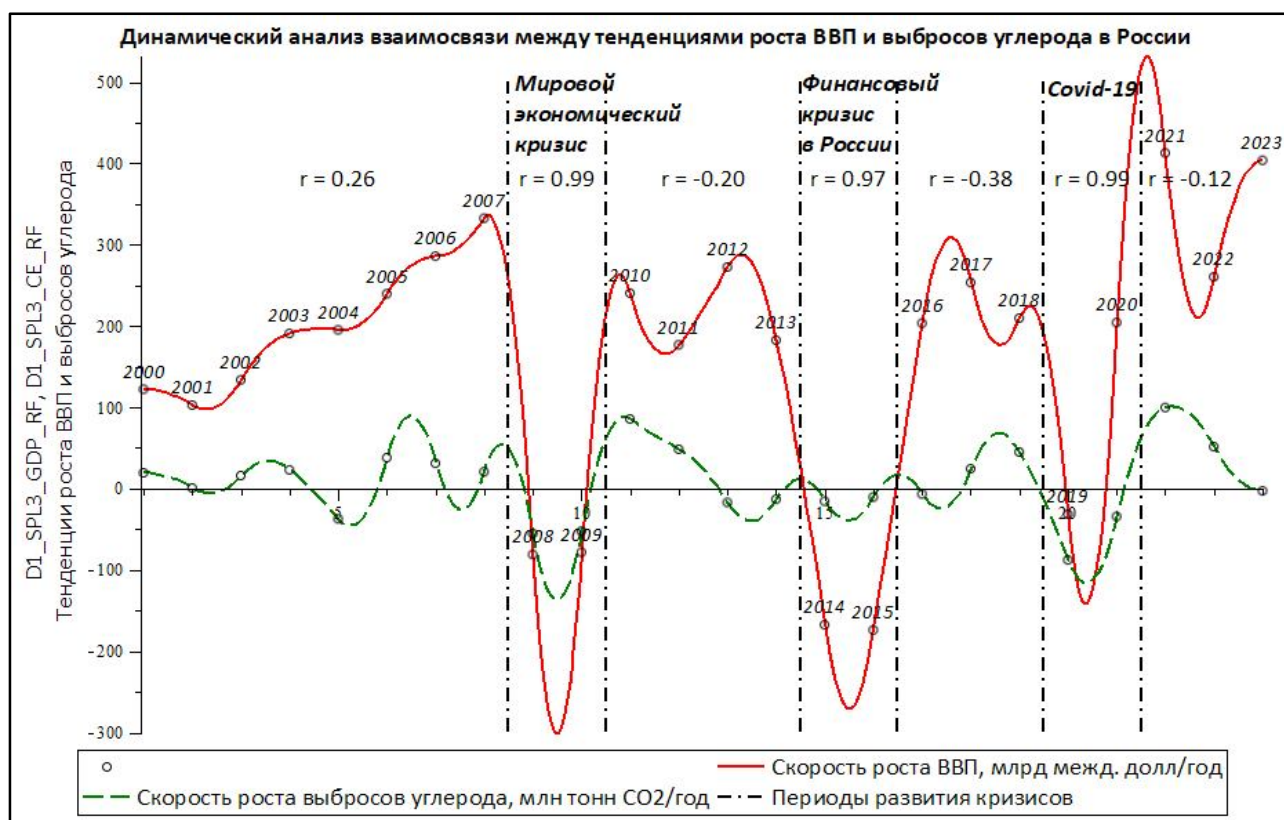


Рис. 3. Динамический анализ взаимосвязи между колебаниями скорости роста ВВП и углеродных выбросов в России

Начавшийся в 2008 г. глобальный финансовый кризис привёл к падению производства ВВП России — в 2008-2009 гг. кривая первой производной (скорости роста) проходит в области отрицательных значений. В этот период кривая скорости роста выбросов углерода демонстрирует синхронное со скоростью роста ВВП поведение. В дальнейшем, во время наступления кризисов, кривые первой производной также демонстрируют появление синхронности в скорости роста ВВП и выбросов углерода в России.

Под воздействием кризисов процессы начинают проявлять «латентные» корреляции, которые нивелировались доминирующей тенденцией роста ВВП.

Для выявления изменений, которые происходили в параметрах связи с течением времени, выделим из исследуемого интервала времени периоды, когда производство ВВП оказывалось под воздействием кризисов. Рассчитывая коэффициенты корреляции между процессами внутри последовательных интервалов времени, оценим трансформацию зависимости выбросов углерода от колебаний производства ВВП как в стабильных экономических условиях, так в периоды развития кризисов.

Для обеспечения достаточного количества данных внутри коротких временных интервалов интерполируем по кривым скорости роста ВВП и выбросов уг-

лерода дополнительные точки с шагом 0,125. Исследование кривых первой производной находит важные закономерности в поведении процессов, в первую очередь наблюдается усиление положительной корреляции в условиях кризисов. Так, во время кризиса 2008 г. корреляция между скоростью роста ВВП и выбросов углерода в России оказывается очень тесной.

Закономерность такого поведения процессов подтверждается и усилением связи во время наступления финансового кризиса в России (2014 г.) и распространения пандемии COVID-19 (2020 г.). В то же время в стабильных условиях, когда нет выраженного воздействия кризисов на экономику, России удаётся обеспечивать рост ВВП без увеличения выбросов углерода – об этом говорят отрицательные значения коэффициентов корреляции. Это может свидетельствовать о том, что Россия стремится к достижению углеродной нейтральности, однако в условиях кризисов стремление сохранить рост национальной экономики оказывается более важным фактором, чем стремление к углеродной нейтральности.

Налицо не всегда декларируемое, но реально выявляемое экономико-статистическими методами изменение приоритетов реализуемой государственной экономической политики. Заметим, что аналогичные выводы были нами изложены выше при сопоставлении энергетических политик развитых и развивающихся стран. Другой причиной усиления связи между производством ВВП и выбросами углерода могли послужить санкции, ограничившие России доступ не только к международным финансовым и товарно-сырьевым рынкам, но и к современным технологиям промышленного производства.

Сплайн-кривые скорости роста ВВП и выбросов углерода в США (рис. 4) выявляют некоторое сходство с поведением процессов в России, но есть и важные различия. В первую очередь сходство за-

ключается в повышении тесноты связи между тенденциями производства ВВП и выбросов углерода в периоды кризисов – в 2008 и 2020 гг. Исключение составляет финансовый кризис 2014 г., который развивался в России и не оказал негативного влияния на экономику США.

В этот период в США продолжался устойчивый рост ВВП, на фоне которого удавалось обеспечивать и снижение выбросов углерода. Обращает на себя внимание то, что только во время финансового кризиса в России корреляция между тенденциями производства ВВП и выбросов углерода в США оказалась отрицательной. Означает ли это, что США были «бенефициаром» финансового кризиса в России? Это – интересный исследовательский вопрос, на который мы не можем дать однозначного ответа. Он требует дальнейшего углубленного анализа.

Другая особенность – между колебаниями скорости роста ВВП и выбросов углерода, когда экономика США не находилась воздействию кризисов, сохраняется положительная корреляция [19; 20]. Если в динамике абсолютных объёмов производства ВВП и выбросов углерода в США отрицательная корреляция, то колебания скорости их процессов выявляют «латентную» положительную взаимосвязь. Интерпретировать такие различия можно следующим образом: в США удаётся снижать выбросы углерода и обеспечивать рост производства ВВП, но ускорение роста ВВП все равно замедляет снижение выбросов углерода.

Если оценивать корреляцию между тенденциями процессов только в условиях экономической стабильности, исключая периоды развития кризисов, обнаруживаем даже усиление тесноты связи между скоростью роста ВВП и выбросов углерода. Вероятно, это происходит по мере приближения экономики США к углеродной нейтральности.

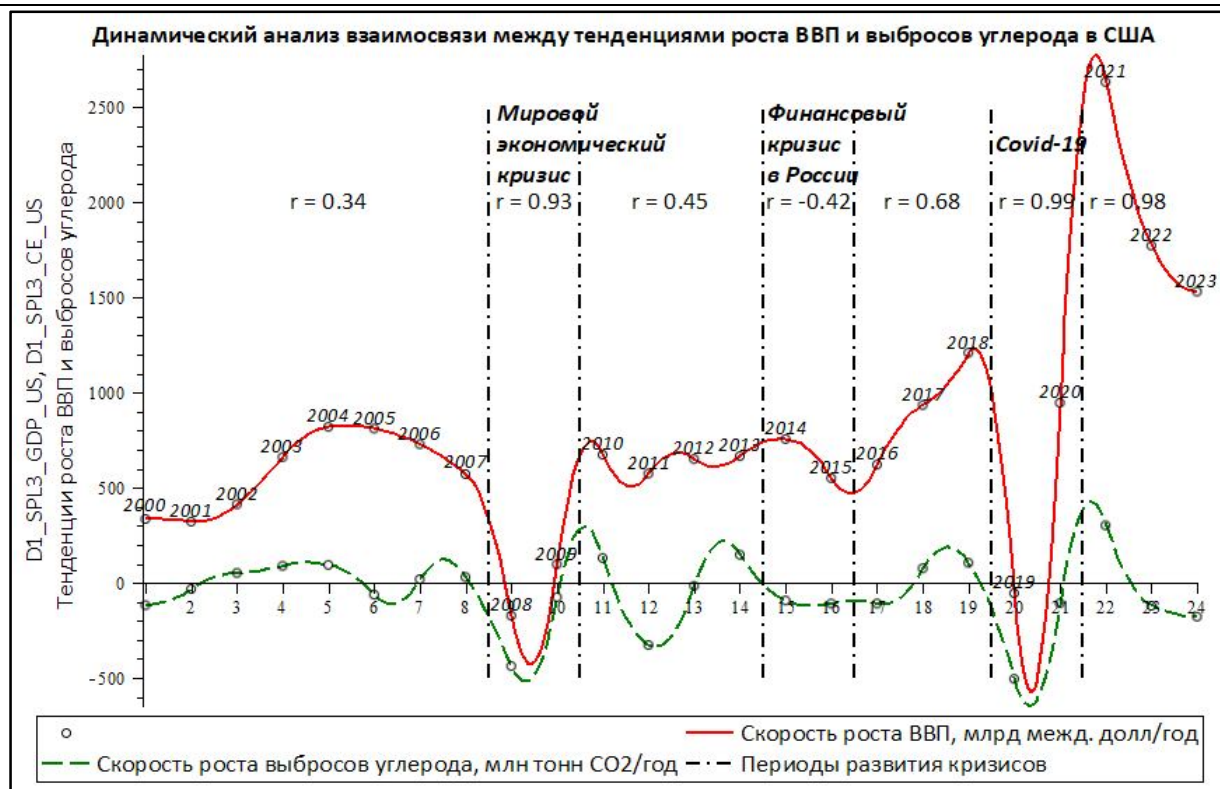


Рис. 4. Динамический анализ взаимосвязи между колебаниями скорости роста ВВП и выбросов углерода в США

Выводы

Подводя итоги, отметим, что анализ выявил различия в динамике выбросов углерода в странах с разными уровнями экономического развития: если в США рост производства ВВП происходит при снижающихся выбросах углерода, то в России рост ВВП нивелирует снижение его углеродоёмкости. При этом, по мере приближения США к углеродной нейтральности, начинает усиливаться положительная корреляция между тенденциями роста ВВП и выбросов углерода.

Закономерным для обеих стран оказалось поведение корреляции между исследуемыми тенденциями под воздействием кризисов — положительная корреляция скорости роста ВВП и выбросов углерода становится очень тесной. Выполненный макрорегиональный анализ должен улучшить представление о том, как производство ВВП и выбросы парниковых газов могут изменяться в будущем при различных сценариях экономического развития, в т. ч. при возникновении новых кризисов.

Полученные выводы могут быть использованы и при формировании государственной экономической политики.

Применённый в исследовании взаимосвязи метод отличается несколькими концептуальными достоинствами. Первое важное в динамическом анализе процессов достоинство — возможность интерполирования эмпирической динамики без погрешностей. Второе — возможность описания скорости процесса, что вооружает исследователя математически строгим и точным инструментарием за счет использования аналитических возможностей производной функции. Третье — возможность выявления «латентных» корреляций.

На последнем моменте необходимо специально остановиться. Выявленные «латентные» корреляции позволяют утверждать, что происходит значительное ослабление связи между абсолютными объёмами производства ВВП и выбросов углерода, но нельзя эту взаимосвязь, сохраняющуюся в тенденциях процессов, считать разорванной.

Список литературы

1. Гэлбрейт Дж.К. Новое индустриальное общество. Избранное. М.: Эксмо, 2008. 1200 с.
2. Бодрунов С. Д. Грядущее. Новое индустриальное общество: перезагрузка. М.: Культурная революция, 2016. 352 с.
3. The integrated impact of GDP growth, industrialization, energy use, and urbanization on CO₂ emissions in developing countries: Evidence from the panel ARDL approach / M. Sikder, C. Wang, X. Yao, X. Huai, L. Wu, Y. F. Kwame, J. Wood, Y. Zhao, X. Dou // *Science of the Total Environment*. 2022. Vol. 837. P. 155795.
4. Плотников А. В. Моделирование форм проявления кризиса в национальной экономике под воздействием неэкономического шока (на примере кризисов в России 2020 и 2022 годов) // *Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета*. 2022. № 5-2 (137). С. 194-199.
5. Плотников В. А. Перспективы экономического развития в условиях постнормальности // *Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета*. 2022. № 6 (138). С. 15-21.
6. Бодрунов С. Д., Вертакова Ю. В., Непочатых О. Ю. Совершенствование экономической политики региона на основе выявления индикаторов развития // *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика*. 2019. Т. 46, № 4. С. 589-599.
7. Vertakova Yu. V., Plotnikov V. A. Theoretical aspects of considering the dynamic characteristics of socioeconomic systems in the management of regional development // *Regional Research of Russia*. 2013. Vol. 3 (1). P. 89-95.
8. Gertler M., Gilchrist S. What happened: Financial factors in the Great Recession // *Journal of Economic Perspectives*. 2018. Vol. 32 (3). P. 3-30.
9. Mian A., Sufi A., Verner E. Household debt and business cycles worldwide // *Quarterly Journal of Economics*. 2017. Vol. 132 (4). P. 1755-1817.
10. El-Shagi M., Tochkov K. Divisia monetary aggregates for Russia: Money demand, GDP nowcasting, and the price puzzle // *Economic Systems*. 2022. Vol. 46 (4). P. 101054.
11. Singh V., Roca E., Li B. Effectiveness of policy interventions during financial crises in China and Russia: Lessons for the COVID-19 pandemic // *Journal of Policy Modeling*. 2021. Vol. 43 (2). P. 253-277.
12. Fatima T., Xia E., Ahad M. An aggregate and disaggregate energy consumption, industrial growth and CO₂ emission: fresh evidence from structural breaks and combined Cointegration for China // *Int. J. Energy Sector Manag.* 2018. Vol. 12 (1). P. 130-150.
13. Rose A., Spiegel M. Cross-country causes and consequences of the 2008 crisis: an update // *Eur. Econ. Rev.* 2011. Vol. 55. P. 309-324.
14. Forecasting the WTI crude oil price by a hybrid-refined method / J. Chai, L. M. Xing, X. Y. Zhou, Z. G. Zhang, J. X. Li // *Energy Econ.* 2018. Vol. 71. P. 114-127.
15. Nelson C. R., Siegel A. F. Parsimonious modeling of yield curves // *J. Bus.* 1987. Vol. 60 (4). P. 473-489.
16. Methods of "new econometrics" in study of interrelations with variable structure / R. Kh. Ilyasov, V. S. Yakovenko, T. D. Malyutina, D. D. Tkachenko, E. M. Magomadov // *Proceedings of the Social and Cultural Transformations in the Context of Modern Globalism (SCTCMG 2018)*, 01-03 November, 2018. Grozny: Complex Research Institute named after Kh. I. Ibragimov, Russian Academy of Sciences, 2019. P. 497-504.
17. Ilyasov R. H. About the Method of Analysis of Economic Correlations by Differentiation of Spline Models // *Modern Applied Science*. 2014. Vol. 8 (5). P. 197-203.
18. Ilyasov R. H., Yakovenko V. S. Spline-analysis of Flow Correlation in Economic Systems // *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2021. Vol. 206. P. 599-607.

19. Ильясов Р. Х. Особенности влияния экономического роста на динамику выбросов углерода в Соединенных Штатах и Китае: сплайн-анализ // Социально-экономические и финансовые аспекты развития Российской Федерации и ее регионов в современных условиях: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции. Грозный: Чеченский государственный университет имени Ахмата Абдулхамидовича Кадырова, 2023. С. 398-406.

20. Ilyasov R., Plotnikov V., Khuazheva A. Trends in GDP Production and Carbon Emissions in Russia: Spline-Analysis of the Relationship // Sustainable Development of the Environment and Agriculture: Green and Environmental Technologies (SDEA 2024): International Scientific and Practical Conference. Ekaterinburg, 2024. Vol. 537. P. 07009.

References

1. Galbraith J.K. The New Industrial Society. Favorites. Moscow: Eksmo; 2008. 1200 p. (In Russ.)

2. Bodrunov S.D. The future. New industrial society: reboot. Moscow: Kul'turnaya revolyutsiya; 2016. 352 p. (In Russ.)

3. Sikder M., Wang C., Yao X., Huai X., Wu L., Kwame Y.F., Wood J., Zhao Y., Dou X. The integrated impact of GDP growth, industrialization, energy use, and urbanization on CO₂ emissions in developing countries: Evidence from the panel ARDL approach. *Science of the Total Environment*. 2022;837:155795.

4. Plotnikov A.V. Modeling the forms of crisis manifestation in the national economy under the influence of a non-economic shock (on the example of the crises in Russia in 2020 and 2022). *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta = Proceedings of the St. Petersburg State University of Economics*. 2022;(5-2):194-199. (In Russ.)

5. Plotnikov V.A. Prospects of economic development in post-normal conditions. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta = Proceedings of the St. Petersburg State University of Economics*. 2022;(6):15-21. (In Russ.)

6. Bodrunov S.D., Vertakova Yu.V., Nepchatykh O.Yu. Improving the economic policy of the region based on the identification of development indicators. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika. Informatika = Scientific Departments of Belgorod State University. Series: Economics. Computer Science*. 2019;46(4):589-599. (In Russ.)

7. Vertakova Yu.V., Plotnikov V.A. Theoretical aspects of considering the dynamic characteristics of socioeconomic systems in the management of regional development. *Regional Research of Russia*. 2013;3:89-95.

8. Gertler M., Gilchrist S. What happened: Financial factors in the Great Recession. *Journal of Economic Perspectives*. 2018;32:3-30.

9. Mian A., Sufi A., Verner E. Household debt and business cycles worldwide. *Quarterly Journal of Economics*. 2017;132:1755-1817.

10. El-Shagi M., Tochkov K. Divisia monetary aggregates for Russia: Money demand, GDP nowcasting, and the price puzzle. *Economic Systems*. 2022;46:101054.

11. Singh V., Roca E., Li B. Effectiveness of policy interventions during financial crises in China and Russia: Lessons for the COVID-19 pandemic. *Journal of Policy Modeling*. 2021;43:253-277.

12. Fatima T., Xia E., Ahad M. An aggregate and disaggregate energy consumption, industrial growth and CO₂ emission: fresh evidence from structural breaks and combined Cointegration for China. *Int. J. Energy Sector Manag.* 2018;12:130-150.

13. Rose A., Spiegel M. Cross-country causes and consequences of the 2008 crisis: an update. *Eur. Econ. Rev.* 2011;55:309-324.

14. Chai J., Xing L.M., Zhou X.Y., Zhang Z.G., Li J.X. Forecasting the WTI crude oil price by a hybrid-refined method. *Energy Econ.* 2018;71:114-127.
15. Nelson C.R., Siegel A.F. Parsimonious modeling of yield curves. *J. Bus.* 1987;60:473-489.
16. Ilyasov R.Kh., Yakovenko V.S., Malyutina T.D., Tkachenko D.D., Magomadov E.M. Methods of «new econometrics» in study of interrelations with variable structure. *Proceedings of the Social and Cultural Transformations in the Context of Modern Globalism (SCTCMG 2018), 01-03 November 2018.* Grozny: Complex Research Institute named after Kh. I. Ibragimov, Russian Academy of Sciences; 2019. P. 497-504.
17. Ilyasov R.H. About the Method of Analysis of Economic Correlations by Differentiation of Spline Models. *Modern Applied Science.* 2014;8:197-203.
18. Ilyasov R.H., Yakovenko V.S. Spline-analysis of Flow Correlation in Economic Systems. *Lecture Notes in Networks and Systems.* 2021;206:599–607.
19. Ilyasov R.H. Features of the impact of economic growth on the dynamics of carbon emissions in the United States and China: a spline analysis. In: *Sotsial'no-ekonomicheskie i finansovye aspekty razvitiya Rossiiskoi Federatsii i ee regionov v sovremennykh usloviyakh: materialy IV Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii = Socio-economic and financial aspects of the development of the Russian Federation and its regions in modern conditions: Materials of the IV All-Russian scientific and practical conference.* Grozny: Chechenskii gosudarstvennyi universitet imeni Akhmata Abdulkhamidovicha Kadyrova; 2023. P. 398-406. (In Russ.)
20. Ilyasov R., Plotnikov V., Khuazheva A. Trends in GDP Production and Carbon Emissions in Russia: Spline-Analysis of the Relationship. In: *Sustainable Development of the Environment and Agriculture: Green and Environmental Technologies (SDEA 2024): International Scientific and Practical Conference.* Vol. 537. Ekaterinburg; 2024. P. 07009.

Информация об авторах / Information about the Authors

Вертакова Юлия Владимировна, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры маркетинга, Российский государственный гуманитарный университет, г. Москва, Российская Федерация, e-mail: vertakova7@ya.ru

Ильясов Руслан Хизраилевич, доктор экономических наук, доцент, заведующий кафедрой учёта, анализа и аудита в цифровой экономике, Чеченский государственный университет имени А. А. Кадырова, г. Грозный, Российская Федерация, e-mail: ilyasov_95@mail.ru

Плотников Владимир Александрович, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры общей экономической теории и истории экономической мысли, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, e-mail: Plotnikov_2000@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3784-6195

Yulia V. Vertakova, Doctor of Sciences (Economics), Professor, Professor of the Marketing Department, Russian State University for the Humanities, Moscow, Russian Federation, e-mail: vertakova7@ya.ru

Ruslan Kh. Ilyasov, Doctor of Sciences (Economics), Associate Professor, Head of the Department of Accounting, Analysis and Audit in the Digital Economy, Kadyrov Chechen State University, Grozny, Russian Federation, e-mail: ilyasov_95@mail.ru

Vladimir A. Plotnikov, Doctor of Sciences (Economics), Professor, Professor of the Department of General Economic Theory and History of Economic Thought, Saint Petersburg State University of Economics, St. Petersburg, Russian Federation, e-mail: Plotnikov_2000@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3784-6195