

## ПУБЛИКАЦИИ МОЛОДЫХ АВТОРОВ

---

---

**Ю.Д. СОКОЛОВА**

инженер-исследователь

Лаборатории экономической политики и природных ресурсов  
Института экономики и управления Уральского федерального университета  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, ассистент и аспирант  
кафедры экономики Института экономики и управления Уральского  
федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

### ЭМПИРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ: ПРИМЕР СТРАН БРИКС<sup>1</sup>

Исследование посвящено изучению взаимосвязи экономического развития и загрязнения окружающей среды в странах БРИКС. В рамках исследования гипотеза экологической кривой Кузнеца не подтвердилась, однако Россия и Китай обладают наибольшим потенциалом для достижения того уровня доходов, когда экономический рост способен « позаботиться » о состоянии окружающей среды. С помощью продвинутого эконометрического метода анализа панельных данных Дрискола–Края (Driscoll–Kraay) мы выявили, что рост ВВП на душу населения, развертывание процессов индустриализации и урбанизации – факторы, в наибольшей степени ответственные за деградацию окружающей среды в странах БРИКС, тогда как приток прямых иностранных инвестиций, развитый финансовый сектор экономики, активная интеграция в мировое пространство, экологическая политика и использование альтернативных источников энергии способствуют улучшению состояния окружающей среды. По результатам исследования были определены несколько направлений реформирования государственной политики для поддержания состояния окружающей среды в странах БРИКС. Странам организации необходимо направить усилия на создание наиболее благоприятных условий для ПИИ, углубление финансового сектора, интенсификацию экологической политики и развитие сектора альтернативной энергетики.

**Ключевые слова:** БРИКС, экономический рост, окружающая среда, экологическая кривая Кузнеца, Driscoll–Kraay.

УДК: 332.025.12

EDN: WMTNDC

DOI: 10.52180/2073-6487\_2024\_1\_154\_176

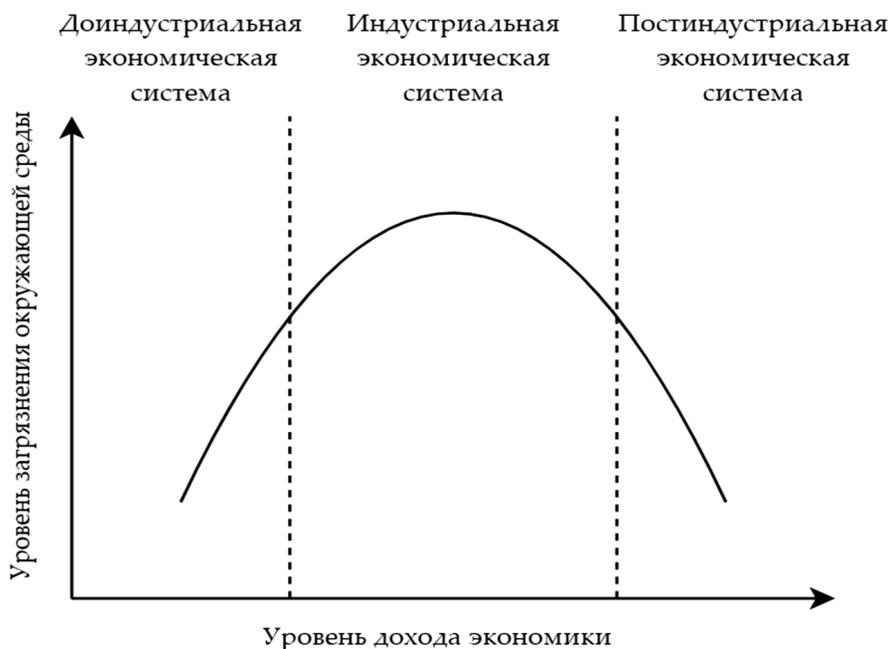
---

<sup>1</sup> Исследование выполнено при поддержке гранта РНФ «Совершенствование использования минерально-сырьевой базы российской экономики в условиях глобального энергетического перехода и геополитической напряженности» (грант № 23-18-01065).

## Введение

Страны БРИКС играют центральную роль в будущем экономическом и политическом развитии мира [1]. Ожидается, что из-за беспрецедентного экономического роста государства могут столкнуться с экологической катастрофой. Так, расширение экономической активности связывают с экспансией «грязного» производства, интенсификацией торговли и более активным потреблением, что неизбежно ведет к деградации окружающей среды [2].

Однако приверженцы теории экологической кривой Кузнецца (см. рис. 1), подразумевающей U-образную зависимость между доходами страны и выбросами загрязняющих веществ, предполагают, что странам-участницам организации БРИКС нет необходимости беспокоиться об экологических проблемах во время экономического роста, поскольку рост, в конечном итоге, « позаботится » об окружающей среде, как только странами будет достигнут определенный уровень дохода на душу населения [3]. Уменьшение нагрузки на окружающую среду становится возможным из-за изменения структуры производства, введения энерго- и ресурсосберегающих технологий, развития национальной экологической политики, сдвига потребительских предпочтений в сторону экологически безопасных продуктов [4; 5].



Источник: составлено автором.

Рис. 1. Экологическая кривая Кузнецца

В силу того, что за последние два десятилетия деградация окружающей среды стала одной из самых серьезных глобальных проблем, появилось множество работ, изучающих причины экологического кризиса. В данном исследовании мы концентрируемся на эмпирических работах, посвященных экономическим, социальным и институциональным детерминантам изменения климата в развивающихся странах и экономиках группы БРИКС.

Исследователи уделяют отдельное внимание уровню развития экономики при формировании объемов загрязнений или экологического следа страны – как правило, в моделях экономической рост представляется с помощью таких переменных, как ВВП на душу населения и индекс «сложности» экономической системы. В данном контексте эмпирические работы можно разделить на два лагеря: статьи, подтверждающие, что экономическое процветание в странах БРИКС способствует улучшению состояния окружающей среды [6; 7; 8; 9], и работы, эмпирически обосновывающие, что между темпами экономического роста и объемами загрязнений в странах БРИКС существует прямая зависимость [10; 11; 12; 13].

Большинство исследований учитывают такие факторы, как степень развитости финансовых рынков и приток прямых иностранных инвестиций (ПИИ). А. Тамазян с соавторами [7], М. Айдин и Ю. Туран [10], М. Рафик с соавторами [11], К. Ли с соавторами [14], и М. Хуссаин и Е. Доган [15] выявили следующую зависимость: более высокая степень финансового развития экономики снижает степень деградации окружающей среды в странах БРИКС. Именно поэтому необходимо уделять должное внимание финансовому сектору при достижении целей устойчивого развития. Кроме того, К. Жу с соавторами [16] подтвердили, что для развивающихся стран существует обратная зависимость между развитием рынка «зеленых» финансов и ростом объемов выбросов. М. Хришти и А. Синха [17] доказали, что положительные шоки финансовых инструментов (например, появление нового финансового инструмента) благоприятно сказываются на состоянии окружающей среды, тогда как отрицательные шоки (например, закрытие банков или наложение санкций на банки) ухудшают состояние окружающей среды.

Роль ПИИ в создании загрязнений также широко освящена в иностранной литературе. Г. Закария с соавторами [18] пришли к выводу, что приток ПИИ ухудшает состояние окружающей среды в странах БРИКС, так как, скорее всего, действует механизм «утечки углерода» – страны с более строгим экологическим регулированием переносят свое производство в страны с менее активной экологической политикой, какими являются страны БРИКС. Так, для исследуемых стран важно изучить требования к иностранным инвестициям для содействия охране окружающей среды и увеличения передачи техноло-

гий через иностранные компании для уменьшения экологического ущерба. Наоборот, М. Рафик с соавторами [11] и О. Мариев с соавторами [19] подтверждают, что существует долгосрочная отрицательная зависимость между ПИИ и экологическим следом экономики. Данные авторы рекомендуют экономикам стран БРИКС в первую очередь сконцентрироваться на создании условий для привлечения ПИИ.

Х. Рахман с соавторами [20] в своем исследовании учитывают роль повсеместного процесса глобализации и приходят к следующему выводу: глобализация отрицательно и существенно влияет на выбросы углекислого газа, подразумевая улучшение качества окружающей среды. Когда речь заходит о притоке ПИИ или роли глобализации, наиболее часто подразумевается обмен знаниями, технологиями, инновациями – в данном контексте можно отметить несколько исследований, фокусирующихся на роли технологий и инноваций. Так, Х. Замеер с соавторами [21], М. Хуссейн и Е. Доган [13], а также О. Оекеми с соавторами [22] подтвердили, что внедрение инноваций значительно улучшает состояние окружающей среды.

В то время как процесс глобализации положительно сказывается на состоянии окружающей среды в странах БРИКС, процесс урбанизации приводит к деградации окружающей среды [10; 19; 23].

Безусловно, экономический рост невозможен без использования источников энергии. Г. Захарья с соавторами [18] и Х. Рахман с соавторами [20] в своих работах демонстрируют, что потребление традиционной энергии является основным источником ухудшения состояния окружающей среды в странах БРИКС. Тогда как замена традиционных источников на альтернативные значительно сокращает углеродный след экономик в регионе [14; 24].

Наконец, качество институтов и человеческий капитал также могут выступать детерминантами состояния окружающей среды в странах БРИКС. М. Хуссейн и Е. Доган [13], М. Махалик с соавторами [25], М. Ахмад с соавторами [26], М. Шахбаз с соавторами [27], а также А. Максимова, Н. Николаева, С. Салий, И. Семина [28] выяснили, что качественные экономические и политические институты, развитый человеческий капитал отрицательно связаны с экологическим следом стран БРИКС.

Согласно проведенному обзору литературы, можно выделить следующие факторы состояния окружающей среды в странах БРИКС (см. рис. 2).

Целью данного исследования выступает эконометрическое моделирование влияния экономической деятельности на состояние окружающей среды на примере пяти стран БРИКС за период 1992–2022 гг. Работа предполагает проверку гипотезы об экологической кривой Кузнецца в рамках стран объединения БРИКС, но мы также намерены выявить экономические, социальные и экологические детерминанты состояния окружающей среды.



Источник: составлено автором.

Рис. 2. Факторы состояния окружающей среды стран БРИКС

Для достижения цели работы были сформулированы следующие исследовательские задачи:

- определить список потенциальных факторов состояния окружающей среды в странах БРИКС;
- сконструировать и оценить параметры эмпирической модели, которая позволит оценить влияние экономической деятельности на состояние окружающей среды в странах БРИКС за период 1992–2022 гг.;
- в рамках полученных результатов сформулировать рекомендации по совершенствованию экономической политики стран БРИКС.

Данное исследование вносит вклад в существующую литературу по следующим направлениям: мы используем наиболее актуальные данные; мы представляем состояние окружающей среды в экономиках группы БРИКС двумя переменными – объемами выбросов CO<sub>2</sub> на душу населения и экологическим следом страны; мы учитываем в модели наиболее полный список факторов, определяющих состояние окружающей среды в странах БРИКС; мы дополняем модель такими переменными, как степень развитости национальной экологической политики и геополитические риски; мы используем продвинутый эконометрический метод Дрискола–Края, который позволяет решить следующие эконометрические проблемы: эндогенность, гетероскедастичность, автокорреляция и пространственная зависимость; мы рассчитываем так называемый декаплинг индекс (Decoupling Index, DI), чтобы проанализировать, насколько экономический рост каждой страны способен обеспечить сокращение объемов загрязнений; мы формулируем рекомендации для реформирования экономической политики для достижения экологических целей.

## Методология

Для целей проведения анализа влияния экономической активности на состояние окружающей среды в странах БРИКС мы конструируем две эмпирические модели (см. (1) и (2)). Первая выступает основной моделью нашего исследования, тогда как вторая – служит для проверки устойчивости полученных результатов.

$$ICO_{2it} = lGDP_{it} + lIND_{it} + FD_{it} + lFDI_{it} + lUR_{it} + lHC_{it} + G_{it} + lRE_{it} + ES_{it} + GR_{it} + \alpha_{it} + \varepsilon_{it}. \quad (1)$$

$$lEF_{it} = lGDP_{it} + lIND_{it} + FD_{it} + lFDI_{it} + lUR_{it} + lHC_{it} + G_{it} + lRE_{it} + ES_{it} + GR_{it} + \alpha_{it} + \varepsilon_{it}. \quad (2)$$

где  $CO_{2it}$  и  $EF_{it}$  отражают состояние окружающей среды в странах БРИКС,  $GDP_{it}$  представляет доход экономик,  $IND_{it}$ ,  $UR_{it}$ ,  $G_{it}$  отвечают за влияние процессов индустриализации, урбанизации и глобализации соответственно,  $FD_{it}$  демонстрирует степень развития финансового сектора,  $HC_{it}$  отражает роль человеческого капитала,  $RE_{it}$  моделирует потребление альтернативных источников энергии,  $ES_{it}$  символизирует степень развития национальной экологической политики,  $GR_{it}$  отвечает за геополитические риски,  $\alpha_{it}$  и  $\varepsilon_{it}$  – это фиксированные эффекты и стандартные ошибки соответственно.

Переменные эмпирических моделей (см. (1) и (2)) и источники данных представлены в табл. 1. Так, состояние окружающей среды в странах БРИКС характеризуется в модели двумя переменными: объемами выбросов  $CO_2$  на душу населения и экологическим следом экономик. Экономическую деятельность в странах БРИКС мы описываем следующими переменными: ВВП на душу населения, доля обрабатывающей промышленности (измеряем влияние процессов индустриализации, урбанизации и глобализации соответственно,  $FD_{it}$  демонстрирует степень развития финансового сектора,  $HC_{it}$  отражает роль человеческого капитала,  $RE_{it}$  моделирует потребление альтернативных источников энергии,  $ES_{it}$  символизирует степень развития национальной экологической политики,  $GR_{it}$  отвечает за геополитические риски,  $\alpha_{it}$  и  $\varepsilon_{it}$  – это фиксированные эффекты и стандартные ошибки соответственно).

Таблица 1

Переменные эмпирических моделей (см. (1) и (2)) и источники данных

Переменная	Описание	Источник данных
Зависимая переменная		
$CO_{2it}$	Средний объем выбросов $CO_2$ на человека в экономике $i$ в момент времени $t$ , тонн на человека	Global Carbon Budget
$EF_{it}$	Экологический след экономики $i$ в момент времени $t$ . Показатель измеряет площадь поверхности, необходимую для восстановления ресурсов, которые экономика $i$ потребляет, и поглощения отходов, которые экономика $i$ производит, гектар на человека	Footprint Network

Переменная	Описание	Источник данных
Объясняющие переменные		
$GDP_{it}$	ВВП на душу населения экономики $i$ в момент времени $t$ . Показатель представляет собой валовой внутренний продукт, разделенный на среднегодовую численность населения, долл.	The World Bank
$IND_{it}$	Доля обрабатывающей промышленности в ВВП экономики $i$ в момент времени $t$ , %	The World Bank
$FDI_{it}$	Индекс финансового развития экономики $i$ в момент времени $t$ . Индекс резюмирует, насколько развиты финансовые учреждения и финансовые рынки с точки зрения их глубины (размера и ликвидности), доступа (способности отдельных лиц и компаний получать доступ к финансовым услугам) и эффективности (способности учреждений предоставлять финансовые услуги по низким ценам и на постоянной основе, доходы и уровень активности рынков капитала), (0–1)	International Monetary Fund
$FDI_{it}$	Приток прямых иностранных инвестиций в экономику $i$ в момент времени $t$ , млн долл.	UNCTADstat
$UR_{it}$	Доля городского населения в экономике $i$ в момент времени $t$ , %	The World Bank
$HC_{it}$	Доля населения с высшим образованием в экономике $i$ в момент времени $t$ , %	UNESCO Institute for Statistics
$G_{it}$	Индекс глобализации экономики $i$ в момент времени $t$ . Позволяет оценить масштаб интеграции страны в мировое пространство (на основе экономических, социальных и политических характеристик)	KOF Swiss Economic Institute
$RE_{it}$	Доля альтернативных источников энергии в общем потреблении энергии экономикой $i$ в момент времени $t$ , %	International Renewable Energy Agency (IRENA)
$ES_{it}$	Строгость экологической политики экономики $i$ в момент времени $t$ , (0–6)	UNCTADstat
$GR_{it}$	Индекс геополитического риска экономики $i$ в момент времени $t$	Dario&Iacoviello [29]
$i$ = Россия, Бразилия, Индия, Китай, ЮАР $t$ = 1992–2022 гг.		

Источник: составлено автором.

стриализации), приток прямых иностранных инвестиций, развитие финансового сектора. Кроме того, мы учитываем влияние процессов глобализации и урбанизации путем включения индекса глобализации *KOF* и доли городского населения. Также мы включаем в модель факт потребления альтернативных источников энергии и степень развитости национальной экологической политики. Наконец, мы принимаем во внимание возможное влияние человеческого капитала и геополитических рисков.

Эмпирический анализ данного исследования представлен следующими этапами. Во-первых, мы составляем панельную базу данных, содержащую информацию о социально-экономическом и экологическом развитии пяти стран БРИКС (Россия, Бразилия, Индия, Китай, ЮАР) за период 1992–2022 гг. Во-вторых, проводим тесты на наличие пространственной зависимости [30] и единичного корня [31]. В-третьих, если для эмпирической модели свойственна проблема пространственной зависимости и все временные ряды обладают свойством интегрированности первого порядка, мы оцениваем параметры модели (1) с помощью продвинутого эконометрического метода Дрискола–Края [32]. В-четвертых, мы проводим тест на устойчивость результатов модели (1) путем оценки модели (2), где состояние окружающей среды в странах БРИКС представлено экологическим следом экономики. Наконец, мы рассчитываем декарплинг отношение (*Decoupling Ratio*) (3) и декарплинг индекс (4), разработанные организацией ОЭСР, с целью проанализировать способность экономического роста каждой страны обеспечить сокращение объемов загрязнения [7].

$$DR = \frac{\frac{CO2_{it}}{GDP_{it}}}{\frac{CO2_{it0}}{GDP_{it0}}}. \quad (3)$$

$$DI = 1 - DR = 1 - \frac{\frac{CO2_{it}}{GDP_{it}}}{\frac{CO2_{it0}}{GDP_{it0}}}. \quad (4)$$

Где  $CO2_{it}$  и  $GDP_{it}$  – объем выбросов на душу населения и ВВП на душу населения в текущем периоде, а  $CO2_{it0}$  и  $GDP_{it0}$  – объем выбросов на душу населения и ВВП на душу населения в базисном периоде.

## Результаты и обсуждение

В табл. 2 представлена описательная статистика данных, корреляционная матрица и тестирование на наличие проблемы пространственной зависимости и единичного корня моделей (см. (1) и (2)). Во-первых, мы наблюдаем, что для всех переменных модели свойственна проблема пространственной зависимости – данный факт сигнализирует о тесной взаимосвязи экономик группы БРИКС. Наличие данной проблемы предполагает использование специальных эконометрических методов оценки – например, метода Дрискола–Края, метода средних

Таблица 2

### Описательная статистика, корреляционная матрица, тесты на стационарность и наличие проблемы пространственной зависимости

Переменная	CO2 <sub>it</sub>	EF <sub>it</sub>	GDP <sub>it</sub>	IND <sub>it</sub>	FD <sub>it</sub>	FDI <sub>it</sub>	UR <sub>it</sub>	HC <sub>it</sub>	G <sub>it</sub>	RE <sub>it</sub>	ES <sub>it</sub>	GR <sub>it</sub>
Среднее	1,3	0,8	8,1	3,4	0,5	2,6	4,0	3,4	59,3	2,8	0,9	0,7
Станд. отклон.	0,9	0,6	1,1	0,3	0,1	1,8	0,4	0,8	9,3	0,9	0,8	1,1
Мин.	0,3	0,3	5,7	2,9	0,3	0,1	3,3	1,1	33,2	1,2	0,0	0,5
Макс.	2,6	1,9	9,7	3,9	0,7	5,2	4,5	4,5	72,0	3,9	3,1	3,8
CD	6,1 <sup>b</sup>	4,3 <sup>b</sup>	15,7 <sup>b</sup>	7,7 <sup>b</sup>	13,3 <sup>b</sup>	13,4 <sup>b</sup>	16,4 <sup>b</sup>	14,8 <sup>b</sup>	17,3 <sup>b</sup>	8,6 <sup>b</sup>	12,3 <sup>b</sup>	3,3 <sup>b</sup>
UR	I(1)	I(1)										
Наблюд.	155	155	155	155	155	155	155	155	155	155	155	155
<i>Корреляционная матрица</i>												
	CO2 <sub>it</sub>	EF <sub>it</sub>	GDP <sub>it</sub>	IND <sub>it</sub>	FD <sub>it</sub>	FDI <sub>it</sub>	UR <sub>it</sub>	HC <sub>it</sub>	G <sub>it</sub>	RE <sub>it</sub>	ES <sub>it</sub>	GR <sub>it</sub>
CO2 <sub>it</sub>	1,0											
EF <sub>it</sub>	0,8 <sup>b</sup>	1,0										
GDP <sub>it</sub>	0,6 <sup>b</sup>	0,8 <sup>b</sup>	1,0									
IND <sub>it</sub>	0,3 <sup>d</sup>	0,4 <sup>b</sup>	-0,3 <sup>b</sup>	1,0								
FD <sub>it</sub>	0,2 <sup>b</sup>	0,3 <sup>b</sup>	0,6 <sup>b</sup>	-0,3 <sup>b</sup>	1,0							
FDI <sub>it</sub>	-0,8	-0,1	0,3 <sup>b</sup>	0,2	0,6 <sup>b</sup>	1,0						
UR <sub>it</sub>	0,5 <sup>b</sup>	0,9 <sup>b</sup>	0,8 <sup>b</sup>	-0,4 <sup>b</sup>	0,4 <sup>b</sup>	0,1	1,0					
HC <sub>it</sub>	0,6 <sup>b</sup>	0,6 <sup>b</sup>	0,6 <sup>b</sup>	0,3 <sup>b</sup>	0,5 <sup>b</sup>	0,6 <sup>h</sup>	0,5 <sup>h</sup>	1,0				
G <sub>it</sub>	0,6 <sup>b</sup>	0,6 <sup>b</sup>	0,7 <sup>b</sup>	-0,3 <sup>b</sup>	0,7 <sup>b</sup>	0,4 <sup>b</sup>	0,5 <sup>b</sup>	0,6 <sup>b</sup>	1,0			
RE <sub>it</sub>	-0,9 <sup>b</sup>	-0,8 <sup>b</sup>	-0,5 <sup>b</sup>	-0,3 <sup>b</sup>	-0,1	0,1	-0,4 <sup>b</sup>	-0,6 <sup>b</sup>	-0,6 <sup>b</sup>	1,0		
ES <sub>it</sub>	-0,1 <sup>b</sup>	-0,3 <sup>b</sup>	0,1	0,1	0,5 <sup>b</sup>	0,5 <sup>b</sup>	-0,3 <sup>b</sup>	0,2 <sup>b</sup>	0,3 <sup>b</sup>	0,1	1,0	
GR <sub>it</sub>	0,4 <sup>b</sup>	0,2 <sup>b</sup>	-0,1 <sup>b</sup>	0,6 <sup>b</sup>	0,1	0,2 <sup>b</sup>	-0,2 <sup>b</sup>	0,6 <sup>b</sup>	0,1	-0,5 <sup>b</sup>	0,3 <sup>b</sup>	1,0

*Примечание:* CD – тестирование на наличие проблемы пространственной зависимости, UR – тестирование на наличие единичного корня в панельных данных с проблемой пространственной зависимости, *b* – значимость на уровне 5%, I(1) – временной ряд обладает свойством интегрированности первого порядка.

*Источник:* составлено автором.

групп (Mean Group, MG), метода общего коррелированного эффекта средних групп (CCEMG), метод межсекторной авторегрессии с распределенным лагом (CS-ARDL). Во-вторых, все переменные обладают свойством интегрированности первого порядка (стационарны на первых разницах), что позволяет нам использовать метод Дрискола–Края.

Исходя из корреляционной матрицы, существует положительная зависимость между загрязнением окружающей среды и ВВП на душу населения, процессом активной индустриализации, урбанизации, глобализации. В то время как экологическая политика и использование альтернативных источников энергии улучшает состояние окружающей среды. Геополитические риски и человеческий капитал также сонаправленно связаны с ухудшением состояния окружающей среды.

Результаты оценки основной модели (1), призванной установить зависимость между экономической активностью в странах БРИКС и объемами выбросов CO<sub>2</sub> в период 1992–2022 гг., представлены в табл. 3. Во-первых, стоит отметить, что наша эмпирическая модель обладает высокой объясняющей способностью, так как R-квадрат равен 94%. Во-вторых, нам не удалось подтвердить гипотезу об экологической кривой Кузнеця (включение квадрата ВВП на душу населения также демонстрирует отрицательный знак). Наши выводы соотносятся с результатами М. Хусейна и Е. Догана [13], Мозиаса и Шербако-

Таблица 3

**Результаты моделирования влияния экономической активности на объемы выбросов CO<sub>2</sub> в странах БРИКС**

Переменные	Коэффициенты	Стандартные ошибки
$lGDP_{it}$	0,320 <sup>a</sup>	0,062
$lIND_{it}$	0,986 <sup>a</sup>	0,259
$FD_{it}$	-0,250	0,360
$lFDI_{it}$	-0,097 <sup>a</sup>	0,018
$lUR_{it}$	0,350	0,327
$lHC_{it}$	0,327 <sup>c</sup>	0,130
$G_{it}$	-0,005	0,008
$lRE_{it}$	-0,693 <sup>a</sup>	0,063
$ES_{it}$	-0,006	0,051
$lGR_{it}$	-0,273 <sup>a</sup>	0,037
$R^2$	0,940	

Примечание: *a* – значимость на уровне 1%, *b* – значимость на уровне 5%, *c* – значимость на уровне 10%.

Источник: составлено автором.

вой [33], Курбацкого и Шаклеиной [34], Григорьева с соавторами [35]. Данный факт означает, что страны БРИКС еще не достигли той точки развития, где уровень благосостояния будет стимулировать сокращение объемов загрязнений. Именно поэтому для решения экологических проблем государству, частному бизнесу и населению необходимо занять проактивную позицию.

Табл. 3 позволяет проанализировать детерминанты объемов выбросов  $\text{CO}_2$  в странах БРИКС за период 1992–2022 гг. Так, увеличение объемов ВВП на душу населения ( $GDP_{it}$ ) и промышленное развитие ( $IND_{it}$ ) влечет за собой рост выбросов  $\text{CO}_2$ , что подтверждает выводы В. Азеведо с соавторами [12] и М. Рафика с соавторами [11]. Увеличение уровня благосостояния предполагает более активное потребление и передвижение населения. В данном контексте важно повышение экологической осведомленности граждан с помощью механизмов экологического регулирования – например, инструментов информирования. Кроме того, отрицательное влияние потребления может быть минимизировано за счет выхода на рынок экологически безопасной продукции ежедневного потребления. Прямая зависимость между процессом индустриализации и деградацией окружающей среды в свою очередь сигнализирует о недостаточном использовании энергоэффективных и экологически чистых технологий на производственных предприятиях [36].

Мы наблюдаем, что развитие финансового сектора ( $FD_{it}$ ) и процессы глобализации ( $G_{it}$ ) отрицательно связаны с объемами загрязнений, но коэффициенты оказались не значимы в данной модели, что может сигнализировать о недостаточном уровне развития финансового рынка и интеграции в мировое пространство. Финансовое развитие и глобализация напрямую связаны с эффективной интеграцией «зеленых» технологий в производственные процессы экономик блока БРИКС.

Одним из важных выводов выступает отрицательная зависимость между притоком ПИИ и приростом объемов выбросов  $\text{CO}_2$ . Во-первых, данный факт означает, что гипотеза «утечки углерода» неверна для стран БРИКС. Во-вторых, посредством ПИИ происходит обмен технологиями, которые позволяют улучшить состояние окружающей среды. К таким же выводам пришли М. Рафик с соавторами [11] и Ф. Ганда [9]. В таком случае страны БРИКС должны быть сосредоточены на формировании наиболее благоприятных институциональных и экономических условий для привлечения ПИИ – данная рекомендация может быть в наибольшей степени актуальна для таких стран, как Бразилия, Индия и ЮАР. Кроме того, договоры по ПИИ должны учитывать экологический аспект и стимулировать передачу технологий от иностранных компаний национальным экономикам. В контексте российской экономики на современном этапе развития привлечение иностранных инвесторов с развитыми технологиями осложнено гео-

политической обстановкой – в силу данного факта фокус должен быть смещен на внутренних инвесторов и расширение сектора «зеленых» финансовых инструментов.

Следует отметить, что нам не удалось подтвердить гипотезу о том, что большая доля населения с высшим образованием будет стимулировать сокращение объемов выбросов  $\text{CO}_2$  через канал большей экологической осведомленности. Однако мы можем предположить, что в случае стран БРИКС, образованность населения связана с дальнейшими процессами индустриализации, которые негативно влияют на состояние окружающей среды.

Мы подтверждаем, что использование альтернативных источников энергии и развитие национальной экологической политики являются эффективными инструментами для борьбы с загрязнениями. Наши выводы соотносятся с результатами Ю. Паты [24] и М. Хасана с соавторами [15]. Таким образом, для решения экологических проблем основное внимание экономик группы БРИКС должно быть нацелено на развитие сектора альтернативной энергетики и формирование эффективной экологической политики [37, 38]. В случае стран БРИКС возможна кооперация для реализации проектов по возобновляемой энергетике и унификация экологических стандартов.

Наконец, мы идентифицировали, что по мере роста геополитических рисков, объемы выбросов  $\text{CO}_2$  сокращаются, что способствует улучшению состояния окружающей среды. Механизм взаимосвязи может быть следующий: геополитическая напряженность «тормозит» экономическую деятельность и производственные процессы, что выражается в виде сокращения объемов выбросов. Однако высокие геополитические риски не способствуют решению экологических проблем в долгосрочной перспективе: наблюдается перенаправление ресурсов государства с защиты окружающей среды, например, на военные нужды; сокращается благосостояние населения, что влечет за собой меньшую готовность «жертвовать» часть доходов на защиту окружающей среды и покупку экологически безопасной продукции. В нашем исследовании мы подтвердили результаты Л. Чена с соавторами [39].

Результаты оценки модели (2), где в качестве зависимой переменной определяется экологический след экономики, отражены в табл. 4. Объясняющая возможность модели также находится на высоком уровне, так как коэффициент детерминации равняется 98%. Данная эмпирическая модель также подтверждает наличие прямой зависимости между ростом ВВП на душу населения, разворачиванием процесса индустриализации и ухудшением состояния окружающей среды, а также обратную зависимость между притоком ПИИ, потреблением альтернативных источников энергии, экологической политикой и геополитическими рисками.

**Результаты моделирования влияния экономической активности  
на экологический след в странах БРИКС**

Переменные	Коэффициенты	Стандартные ошибки
$lGDP_{it}$	0,128 <sup>a</sup>	0,028
$lUND_{it}$	0,486 <sup>a</sup>	0,054
$FD_{it}$	-0,159 <sup>c</sup>	0,084
$lFDI_{it}$	-0,011 <sup>c</sup>	0,007
$lUR_{it}$	0,914 <sup>a</sup>	0,095
$lHC_{it}$	0,036	0,029
$G_{it}$	-0,007 <sup>b</sup>	0,002
$IRE_{it}$	-0,326 <sup>a</sup>	0,024
$ES_{it}$	-0,053 <sup>b</sup>	0,0150
$lGR_{it}$	-0,050 <sup>c</sup>	0,018
$R^2$	0,980	

Примечание: *a* – значимость на уровне 1%, *b* – значимость на уровне 5%, *c* – значимость на уровне 10%.

Источник: составлено автором.

В данной модели становятся значимыми коэффициенты перед переменными финансового развития и роли глобализации. Таким образом, по мере развития финансового сектора и большей интеграции в мировое пространство страны БРИКС могут улучшить состояние окружающей среды. Предполагаемый механизм взаимодействия следующий. Так, глобализация подразумевает активный обмен экологическими товарами, энергоэффективными технологиями и знаниями в сфере экономики природопользования. В данном контексте либерализация в сфере торговли и ПИИ является эффективным инструментом достижения экологических целей. Для экономики России, находящейся под санкционным давлением, целесообразно углубление экономических и торговых отношений с Китаем, который обладает достаточными компетенциями в сфере защиты окружающей среды и «зеленых» технологий. Кроме того, активная интеграция в мировое пространство и участие в различных саммитах накладывает на страны БРИКС больше экологической ответственности, что подстегивает экономики активировать национальную экологическую политику. В данном исследовании мы подтверждаем выводы Х. Рахмана с соавторами [20] о роли процесса глобализации. Качественное развитие финансового сектора и внедрение «зеленых» финансовых инстру-

ментов, в свою очередь, предполагает больший доступ к финансовым ресурсам для целей интеграции энергоэффективных технологий в производственные процессы и реализации «зеленых» проектов на предприятиях. Данные выводы также отражены в работах А. Тамазяна с соавторами [7].

Наконец, как и М. Рафик с соавторами [11], мы констатируем, что процесс активной урбанизации отрицательно влияет на состояние окружающей среды в странах БРИКС.

С помощью модели (2) нам удалось подтвердить, что результаты модели (1) являются устойчивыми.

На последнем этапе мы рассчитываем декаплинг индекс для всех экономик стран БРИКС за промежутки равные 10 лет и за промежуток 30 лет. Согласно табл. 5, в период 1992–2002 гг. практически во всех экономиках группы БРИКС объемы выбросов росли быстрее, чем экономика, но в последующих периодах данная тенденция изменилась. Если рассматривать 30-летний промежуток, то для России и для Китая значения декаплинг индекса близко к единице, что говорит об абсолютной компенсации – то есть сокращение выбросов  $\text{CO}_2$  по мере роста экономики. В случае Бразилии, Индии, ЮАР существует относительная компенсация – то есть существует сравнительно слабая зависимость между загрязнениями и уровнем дохода экономики.

Так, с помощью эмпирических моделей нам не удалось подтвердить наличие экологической кривой Кузнеця в странах БРИКС, но расчет декаплинг индекса указывает на то, что Россия и Китай обладают высоким потенциалом для проявления данной закономерности на последующих этапах развития.

Таблица 5

**Значения декаплинг индекса (DI) в динамике**

Страна	1992–2002 гг.	2002–2012 гг.	2012–2022 гг.	1992–2022 гг.
Россия	–0,020	0,823	0,027	0,825
Бразилия	–0,140	0,704	–0,246	0,579
Индия	0,128	0,469	0,214	0,636
Китай	0,489	0,592	0,447	0,885
ЮАР	–0,347	0,617	0,056	0,514

*Примечание:* абсолютная компенсация ( $DI > 0$ , близко к единице) показывает сокращение выбросов  $\text{CO}_2$  по мере роста экономики (данный вариант наиболее желательный для экономики). Относительная компенсация ( $DI > 0$ , близко к нулю) указывает на слабую связь между выбросами  $\text{CO}_2$  и ВВП. В данном случае наблюдается одновременный рост величин, но экономика растет быстрее. Отсутствие компенсации ( $DI \leq 0$ ): объемы выбросов  $\text{CO}_2$  растут быстрее, чем экономика (случай деградации окружающей среды).  
Источники: составлено автором.

С помощью эмпирического анализа мы не смогли подтвердить, что рост уровня благосостояния является фактором улучшения состояния окружающей среды в странах БРИКС, но мы выявили ряд экономических и социальных факторов, которые отрицательно связаны с ростом выбросов CO<sub>2</sub> или экологическим следом экономик.

Исходя из этого, рекомендации для реформирования государственной политики для решения экологических проблем в условиях беспрецедентного экономического роста могут быть разделены на два блока: стимулирование макроэкономического и экологического развития. К макроэкономическому блоку можно отнести формирование наиболее благоприятной среды для привлечения ПИИ, углубление финансового сектора и создания рынков «зеленых» финансовых инструментов, продвижение политики «открытых дверей» и активную интеграцию в мировое пространство. Второй блок содержит рекомендации по развитию национальной экологической политики, внедрению информационных инструментов экологического регулирования, кооперации в сфере альтернативной энергетики.

## Заключение

За последние два десятилетия деградация окружающей среды стала серьезной проблемой для лиц, определяющих политику государства. Так, рост выбросов загрязняющих веществ объясняется стремительным экономическим развитием и деятельностью человека. Данное явление весьма актуально для группы государств БРИКС (Россия, Бразилия, Индия, Китай, ЮАР). Экономике БРИКС, благодаря стремительной индустриализации, пережили значительный экономический рост, о чем свидетельствует их уровень ВВП.

В данном исследовании мы проверяем гипотезу экологической кривой Кузнеця на примере стран БРИКС за период 1992–2022 гг. путем построения эмпирической модели и ее оценки с помощью метода Дрискола–Края, и расчета декаплинг индекса.

Гипотеза о наличии экологической кривой Кузнеця в странах БРИКС не подтверждается, однако Россия и Китай обладают наибольшим потенциалом для достижения того уровня доходов, когда экономический рост способен « позаботиться » о состоянии окружающей среды.

Мы выявили факторы, которые в наибольшей степени ответственны за деградацию окружающей среды в странах БРИКС: рост ВВП на душу населения, разворачивание процессов индустриализации и урбанизации. В список факторов, которые способствуют улучшению состояния окружающей среды мы включаем приток ПИИ, развитие финансового сектора экономики, активную интеграцию в мировое

пространство, развитую экологическую политику и использование альтернативных источников энергии.

Мы также определили несколько направлений реформирования государственной политики для поддержания состояния окружающей среды в странах БРИКС. Странам неформальной организации необходимо бросить усилия на формирование наиболее благоприятных условий для привлечения прямых иностранных инвестиций и развитие финансового сектора. Большая интеграция в мировое пространство также будет способствовать улучшению состояния окружающей среды. Ведение активной экологической политики и использование альтернативных источников энергии в равной мере выступают эффективными способами достижения углеродной нейтральности.

Исследование обладает рядом преимуществ: использует актуальные данные; интегрирует в эмпирическую модель наиболее полный список детерминант состояния окружающей среды стран БРИКС. Однако для работы свойственно ограничение – оценка эмпирической модели методом Дрискола–Края дает генерализированные результаты для всех стран БРИКС. Именно поэтому в качестве направлений для будущего исследования можно выделить следующие: включить в базу данных экономики, которые присоединились к организации в 2024 г. (Аргентина, Египет, Иран, ОАЭ, Саудовская Аравия и Эфиопия); использовать эконометрический метод, который позволит оценить эффекты экономической деятельности на состояние окружающей среды каждой экономики в отдельности – например, оценка может быть проведена с помощью метода средней группы общего коррелированного эффекта (Common Correlated Effect Mean Group, CCEMG) или подхода динамической средней группы общего коррелированного эффекта (Dynamic Common Correlated Effect Mean Group, DCCEMG).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Балыхин М., Шайлиева М., Цыпин А. Статистический анализ экономического развития стран БРИКС // Статистика и экономика. 2020. № 2 (17). С. 18–28. <https://doi.org/10.21686/2500-3925-2020-2-18-28>
2. Tian X., Sarkis J., Geng Y., Bleischwitz R., Qian Y., Xu L., Wu R. Examining the role of BRICS countries at the global economic and environmental resources nexus // Journal of Environmental Management. 2020. Vol. 262. No. 110330. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110330>
3. Chakravarty D., Mandal S. Estimating the relationship between economic growth and environmental quality for the economies – a dynamic panel data approach // The Journal of Developing Areas. 2016. No. 5. Pp. 119–130. <https://www.jstor.org/stable/26415567>
4. Panayotou T. Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development // Working Paper. 1993. No. WP238. <https://doi.org/10.1007/978-1-349-24245-02>

5. *Grossman G., Krueger A.* Environmental impact of a North American Free Trade Agreement // NBER Working paper. 1991. No. 3914. <https://doi.org/10.3386/w3914>.
6. *Cağlar A., Zafar M., Bekun F., Mert M.* Determinants of CO2 emissions in the BRICS economies: The role of partnerships investment in energy and economic complexity // Sustainable Energy Technologies and Assessments. 2022. Vol. 51. No. 101907. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101907>
7. *Tamazian A., Chousa J., Vadlamannati K.* Does higher economic and financial development lead to environmental degradation: Evidence from BRIC countries // Energy Policy. 2009. No. 1 (37). Pp. 246–253. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.08.025>
8. *Naseem S., Mohsin M., Zia-UR-Rehman M., Baig S., Sarfraz M.* The influence of energy consumption and economic growth on environmental degradation in BRICS countries: an application of the ARDL model and decoupling index // Environmental Science and Pollution Research. 2022. Vol. 29. Pp. 13042–13055. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16533-3>
9. *Ganda F.* The non-linear influence of trade, foreign direct investment, financial development, energy supply and human capital on carbon emissions in the BRICS // Environmental Science and Pollution Research. 2021. Vol. 28. Pp. 57825–57841. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14704-w>
10. *Aydin M., Turan Y.* The influence of financial openness, trade openness, and energy intensity on ecological footprint: revisiting the environmental Kuznets curve hypothesis for BRICS countries // Environmental Science and Pollution Research. 2020. Vol. 27. Pp. 43233–43245. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10238-9>
11. *Rafique M., Li Y., Larik A., Monaheng M.* The effects of FDI, technological innovation and financial development on CO2 emissions: evidence from the BRICS countries. *Environmental Science and Pollution Research*. 2020. Vol. 27. Pp. 23899–23912. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08715-2>
12. *Azevedo V., Sartori S., Campos L.* CO2 emissions: A quantitative analysis among the BRICS nations // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2018. Vol. 81. Pp. 107–115. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.07.027>
13. *Hussain M., Dogan E.* The role of institutional quality and environment-related technologies in environmental degradation for BRICS // Journal of Cleaner Production. 2021. Vol. 304. No. 127059. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127059>
14. *Li X., Ozturk I., Majeed M., Hafeez M., Ullah S.* Considering the asymmetric effect of financial deepening on environmental quality in BRICS economies: Policy options for the green economy // Journal of Cleaner Production. 2022. No. 10 (331). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129909>
15. *Hasan M., Wieloch J., Ali M., Zikovic S., Uddin G.* A new answer to the old question of the environmental Kuznets Curve (EKC). Does it work for BRICS countries? // Resources Policy. 2023. Vol. 87. No. 104332. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104332>
16. *Zhou X., Tang X., Zhang R.* Impact of green finance on economic development and environmental quality: a study based on provincial panel data from China // Environmental Science and Pollution Research. 2020. Vol. 27. Pp. 19915–19932. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08383-2>
17. *Chishti M., Sinha A.* Do the shocks in technological and financial innovation influence the environmental quality? Evidence from BRICS economies // Technology in Society. 2022. Vol. 68. No. 101828. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101828>

18. *Zakarya G., Mostefa B., Abbes S., Seghir G.* Factors affecting CO2 emissions in the BRICS countries: a panel data analysis // *Procedia Economics and Finance*. 2015. Vol. 26. Pp. 114–125. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)00890-4](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)00890-4)
19. *Мариуев О., Давидсон Н., Емельянова О.* Влияние урбанизации на выбросы углекислого газа в регионах России // *Journal of Applied Economic Research*. 2020. № 3 (19). С. 286–309. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2020.19.3.014>
20. *Rahman H. Zaman U., Górecki J.* The role of energy consumption, economic growth and globalization in environmental degradation: empirical evidence from the BRICS region // *Sustainability*. 2021. No. 4 (13). Pp. 1924–1944. <https://doi.org/10.3390/su13041924>
21. *Zameer H., Yasmeen H., Zafar M., Waheed A., Sinha A.* Analyzing the association between innovation, economic growth, and environment: divulging the importance of FDI and trade openness in India // *Environmental Science and Pollution Research*. 2020. Vol. 27. Pp. 29539–29553. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09112-5>
22. *Ojekemi O., Rjoub H., Awosusi A., Agyekum E.* Toward a sustainable environment and economic growth in BRICS economies: do innovation and globalization matter? // *Environmental Science and Pollution Research*. 2022. Vol. 29. Pp. 57740–57757. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19742-6>
23. *Мариуев О., Давидсон Н., Борзова И.* Моделирование влияния урбанизации на загрязнение атмосферы в Российских регионах // *Журнал экономической теории*. 2021. № 4 (18). С. 627–641. <https://doi.org/10.31063/2073-6517/2021.18-4.11>
24. *Pata U.* Linking renewable energy, globalization, agriculture, CO2 emissions and ecological footprint in BRICS countries: A sustainability perspective // *Renewable Energy*, 2021. Vol. 173. Pp. 197–208. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.03.125>
25. *Mahalik M., Mallick H., Padhan H.* Do educational levels influence the environmental quality? The role of renewable and non-renewable energy demand in selected BRICS countries with a new policy perspective // *Renewable Energy*. 2021. Vol. 164. Pp. 419–432. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.09.090>
26. *Ahmad M., Ahmed Z., Yang X., Hussain N., Sinha A.* Financial development and environmental degradation: Do human capital and institutional quality make a difference? // *Gondwana Research*. 2022. Vol. 105. Pp. 299–310. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2021.09.012>
27. *Shahbaz M., Nuta A., Mishra P., Ayad H.* The impact of informality and institutional quality on environmental footprint: The case of emerging economies in a comparative approach // *Journal of Management*. 2023. Vol. 348. No. 119325. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119325>
28. *Максимова А., Николаева Н., Салий С., Семина И.* Оценка влияния экономических и институциональных факторов на выбросы CO2 // *Научные исследования экономического факультета. Электронный журнал*. 2020. № 4 (12). С. 51–69.
29. *Dario C., Iacoviello M.* Measuring geopolitical risk // *American Economic Review*. 2022. No. 4 (112). Pp. 1194–1225. <https://doi.org/10.1257/aer.20191823>
30. *Pesaran M.* General diagnostic tests for cross-section dependence in panels // *Journal of Econometrics*. 2004. No. 7 (69). <https://doi.org/10.2139/ssrn.572504>
31. *Pesaran M.* A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence // *Journal of Applied Econometrics*. 2007. Vol. 22. Pp. 256–312. <https://doi.org/10.2139/ssrn.457280>

32. *Driscoll J., Kraay A.* Consistent covariance matrix estimation with spatially dependent panel data // *The Review of Economics and Statistics*. 1998. No. 4 (80). Pp. 549–560. <https://doi.org/10.1162/003465398557825>
33. *Мозиас П., Щербачева А.* Перспективы перехода стран БРИКС к модели устойчивого развития (на примере Бразилии и Китая) // *Россия и мир в XXI веке*. 2023. Т. 4. <https://doi.org/10.31249/rsm/2023.04.04>
34. *Курбацкий А., Шаклина Е.* Экономический рост и загрязнение окружающей среды в США и России: сравнительный пространственно-эконометрический анализ // *Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз*. 2022. № 2 (15). С. 92–107. <https://doi.org/10.15838/esc.2022.2.80.6>
35. *Григорьев Л., Макаров И., Соколова А., Павлюшина В., Степанов И.* Изменение климата и неравенство: потенциал для совместного решения проблем // *Вестник международных организаций*. 2020. № 1 (15). С. 7–30. <https://doi.org/10.17323/1996-7845-2020-01-01>
36. *Сухарев О.* Экономический рост и политика декарбонизации // *Проблемы рыночной экономики*. 2022. № 1. С. 43–57. <https://doi.org/10.33051/2500-2325-2022-1-43-57>
37. *Sohag K., Davidson N., Mariev O.* Revising environmental Kuznets curve in Russian regions: role of environmental policy stringency // *Environmental Science and Pollution Research*. 2021. No. 38 (38). <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14515-z>
38. *Tsvetkov P., Andreichyk, A., Kosarev O.* The impact of economic development of primary and secondary industries on national CO2 emissions: The case of Russian regions // *Journal of Environmental Management*. 2024. Vol. 351. No. 119881. <https://doi.org/110.1016/j.jenvman.2023.119881>
39. *Chen L., Gozgor G., Mahalik M., Pal S., Rather K.* How does geo-political risk affect CO<sub>2</sub> emissions? The role of natural resource rents // *Resources Policy*. 2023. Vol. 87. No. 104321. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104321>

## REFERENCES

1. *Balyhin M., Shajlieva M., Tsybin A.* Statistical analysis of the economic development of the BRICS countries // *Statistics and Economics*. 2020. No. 2 (17). Pp. 18–28. (In Russ.) <https://doi.org/10.21686/2500-3925-2020-2-18-28>
2. *Tian X., Sarkis J., Geng Y., Bleischwitz R., Qian Y., Xu L., Wu R.* Examining the role of BRICS countries at the global economic and environmental resources nexus // *Journal of Environmental Management*. 2020. Vol. 262. No 110330. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110330>
3. *Chakravarty D., Mandal S.* Estimating the relationship between economic growth and environmental quality for the economies – a dynamic panel data approach // *The Journal of Developing Areas*. 2016. No. 5 (50) Pp. 119–130. <https://www.jstor.org/stable/26415567>
4. *Panayotou T.* Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development // *Working Paper*. 1993. No. WP238. [https://doi.org/10.1007/978-1-349-24245-0\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-349-24245-0_2)
5. *Grossman G., Krueger A.* Environmental impact of a North American Free Trade Agreement // *NBER Working paper*. 1991. No. 3914. <https://doi.org/10.3386/w3914>
6. *Caglar A., Zafar M., Bekun F., Mert M.* Determinants of CO<sub>2</sub> emissions in the BRICS economies: The role of partnerships investment in energy and economic complexity //

- Sustainable Energy Technologies and Assessments. 2022. Vol. 51. No. 101907. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101907>
7. Tamazian A., Chousa J., Vadlamannati K. Does higher economic and financial development lead to environmental degradation: Evidence from BRIC countries // *Energy Policy*. 2009. No. 1 (37). Pp. 246–253. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.08.025>
  8. Naseem S., Mohsin M., Zia-UR-Rehman M., Baig S., Sarfraz M. The influence of energy consumption and economic growth on environmental degradation in BRICS countries: an application of the ARDL model and decoupling index // *Environmental Science and Pollution Research*. 2022. Vol. 29. Pp. 13042–13055. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16533-3>
  9. Ganda F. The non-linear influence of trade, foreign direct investment, financial development, energy supply and human capital on carbon emissions in the BRICS // *Environmental Science and Pollution Research*. 2021. Vol. 28. Pp. 57825–57841. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14704-w>
  10. Aydin M., Turan Y. The influence of financial openness, trade openness, and energy intensity on ecological footprint: revisiting the environmental Kuznets curve hypothesis for BRICS countries // *Environmental Science and Pollution Research*. 2020. Vol. 27. Pp. 43233–43245. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10238-9>
  11. Rafique M., Li Y., Larik A., Monaheng M. The effects of FDI, technological innovation, and financial development on CO2 emissions: evidence from the BRICS countries. *Environmental Science and Pollution Research*. 2020. Vol. 27. Pp. 23899–23912. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08715-2>
  12. Azevedo V., Sartori S., Campos L. CO2 emissions: A quantitative analysis among the BRICS nations // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018. Vol. 81. Pp. 107–115. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.07.027>
  13. Hussain M., Dogan E. The role of institutional quality and environment-related technologies in environmental degradation for BRICS // *Journal of Cleaner Production*. 2021. Vol. 304. No. 127059. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127059>
  14. Li X., Ozturk I., Majeed M., Hafeez M., Ullah S. Considering the asymmetric effect of financial deepening on environmental quality in BRICS economies: Policy options for the green economy // *Journal of Cleaner Production*. 2022. No. 10 (331). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129909>
  15. Hasan M., Wieloch J., Ali M., Zikovic S., Uddin G. A new answer to the old question of the environmental Kuznets Curve (EKC). Does it work for BRICS countries? // *Resources Policy*. 2023. Vol. 87. No. 104332. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104332>
  16. Zhou X., Tang X., Zhang R. Impact of green finance on economic development and environmental quality: a study based on provincial panel data from China // *Environmental Science and Pollution Research*. 2020. Vol. 27. Pp. 19915–19932. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08383-2>
  17. Chishti M., Sinha A. Do the shocks in technological and financial innovation influence the environmental quality? Evidence from BRICS economies // *Technology in Society*. 2022. Vol. 68. No. 101828. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101828>
  18. Zakarya G., Mostefa B., Abbas S., Seghir G. Factors affecting CO2 emissions in the BRICS countries: a panel data analysis // *Procedia Economics and Finance*. 2015. Vol. 26. Pp. 114–125. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)00890-4](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)00890-4)

19. *Mariev O., Davidson N., Emelyanova O.* The impact of urbanization on carbon dioxide emissions in Russian regions // *Journal of Applied Economic Research*. 2020. No. 3 (19). Pp. 286–309. (In Russ.) <https://doi.org/10.15826/vestnik.2020.19.3.014>
20. *Rahman H., Zaman U., Górecki J.* The role of energy consumption, economic growth and globalization in environmental degradation: empirical evidence from the BRICS region // *Sustainability*. 2021. No. 4 (13). Pp. 1924–1944. <https://doi.org/10.3390/su13041924>
21. *Zameer H., Yasmeen H., Zafar M., Waheed A., Sinha A.* Analyzing the association between innovation, economic growth, and environment: divulging the importance of FDI and trade openness in India // *Environmental Science and Pollution Research*. 2020. Vol. 27. Pp. 29539–29553. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09112-5>
22. *Ojekemi O., Rjoub H., Awosusi A., Agyekum E.* Toward a sustainable environment and economic growth in BRICS economies: do innovation and globalization matter? // *Environmental Science and Pollution Research*. 2022. Vol. 29. Pp. 57740–57757. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19742-6>
23. *Mariev O., Davidson N., Borzova I.* Modeling the impact of urbanization on air pollution in Russian regions // *Journal of Economic Theory*. 2021. No. 4 (18). Pp. 627–641. (In Russ.) <https://doi.org/10.31063/2073-6517/2021.18-4.11>
24. *Pata U.* Linking renewable energy, globalization, agriculture, CO2 emissions and ecological footprint in BRIC countries: A sustainability perspective // *Renewable Energy*, 2021. Vol. 173. Pp. 197–208. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.03.125>
25. *Mahalik M., Mallick H., Padhan H.* Do educational levels influence the environmental quality? The role of renewable and non-renewable energy demand in selected BRICS countries with a new policy perspective // *Renewable Energy*. 2021. Vol. 164. Pp. 419–432. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.09.090>
26. *Ahmad M., Ahmed Z., Yang X., Hussain N., Sinha A.* Financial development and environmental degradation: Do human capital and institutional quality make a difference? // *Gondwana Research*. 2022. Vol. 105. Pp. 299–310. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2021.09.012>
27. *Shahbaz M., Nuta A., Mishra P., Ayad H.* The impact of informality and institutional quality on environmental footprint: The case of emerging economies in a comparative approach // *Journal of Environmental Management*. 2023. Vol. 348. No. 119325. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119325>
28. *Maksimova A., Nikolaeva N., Saliy S., Semina I.* Assessing the influence of economic and institutional factors on CO2 emissions // *Scientific research of the Faculty of Economics. Electronic journal*. 2020. No 4 (12). Pp. 51–69. (In Russ.)
29. *Dario C., Iacoviello M.* Measuring geopolitical risk // *American Economic Review*, 2022. No. 4 (112). Pp. 1194–1225. <https://doi.org/10.1257/aer.20191823>
30. *Pesaran M.* General diagnostic tests for cross-section dependence in panels // *Journal of Econometrics*. 2004. No. 7 (69). <https://doi.org/10.2139/ssrn.572504>
31. *Pesaran M.* A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence // *Journal of Applied Econometrics*. 2007. Vol. 22. Pp. 256–312. <https://doi.org/10.2139/ssrn.457280>
32. *Driscoll J., Kraay A.* Consistent covariance matrix estimation with spatially dependent panel data // *The Review of Economics and Statistics*. 1998. No. 4 (80). Pp. 549–560. <https://doi.org/10.1162/003465398557825>

33. *Moziias P., Shcherbakova A.* Prospects for the transition of the BRICS countries to a model of sustainable development (on the example of Brazil and China) // Russia and the world in the 21st century. 2023. Vol. 4. (In Russ.) <https://doi.org/10.31249/rsm/2023.04.04>.
34. *Kurbatskiy A., Shakleina E.* Economic growth and environmental pollution in the USA and Russia: Comparative spatial-econometric analysis. Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast. 2022. No. 2 (15). Pp. 92–107. (In Russ.) <https://doi.org/10.15838/esc.2022.2.80.6>. (In Russ.)
35. *Grigoriev L., Makarov I., Sokolova A., Pavlyushina V., Stepanov I.* Climate change and inequality: potential for joint problem solving // Bulletin of International Organizations. 2020. No. 1 (15). Pp. 7–30. (In Russ.) <https://doi.org/10.17323/1996-7845-2020-01-01>.
36. *Sukharev O.* Economic growth and decarbonization policy // Problems of market economy. 2022. No. 1. Pp. 43–57. (In Russ.) <https://doi.org/10.33051/2500-2325-2022-1-43-57>.
37. *Sohag K., Davidson N., Mariev O.* Revising environmental Kuznets curve in Russian regions: role of environmental policy stringency. Environmental Science and Pollution Research. 2021. No. 38 (28). <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14515-z>
38. *Tsvetkov P., Andreichyk, A., Kosarev O.* The impact of economic development of primary and secondary industries on national CO<sub>2</sub> emissions: The case of Russian regions // Journal of Environmental Management. 2024. Vol. 351. No. 119881. <https://doi.org/110.1016/j.jenvman.2023.119881>
39. *Chen L., Gozgor G., Mahalik M., Pal S., Rather K.* How does geopolitical risk affect CO<sub>2</sub> emissions? The role of natural resource rents // Resources Policy. 2023. Vol. 87. No. 104321. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104321>

Дата поступления рукописи: 22.01.2024 г.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

**Соколова Юлия Дмитриевна** – инженер-исследователь Лаборатории экономической политики и природных ресурсов Института экономики и управления, ассистент и аспирант Кафедры экономики Института экономики и управления Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия  
ORCID: 0000-0002-5991-3061  
[yu.sokolova1999@gmail.com](mailto:yu.sokolova1999@gmail.com), [iu.d.sokolova@urfu.ru](mailto:iu.d.sokolova@urfu.ru)

#### ABOUT THE AUTHOR

**Yulia D. Sokolova** – research engineer at the Laboratory of the Natural Resources Policy at the Graduate School of Economics and Management, assistant and postgraduate student at the Department of Economics at the Graduate School of Economics and Management, Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia  
ORCID: 0000-0002-5991-3061  
[yu.sokolova1999@gmail.com](mailto:yu.sokolova1999@gmail.com), [iu.d.sokolova@urfu.ru](mailto:iu.d.sokolova@urfu.ru)

THE IMPACT OF ECONOMIC ACTIVITY ON THE ENVIRONMENT:  
EMPIRICAL EVIDENCE FROM BRICS COUNTRIES

The research is devoted to the nexus between economic development and environmental pollution in the BRICS countries. Within the framework of the study, the hypothesis of the Kuznets environmental curve was not verified, but Russia and China have the greatest potential to reach the income level where economic growth is able to "take care" of the environment. Applying the advanced econometric method of Driscoll–Kraay panel data analysis, we found that GDP per capita growth, industrialization and urbanization are the factors most responsible for environmental degradation in the BRICS countries, while the inflow of foreign direct investment, developed financial sector, active integration into the global space, environmental policy and the use of alternative energy sources contribute to environmental improvement. As for the policy implications, the BRICS countries should direct their efforts to create the most favourable conditions for FDI, deepen the financial sector, intensify environmental policy and develop the alternative energy sector.

**Keywords:** *BRICS, economic growth, environment, environmental Kuznets curve, Driscoll–Kraay.*

**JEL:** O44, Q56, R11.