

Научная статья

Original article

УДК 504.3:338.22(510+470)

doi: 10.55186/2413046X_2025_10_5_145

**УГЛЕРОДНЫЙ СЛЕД И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ:
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ КИТАЯ И РОССИИ
CARBON FOOTPRINT AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT:
COMPARATIVE ANALYSIS OF CHINESE AND RUSSIAN DATA**



Лу Ици, аспирант кафедры менеджмента и управления сельскохозяйственным производством, ФГБОУ ВО Государственный университет по землеустройству, Москва, SPIN-код: 2719-2569, ORCID 0009-0004-9162-1212, E-mail: lyq19960914@gmail.com

Нилиповский Василий Иванович, к.э.н., профессор кафедры менеджмента и управления сельскохозяйственным производством, ФГБОУ ВО Государственный университет по землеустройству, Москва, SPIN-код: 8972-2866, ORCID 0000-0003-4749-5701, E-mail: v_i_n2000@mail.ru

Lu Yiqi, Postgraduate Student of the Department of Management and Management of Agricultural Production, FSBEI HE State University of Land Use Planning, Moscow, SPIN: 2719-2569, ORCID 0009-0004-9162-1212, E-mail: lyq19960914@gmail.com

Nilipovskiy Vasily Ivanovich, Candidate of Economics, Professor of the Department of Management and Agricultural Production Management, FSBEI HE State University of Land Use Planning, Moscow, SPIN: 8972-2866, ORCID 0000-0003-4749-5701, E-mail: v_i_n2000@mail.ru

Аннотация. В контексте глобальных климатических изменений и перехода к низкоуглеродной экономике исследование углеродного следа и его влияния

на устойчивое развитие приобретает особую актуальность. В данной работе по трем компонентам Индекса счастливой планеты - НРІ (углеродный след, ожидаемая продолжительность жизни, благополучие) показано их взаимосвязь с устойчивым развитием, определена зависимость НРІ от углеродного следа, проведена группировка стран мира по величине углеродного следа, рассчитаны показатели стран с наименьшим и наибольшим углеродным следом. Проводится сравнительный анализ карбонового следа Китая и России – двух крупнейших эмитентов парниковых газов, обладающих разными экономическими структурами, энергетическими балансами и стратегиями декарбонизации.

Цель исследования - оценить динамику выбросов CO₂, выявить ключевые источники эмиссии в обеих странах и проанализировать их политику в контексте целей устойчивого развития (ЦУР ООН). Результаты исследования показывают, что Китай, оставаясь мировым лидером по объему выбросов, активно инвестирует в ВИЭ, но сохраняет зависимость от угля, а Россия, обладая меньшими абсолютными выбросами, демонстрирует высокую углеродоемкость ВВП из-за доминирования ископаемого топлива и слабой диверсификации экономики.

Выводы подчеркивают необходимость адаптации климатических стратегий с учетом национальных особенностей, а также важность международного сотрудничества для достижения глобальных целей Парижского соглашения. Статья может быть интересна для исследователей и специалистов, занимающихся вопросами разработки будущих стратегий, направленных на снижение экологического следа при сохранении качества жизни, борьбу с неравенством и повышение социальной справедливости, переход к зеленой экономике и циркулярным моделям производства. Отдельные результаты исследования могут быть использованы для обоснования государственных реформ в области экологии, здравоохранения, образования и социальной политики, оценки корпоративной устойчивости

(ESG-принципы), разработка новых индикаторов социально-экономического роста и др.

Abstract. In the context of global climate change and the transition to a low-carbon economy, the study of the carbon footprint and its impact on sustainable development is becoming particularly relevant. In this work, the three components of the Happy Planet Index - HPI (carbon footprint, life expectancy, well-being) show their relationship with sustainable development, determine the dependence of HPI on the carbon footprint, group the countries of the world by the size of the carbon footprint, calculate the indicators of countries with the smallest and largest carbon footprint. A comparative analysis of the carbon footprint of China and Russia, the two largest emitters of greenhouse gases with different economic structures, energy balances and decarbonization strategies, is carried out.

The purpose of the study is to assess the dynamics of CO₂ emissions, identify key sources of emissions in both countries and analyze their policies in the context of the Sustainable Development Goals (SDGs). The results of the study show that China, remaining the world leader in terms of emissions, is actively investing in renewable energy, but remains dependent on coal, while Russia, with lower absolute emissions, demonstrates a high carbon intensity of GDP due to the dominance of fossil fuels and weak economic diversification.

The findings highlight the need to adapt climate strategies to national specificities, as well as the importance of international cooperation to achieve the global goals of the Paris Agreement. The article may be of interest to researchers and specialists involved in the development of future strategies aimed at reducing the ecological footprint while maintaining the quality of life, combating inequality and increasing social justice, the transition to a green economy and circular production models. Individual research results can be used to justify government reforms in the field of ecology, health, education and social policy, corporate sustainability assessment (ESG principles), development of new indicators of socio-economic growth, etc.

Ключевые слова: углеродный след, углеродный фактор, устойчивое развитие, экономический рост, экологическая устойчивость, декарбонизация, Китай, Россия, СНГ, энергетический рынок

Keywords: carbon footprint, carbon factor, sustainable development, economic growth, environmental sustainability, decarbonization, China, Russia, CIS, energy market

Оценка эффективности развития стран и регионов с точки зрения не только экономического роста, но и благополучия людей и экологической устойчивости, возможна на основе исследования Индекса счастливой планеты (НПИ) и модели устойчивого развития "экономика–общество–природа".

Комплексный анализ устойчивого развития помогает понять взаимосвязь между экономическим ростом, социальным благополучием и экологической стабильностью, показывает дисбалансы, когда экономический рост достигается за счет деградации природы или роста неравенства, помогает оценить жизнеспособность и перспективность текущей модели, позволяет разработать сбалансированную стратегию развития, учитывающую все три аспекта устойчивости [1-6].

НПИ демонстрирует ограниченность ВВП как меры прогресса, показывает уровень эффективности государственного управления посредством обеспечения счастья граждан без чрезмерного давления на природу, позволяет выявить страны и регионы с высоким качеством жизни и минимальным экологическим ущербом.

Индекс счастливой планеты (НПИ) и модель устойчивого развития (экономика–общество–природа) тесно связаны через три ключевых компонента НПИ: углеродный след, ожидаемая продолжительность жизни и благополучие (рисунок 1). Как они соотносятся с тремя измерениями устойчивости показано ниже.

1. Углеродный след ↔ Природа (экологическая устойчивость). Здесь прослеживается следующая связь: углеродный след отражает давление на природные системы и чем он ниже, тем меньше антропогенное воздействие на климат и биоразнообразие. НРІ поощряет декарбонизацию, что соответствует цели экологической устойчивости (например, переход на ВИЭ, циркулярную экономику). Так, страны с низким НРІ (высоким углеродным следом, как США) истощают природный капитал, нарушая баланс модели устойчивого развития.
2. Ожидаемая продолжительность жизни ↔ Общество (социальная устойчивость). Связь заключается в том, продолжительность жизни зависит от доступа к медицине, чистой воде, питанию - ключевых социальных благ. НРІ акцентирует качество жизни, что перекликается с социальной справедливостью и ЦУР ООН (например, ЦУР 3 «Здоровье»).
3. Благополучие (субъективное) ↔ Экономика (экономическая устойчивость). Очевидная связь в том, что благополучие измеряет удовлетворенность жизнью, которая зависит не только от ВВП, но и от равенства, стабильности, работы.

В целом интеграция в модель устойчивого развития осуществляется следующим образом. НРІ переосмысливает прогресс, ставя во главу угла баланс между экономикой (через благополучие, а не только ВВП), обществом (через здоровье и равенство) и природой (через снижение углеродного следа). Однако здесь могут возникнуть разного рода конфликты. Например, рост ВВП часто увеличивает углеродный след, а социальные программы требуют экономических ресурсов, но могут снижать экологическую нагрузку (например, общественный транспорт) и др.



Рисунок 1. Модель устойчивого развития и три компонента НРІ

На практике есть разные примеры философско-экономического отношения к проблеме планетарного счастья. С критикой традиционной экономики роста и поддержку концепции НРІ выступают в ряде стран и регионов, одновременно предлагаются альтернативные инструменты и институты. Например, в Королевстве Бутан вместо ВВП используется «валовое национальное счастье», в котором учитывается множество факторов - от психологического благополучия до использования времени. Такая метрика имеет приоритет над измерением материального богатства и основана на четырех группах показателей: 1) устойчивое и равноправное социально-экономическое развитие; 2) защита и продвижение культурных ценностей; 3) сохранение окружающей среды; 4) хорошее правительство. В поисках сочетания высокого благополучия с зелёной экономикой и демонстрацией устойчивой модели роста, в разных странах и в разное время были созданы такие институты как министерство счастья и толерантности (Объединенные Арабские Эмираты), министерство высшего общественного счастья (Венесуэла), министерство счастья штата Мадхья-Прадеш (Индия) [7].

В работе исследована зависимость НРІ от углеродного следа (рисунок 2).

С целью изучения зависимости НРІ (Y) от углеродного следа (X) в 147 странах мира вначале применялась парная линейная регрессия. Методом наименьших квадратов были оценены её параметры: $y = -0.13 \cdot x + 37.996$. Параметры модели позволяют экономически интерпретировать полученное уравнение регрессии следующим образом: увеличение углеродного следа на одну эквивалентную тонну CO₂ приводит к уменьшению НРІ в среднем на 0,13 единиц измерения. Линейный коэффициент корреляции равен -0,0869, следовательно, связь между признаком Y и фактором X слабая и обратная. Отдельно были изучены зависимость НРІ от углеродного следа на основе статистических данных Китая и России. В результате были получены следующие показатели: коэффициент корреляции (r) равен 0,276 (для Китая) и 0,454 (для России); связь между исследуемыми признаками – прямая для обеих стран; теснота (сила) связи по шкале Чеддока – слабая (для Китая) и умеренная (для России). Таким образом, проведенное экономико-статистическое исследование в целом указывает на карбоновом следе как важном компоненте НРІ, однако для окончательного подтверждения гипотезы проведен также многофакторный анализ.

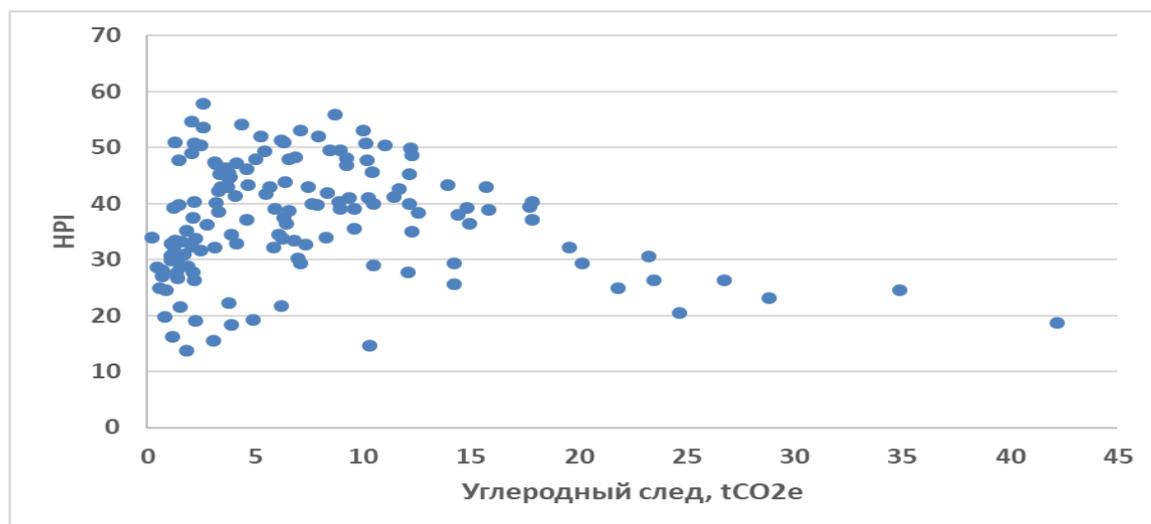


Рисунок 2. Зависимость НРІ от углеродного следа в 147 странах мира*

* Источник: составлено авторами на основе данных [8]

В результате расчетов нами было получено уравнение множественной регрессии: $Y = -39,1791 + 0,7107X_1 + 6,2833X_2 - 1,2553X_3$. Возможно экономически интерпретировать параметры модели следующим образом: увеличение ожидаемой продолжительности жизни (X_1) на один год приводит к увеличению НРІ (Y) в среднем на 0,711 единиц измерения; увеличение благополучия (X_2) на балл по максимальной 10-бальной шкале приводит к увеличению Y в среднем на 6,283 единиц измерения; а вот увеличение углеродного следа (X_3) на одну эквивалентную тонну CO_2 приводит к уменьшению Y в среднем на 1,255 единиц измерения.

Группировка стран мира по величине углеродного следа (на основе последних данных за 2021 год) указывает на наличие большой разбросанности в совокупности из 147 стран мира - минимальный и максимальный углеродный след равнялся соответственно 0,2 и 42,2 эквивалентных тонн CO_2 (таблица 1).

Таблица 1. Группировка стран мира по величине углеродного следа, 2021 год*

Наименование группы	Интервал по величине углеродного следа	Количество стран	Среднее значение показателя по группе			
			Углеродный след, т CO_2 -экв.	Ожидаемая продолжительность жизни, лет	Благополучие, (0-10)	НРІ
I.Низкоуглеродный след	0,2-7,0	89 (60,5%)	3,2	68,0	4,8	36,7
II.Среднеуглеродный след	7,1-15,0	43 (29,3%)	10,4	77,3	6,3	41,0
III.Высокоуглеродный след	15,1- 42,2	15 (10,2%)	23,4	80,1	6,6	30,4
Итого		147 (100%)	7,4	72,0	5,4	37,3

* Источник: составлено авторами на основе данных [8]

Низкоуглеродный след отмечается в 89 странах, что составляет более 60%, и экономики этих стран условно можно было бы отнести к низкоуглеродным. Среднеуглеродный и высокоуглеродный след характерен для 58 стран (менее 40%), из чего можно было бы сделать вывод о достижении относительно благополучной экологической ситуации в

большинстве стран мира. Однако, среднее значение показателей по каждой из 3 групп ставят такой вывод под сомнение. Так, группа стран с высокоуглеродным следом по сравнению с группой стран с низкоуглеродным следом имеет намного лучшие показатели по ожидаемой продолжительности жизни и благополучию, хотя показатель НРІ более низкий. А вот группа стран со среднеуглеродным следом имеет самый высокий НРІ и также хорошие показатели по ожидаемой продолжительности жизни и благополучию. Следовательно, переход к низкоуглеродной экономике должен осуществляться с учетом решения всего комплекса экономических, социальных и экологических вопросов и не в ущерб какому-либо из трех основных направлений устойчивого развития.

В таблице 2 сравниваются десять стран с наименьшим и наибольшим углеродным следом. Средние показатели для стран с наименьшим углеродным следом (0,76 tCO₂e) выглядят следующим образом: ожидаемая продолжительность жизни - 62,2 лет; благополучие - 3,8 балла; значение НРІ - 27,8; те же самые показатели для стран с наибольшим углеродным следом (26,6 tCO₂e) в порядке их предыдущего перечисления: 78,6 лет; 6,4 балла; НРІ - 25,7. Эфиопия как страна с наименьшим углеродным следом (0,20 tCO₂e) занимает 89 место в мировом рейтинге НРІ, а Катару с наивысшим углеродным следом (42,20 tCO₂e) там отводится 142 место, в то время как в Эфиопии по сравнению с Катаром меньше на 14,3 года ожидаемая продолжительность жизни и ниже на 2,4 пункта благополучие (по 10-бальной шкале). Возможно, это стало следствием составления мирового рейтинга с учетом превалирования «углеродного следа» как базового экологического индикатора над другими компонентами НРІ, одновременно это указывает и на необходимость совершенствования самой методики расчета.

Таблица 2. Показатели ТОП-10 стран с наименьшим и наибольшим углеродным следом, 2021 год*

№	Страна	Углеродный	Ожидаемая	Благополучие	Значение	Место в
---	--------	------------	-----------	--------------	----------	---------

п/п		след, tCO _{2e} (эквивалентных тонн CO ₂)	продолжи- тельность жизни, лет	(по 10-бальной шкале)	НPI	мировом рейтинге
Страны с наименьшим углеродным следом						
1.	Эфиопия	0,20	65	4,1	34,0	89
2.	Либерия	0,48	60,7	4,1	28,6	119
3.	ДР Конго	0,57	59,2	3,8	24,9	130
4.	Малави	0,69	62,9	3,6	27,0	124
5.	Руанда	0,70	66,1	3,4	28,1	120
6.	Зимбабве	0,82	59,3	3,2	19,7	139
7.	Сьерра-Леоне	0,89	60,1	3,7	24,6	133
8.	Уганда	1,08	62,7	4,2	30,7	106
9.	Мадагаскар	1,08	64,5	3,9	29,8	111
10.	Нигер	1,11	61,6	4,4	30,6	108
Страны с наибольшим углеродным следом						
1.	Катар	42,20	79,3	6,5	18,8	142
2.	Люксембург	34,91	82,6	7,1	24,6	132
3.	Кувейт	28,84	78,7	6,2	23,2	134
4.	ОАЭ	26,78	78,7	6,7	26,4	126
5.	Монголия	24,67	71	5,7	20,4	138
6.	Гонконг	23,50	85,5	5,3	26,3	128
7.	Сингапур	23,24	82,8	6,6	30,5	109
8.	Тринидад и Тобаго	21,81	73	6,2	24,9	131
9.	Саудовская Аравия	20,16	76,9	6,4	29,3	114
10.	США	19,59	77,2	7	32,1	102

* Источник: составлено авторами на основе данных [8]

Китай и Россия в мировом рейтинге НPI оказались в одной группе, характеризующейся среднеуглеродным следом. За 16-летний период менялась динамика показателей и места наших стран в мировом рейтинге НPI. В 2006 году углеродный след Китая и России составил соответственно 4,69 и 11,33 в эквивалентных тоннах CO₂. К 2021 году углеродный след Китая вырос в 1,8 раза до 8,38 tCO_{2e}, но все же оказался на 44,3% ниже показателя России, достигшим к этому времени значения в 12,09 tCO_{2e}. Ожидаемая продолжительность жизни в Китае за анализируемый период неуклонно росла - с 74,5 лет в 2006 году до 78,2 лет в 2021 году, а вот Россия имеет менее заметный рост этого показателя. Примечательно изменение такого показателя как «Благополучие»: в 2006 году Россия имела лучшие данные по сравнению с Китаем, однако в 2021 году уже Китай несколько опережает Россию. Все эти обстоятельства позволили Китаю улучшить показатель НPI

и занять более высокое место в мировом рейтинге, хотя, как ранее уже отметили, такое ранжирование стран не является достаточно совершенным инструментом измерения общей ситуации в мире.

Таблица 3. Китай и Россия: динамика показателей и место в мировом рейтинге НРІ*

Год	Углеродный след, tCO ₂ e (эквивалентных тонн CO ₂)		Ожидаемая продолжительность жизни, лет		Благополучие (по 10-балльной шкале)		Показатель НРІ		Место в мировом рейтинге	
	Китай	Россия	Китай	Россия	Китай	Россия	Китай	Россия	Китай	Россия
2006	4,69	11,33	74,5	67,3	4,6	5,0	38,1	25,6	34	64
2007	5,03	11,90	74,8	68,2	4,9	5,2	39,9	26,9	48	91
2008	5,44	12,16	74,9	68,5	4,8	5,6	38,9	28,8	42	89
2009	6,09	11,49	75,3	69,2	4,5	5,2	35,1	27,5	70	97
2010	6,55	12,00	75,6	69,4	4,7	5,4	35,9	28,2	70	100
2011	7,15	12,67	75,9	70,4	5,0	5,4	37,6	28,1	64	109
2012	7,42	13,09	76,2	70,8	5,1	5,6	37,7	29,0	66	106
2013	7,57	12,82	76,5	71,3	5,2	5,5	38,5	29,2	66	104
2014	7,57	12,66	76,7	71,6	5,2	6,0	38,3	32,0	73	100
2015	7,60	12,20	77,0	72,1	5,3	6,0	39,1	32,6	67	94
2016	7,60	12,46	77,2	72,7	5,3	5,9	39,4	31,9	64	96
2017	7,71	12,65	77,2	73,4	5,1	5,6	37,6	30,7	76	109
2018	7,89	12,37	77,7	73,5	5,1	5,5	37,8	30,7	79	113
2019	8,02	12,27	78,0	73,9	5,1	5,4	37,8	30,7	73	113
2020	8,06	11,40	78,1	71,3	5,8	5,5	41,9	30,1	56	116
2021	8,38	12,09	78,2	69,4	5,9	5,4	41,9	27,8	51	122

* Источник: составлено авторами на основе данных [8]

Статистические данные показывают, что Китай и Россия, а также США, Индия, Бразилия и Европейский Союз (27 стран) были крупнейшими в мире источниками выбросов парниковых газов в 2023 году. На их долю в совокупности приходилось 49,8% мирового населения, 63,2% мирового валового внутреннего продукта, 64,2% мирового потребления ископаемого топлива и 62,7% мировых выбросов парниковых газов [9]. В целом с начала XXI века глобальные выбросы парниковых газов неуклонно росли, за двумя исключениями, когда в 2009 произошел глобальный финансовый кризис, а в 2020 году из-за COVID-19.

Сжигание ископаемого топлива является основным источником увеличения выбросов CO₂. С этой точки зрения анализ развития энергетических рынков Китая и России представляет особый интерес

(таблица 3). На протяжении анализируемого периода (2000-2023 гг.) энергетические рынки Китая и России развивались по-разному. Китай нарастил общее количество энергии в сфере производства в 3,3 раза и потребления – в 4,1 раза, а образовавшийся дефицит покрывал за счет импорта, увеличивающегося с 40 до 983 млн. тнэ. Энергетический рынок России развивался не столь стремительными темпами: производство энергии возросло почти в 1,5 раза с 982 млн. тнэ в 2000 г. до 1428 млн. тнэ в 2023 г., а потребление увеличилось более чем в 1,3 раза и достигло 838 млн. тнэ. Образовавшийся профицит энергии Россия ежегодно экспортировала, при этом если в 2000 г. реализуемый объем составлял 351 млн. тнэ, то на конец 2023 г. - уже 582 млн. тнэ, несмотря на некоторое снижение темпов продаж из-за жестких экономических санкций со стороны США и других недружественных стран.

В разрезе основных сегментов энергетические рынки Китая и России развивались с учетом ранее отмеченных тенденций. Так, если рассматривать начало и конец анализируемого периода, то в отношении угля и бурого угля рост производства в Китае составил 362,2%, а рост потребления - 383,2%, импорт достиг 463,2 млн. тонн или 9,8% к уровню производства 2023 г. Россия, за счет наращивания производства угля и бурого угля в 1,8 раза и его потребления всего лишь в 1,1 раза, смогла существенно увеличить экспорт данной группы товаров до 169,7 млн. тонн или на 39,6% от объема производства 2023 г. Что касается сырой нефти, то складывается следующая ситуация: Китай ежегодно производит до 200 млн. тонн, при этом в 2000 г. было импортировано 60,0 млн. тонн, а в 2023 г. – уже 562,5 млн. тонн или в 9,4 раза больше. В России производство сырой нефти, начиная с 2010 г. ежегодно превышает 500 млн. тонн из которого почти половина экспортируется. Сегмент «Нефтепродукты» на энергетическом рынке Китая обеспечивает, прежде всего, внутренний спрос, создавая при этом определенные предпосылки для продажи готовой продукции на внешних

рынках. Так, если в 2000 г. соотношение производства и потребления равнялась 0,93, то в 2023 г. – 1,28. Россия при среднегодовом производстве более 270 млн. тонн нефтепродуктов эскортирует примерно 120 млн. тонн; за 2000-2023 гг. соотношение производства и потребления было 1,78, что указывает за неиспользуемый рыночный потенциал.

Таблица 4. Развитие энергетических рынков Китая и России, 2000-2023 гг.*

Показатели	Годы	Китай			Россия		
		Производство	Потребление	Импорт, (экспорт (-))	Производство	Потребление	Импорт, (экспорт (-))
Общее количество энергии, млн. тнэ	2000	955	996	40	982	622	-351
	2010	2247	2563	355	1288	695	-581
	2020	2786	3500	814	1444	759	-679
	2023	3190	4060	983	1428	838	-582
Уголь и бурый уголь, млн. тонн	2000	1299	1303	-68,1	242	232	-14,3
	2010	3428	3481	160,7	300	212	-109,4
	2020	3902	4072	299,9	404	225	-190,7
	2023	4705	4993	463,2	429	258	-169,7
Сырая нефть, млн. тонн	2000	163	х	60,0	322	х	-138,5
	2010	203	х	234,7	504	х	-245,9
	2020	195	х	540,4	521	х	-245,6
	2023	209	х	562,5	535	х	-250,6
Нефтепродукты, млн. тонн	2000	192	205	19,5	177	119	-53,3
	2010	441	404	26,1	246	127	-110,6
	2020	808	612	-2,8	281	150	-122,5
	2023	916	713	40,9	287	161	-120,6
Природный газ, млрд. куб.м	2000	34	31	-2,5	576	394	-178,8
	2010	95	107	12,2	661	469	-184,5
	2020	224	362	138,1	726	493	-231,2
	2023	272	436	163,2	669	526	-123,8

* Источник: составлено авторами на основе данных [9,10]

Природный газ является одним из наиболее экологически чистым энергетическим ресурсом, поэтому как Китай, так и Россия, активно развивают это направление. Несмотря на то, что в 2000 г. Китай производил только 34 млрд. куб.м природного газа (и примерно столько же потреблял), к 2023 г. обеспечил внутреннее потребление до 436 млрд. куб.м как результат производства 272 млрд. куб.м и импорта 163,2 млрд. куб.м. На энергетическом рынке России газовый сектор традиционно занимает особое

место: за 2000-2023 гг. производство в среднем составило около 660 млрд. куб.м, а вот потребление за этот период выросло с 394 до 526 млрд. куб.м (более чем на 1/3), что стало возможным благодаря переориентации на потребности внутреннего рынка и переходу к экономике замкнутого цикла, включая использование более эффективных технологий для решения проблем климатической повестки.

Рассматривая углеродный след, нельзя обойти стороной углеродный фактор в целом. В литературе эти понятия являются близкими и взаимосвязанными, но, тем не менее, разными по сути. Так, под углеродным следом понимается совокупность всех выбросов парниковых газов, произведённых прямо и косвенно отдельным человеком, организацией, мероприятием или продуктом. Углеродный фактор является более общим понятием и может включать и другие аспекты, связанные с углеродом, такие как углеродоёмкость продукции (или процессов производства) и др. Следовательно, углеродный след позволяет анализировать конкретный объём выбросов парниковых газов, а углеродный фактор подразумевает также рассмотрение других аспектов, связанных с углеродом и его влиянием на окружающую среду. Исходя из этого положения далее сфокусируемся на углеродном факторе.

По данным на конец 2023 года глобальный углеродный фактор остается в целом стабильным, снизившись всего на 0,5% по сравнению с предыдущим годом (или всего на -1,8% по сравнению с 2010 годом), что еще больше отдаляет нас от сценария с температурой 2°C, который потребовал бы гораздо более быстрого сокращения выбросов (более 3% в год) [10]. Международные мониторинговые службы указывают, что углеродный фактор в России остался на прежнем уровне, а в Китае снизился (-1,3%, быстрее, чем в последние годы), тем не менее оставаясь одним из самых значимых в мире. На рисунке 3 показана динамика выбросов CO₂ при сжигании топлива в Китае, России и странах СНГ. Если в 1990 г. Китай и

Россия имели примерно одинаковый уровень, то за 23-летний период Китай увеличил этот показатель в 5,2 раза, приблизившись к отметке в 12 млрд. тонн CO₂, при том что Россия даже несколько снизила этот показатель до уровня 1,9 млрд. тонн CO₂ (еще большее снижение произошло в странах СНГ - с 3,6 до 2,6 млрд. тонн CO₂ или на 27%). Устойчивое развитие экономики КНР, являющейся в настоящее время одной из самых крупных и движущейся в направлении стать первой в мире в самом обозримом будущем, требует значительных энергетических ресурсов, что объясняет столь резкую положительную динамику выбросов CO₂ при сжигании топлива.

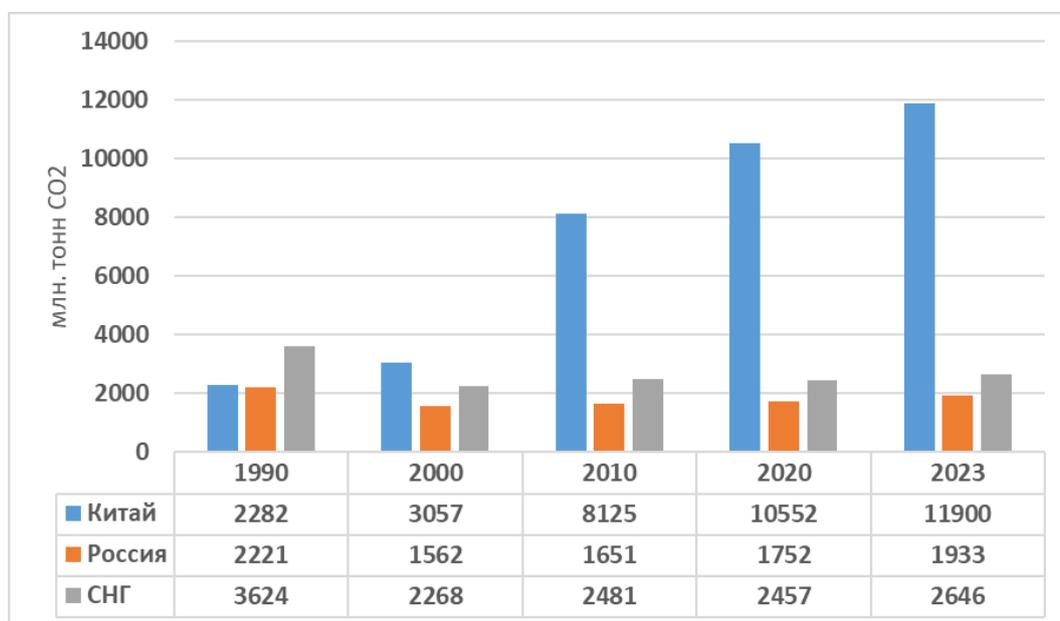


Рисунок 3. Динамика выбросов CO₂ при сжигании топлива в Китае, России и СНГ (млн. тонн CO₂)*

* Источник: составлено авторами на основе данных [9,10]

Снижение энергопотребления, сокращение выработки электроэнергии на угольных электростанциях и рост выработки электроэнергии на возобновляемых источниках (в том числе за счёт увеличения выработки гидроэлектроэнергии и атомной энергии) способствует снижению углеродного фактора. На рисунке 4 показан удельный вес электроэнергии в общем конечном энергопотреблении. В 2023 г. этот показатель для Китая

составил 29,7%, для России – 13,3%, а стран СНГ – 14,0%. По сравнению с 2000 г. Китай улучшил свой показатель почти в 2,2 раза (на 15,9 п.п.), в то время как в России и странах СНГ в целом, доля электроэнергии в общем конечном энергопотреблении за анализируемый период изменилась незначительно.

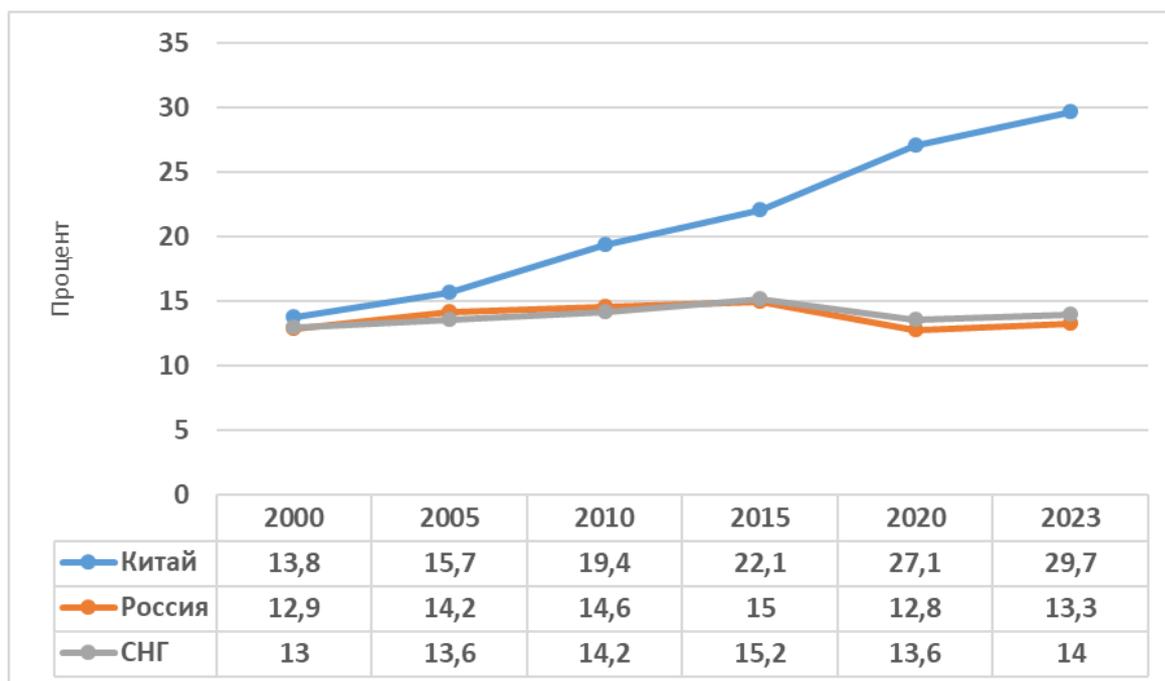


Рисунок 4. Доля электроэнергии в общем конечном энергопотреблении Китая, России и СНГ (%)*

* Источник: составлено авторами на основе данных [9,10]

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) при производстве электроэнергии имеют как экологическую, так и экономическую ценность использования. Экологические преимущества возобновляемой энергии, помимо помощи в сохранении природных богатств планеты, включают уменьшение выбросов парниковых газов и загрязнения воздуха, что в конечном итоге способствует борьбе с изменением климата и улучшению качества воздуха. Основными экономическими преимуществами возобновляемой энергии принято считать: снижение зависимости от импорта энергии, что особенно выгодно для стран с ограниченным доступом к традиционным топливам; создание новых рабочих мест в секторах

производства, установки и обслуживания систем возобновляемой энергии; снижение затрат на производство энергии, так как возобновляемые источники энергии становятся всё более доступными и экономически выгодными.

В 2023 г. вклад ВИЭ в мировое производство электроэнергии составил около 20% мирового производства электроэнергии и 19–25% всего энергопотребления, а по прогнозам, к 2040 году они обеспечат 35–50% мирового производства электроэнергии и 19–25% всего энергопотребления. На рисунке 5 представлена доля ВИЭ в производстве электроэнергии, из которого наглядно видно, какой существенный рост имеет Китай (с 16,5% в 2000 г. до 29,4% в 2023 г.) по сравнению с относительно незначительные колебания показателя России и СНГ – в среднем за период соответственно 17,9% и 17,6%.

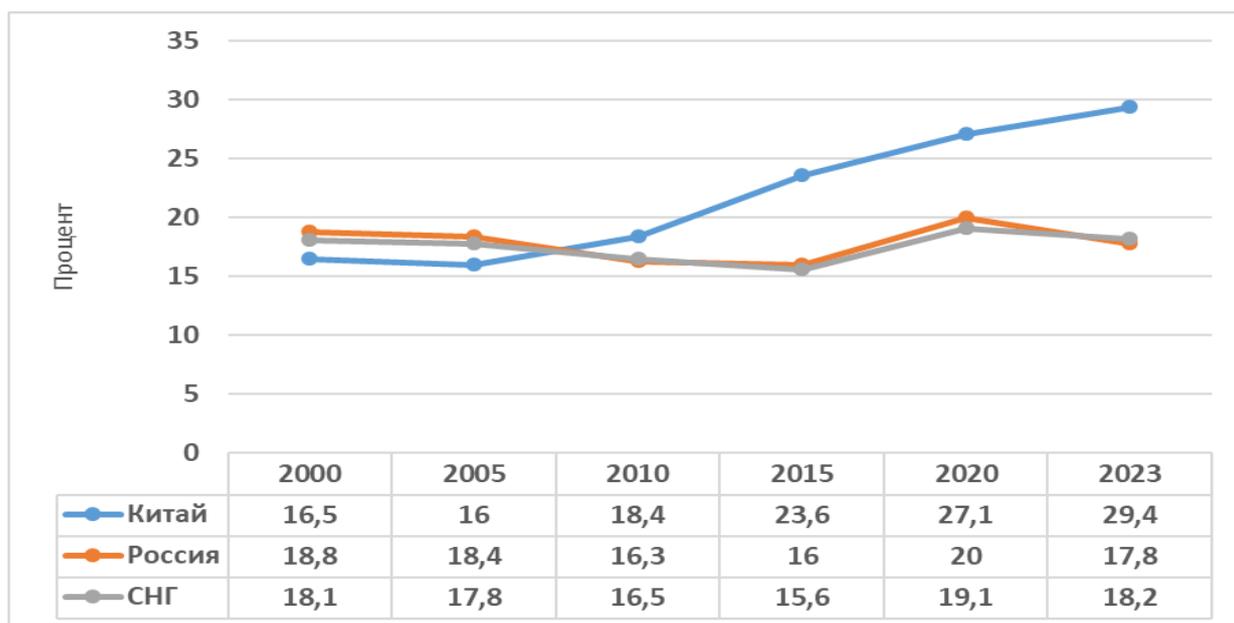


Рисунок 5. Доля возобновляемых источников энергии в производстве электроэнергии (Китай, Россия и СНГ), %*

* Источник: составлено авторами на основе данных [9,10]

Выбор источника тепловой энергии в системах теплоснабжения с учетом требований декарбонизации и энергосбережения способствует уменьшению углеродного следа и влияет на углеродный фактор в целом. Как известно, для

целей теплоснабжения существуют и широко применяются два основных варианта получения тепловой энергии: во-первых, в результате сжигания топлива, и, во-вторых, от природных возобновляемых источников. Так как в системах тепловой генерации используется различная структура топлива (природный газ, уголь, биомасса и др.) это отражается на эмиссии CO₂ в расчете на единицу теплотворной способности топлива. На рисунке 6 показана динамика эмиссии CO₂ на единицу теплотворной способности топлива в Китае, России и СНГ, рассчитанная в TCO₂/тут. Из представленной информации видно, что за 2000-2023 гг. сложилась устойчивая отрицательная тенденция эмиссии CO₂ на единицу теплотворной способности топлива, хотя данные по Китаю постоянно имели более высокое значение по сравнению с Россией и СНГ (примерно на 20-30%), вероятно из-за потребления в стране большего количества угля.

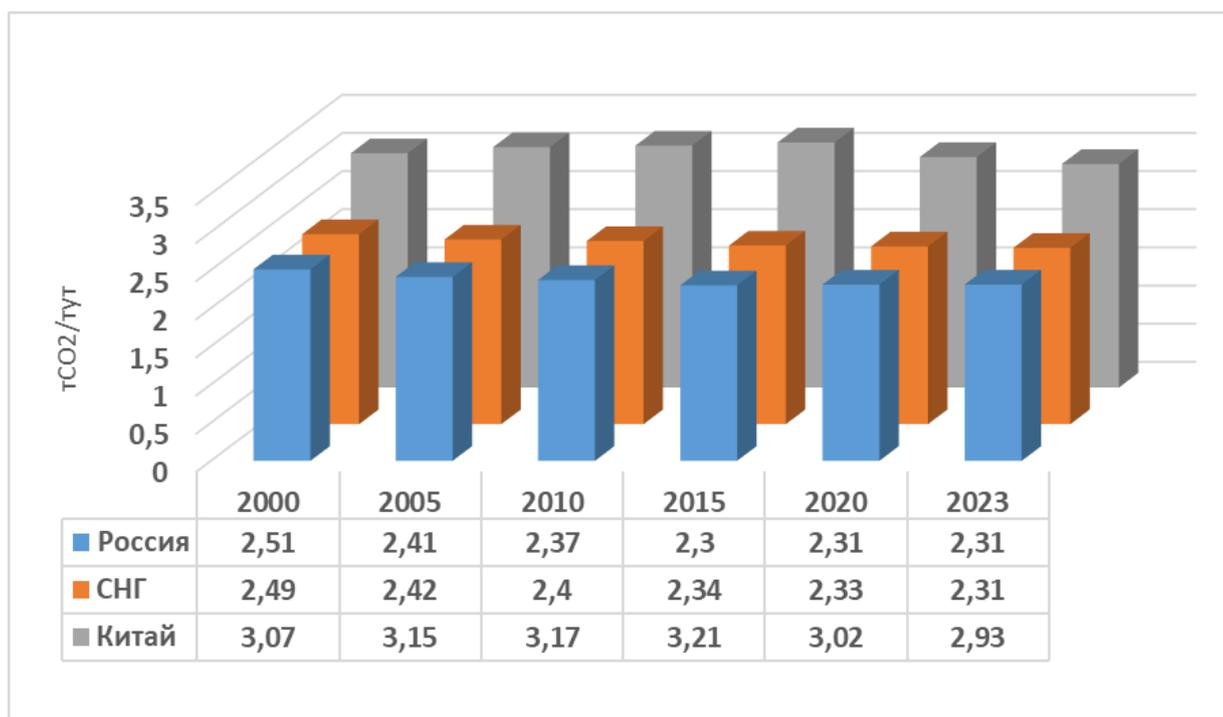


Рисунок 6. Эмиссия CO₂ на единицу теплотворной способности топлива в Китае, России и СНГ (TCO₂/тут)*

* Источник: составлено авторами на основе данных [9,10]

Экономика энергопотребления имеет различные индикаторы измерения. Одним из показателей энергетической неэффективности является энергоёмкость, рассчитываемая как количество энергии на единицу валового внутреннего продукта (ВВП) или другого показателя экономической деятельности. С одной стороны, высокая энергоёмкость указывает на высокую цену или стоимость преобразования энергии в ВВП, а с другой стороны - указывает на более низкую цену или стоимость преобразования энергии в ВВП. На энергоёмкость влияют не только климат, но также такие отрасли экономики как промышленность, строительство, транспорт, торговля и др., поэтому энергоёмкость страны или региона отличается от её энергоэффективности.

Китай и Россия - страны с высоким уровнем экономического развития, но с разными природно-климатическими условиями, предпочтениями в использовании транспортных средств, демографическими особенностями и др.

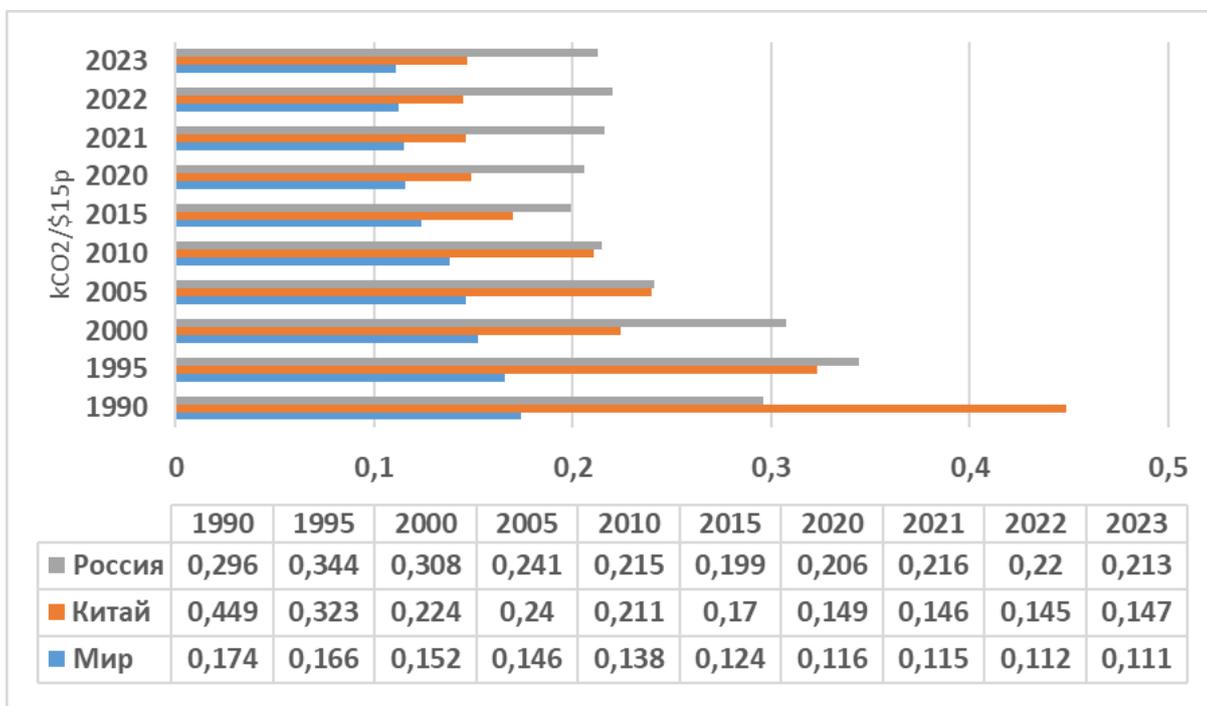


Рисунок 5. Динамика энергоёмкости в Китае, России и СНГ, тCO₂/тут*

* Источник: составлено авторами на основе данных [9,10]

На графике (рисунок 7) показано динамика энергоёмкости, из которого видно, что за 1990-2023 гг. показатель Китая снизился более чем в 3 раза, а в 2023 г. оказался почти в 1,5 меньше, чем показатель России. Уровень энергоёмкости в мире еще меньше чем в Китае и России, что возможно связано с трудоёмкостью мировой экономики и неточностью произведённых расчетов.

В целом, исследование показало, что НРІ - это операционализация устойчивого развития, где природа защищается через углеродный след, общество оценивается по здоровью, экономика переориентируется на благополучие. Методику НРІ целесообразно использовать для оценки государственной политики в области «зелёной экономики», а также комбинировать с другими индексами такими как Индекс человеческого развития, оценка экологического следа и др. Изучение НРІ и проблем устойчивого развития необходимо, чтобы перейти от экономики, ориентированной на рост любой ценой, к модели, которая обеспечивает высокое качество жизни, социальную справедливость и экологическую стабильность для нынешних и будущих поколений.

Список источников

1. Кондратьев А.А. Теоретико-методологические подходы к исследованию экономики замкнутого цикла в глобальной экономике // Московский экономический журнал. – 2025. - № 3. - Том 10.
2. Иванов Н.И., Косинский В.В., Коростелёв С.П., Роль и место землеустройства в условиях реализации стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов. Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2023. - № 4. DOI:10.33920/sel-04-2304-02
3. Коростелев С.П. ESG-оценка недвижимости и налогообложение // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2021. - № 9. – С. 674-679. DOI: 10.33920/sel-4-2109-05. - EDN: LTYEWI

4. Коростелёв С.П. Карбоновое землеустройство // Столыпинский вестник. - 2021. - № 5. - Т. 4. – С. 4–19. - EDN: QRSGCW
5. Nilipovskiy V. Sustainable agriculture and Russian green economy policy. In: 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference - SGEM 2020, 20 (6.2), 333–342. DOI:10.5593/sgem2020V/6.2/s10.42 - EDN: YSCIXE
6. Lu Y., Nilipovskiy V.I. Efficiency of land use in china in the context of the development of a low-carbon economy // International agricultural journal. - 2023. - Т.66. No. 6. - EDN: DWPLTG
7. Министерства счастья: Государственные инициативы, делающие людей счастливее (на испанском языке). URL:<https://actualidad.rt.com/actualidad/234008-ministerios-felicidad-butan-eau-india> (дата обращения: 21.04.2024).
8. The Happy Planet Index 2021 Results. URL: <https://happyplanetindex.org/hpi/> (дата обращения: 21.04.2024)
9. World Energy & Climate Statistics – Yearbook 2024. URL: <https://yearbook.enerdata.net/> (дата обращения: 21.04.2024)
10. Statistical Review of World Energy 2024. – 2024, Energy Institute. -72p.

References

1. Kondrat`ev A.A. Teoretiko-metodologicheskie podxody` k issledovaniyu e`konomiki zamknutogo cikla v global`noj e`konomie // Moskovskij e`konomicheskij zhurnal. – 2025. - № 3. - Том 10.
2. Ivanov N.I., Kosinskij V.V., Korostelyov S.P., Rol` i mesto zemleustrojstva v usloviyax realizacii strategii social`no-e`konomicheskogo razvitiya Rossijskoj Federacii s nizkim urovnem vy`brosov parnikovyx gazov. Zemleustrojstvo, kadastr i monitoring zemel`. – 2023. - № 4. DOI:10.33920/sel-04-2304-02
3. Korostelev S.P. ESG-ocenka nedvizhimosti i nalogooblozhenie // Zemleustrojstvo, kadastr i monitoring zemel`. – 2021. - № 9. – S. 674-679. DOI: 10.33920/sel-4-2109-05. - EDN: LTYEWI

4. Korostelyov S.P. Karbonovoe zemleustrojstvo // Stoly`pinskiy vestnik. - 2021. - № 5. - Т. 4. – С. 4–19. - EDN: QRSGCW
5. Nilipovskiy V. Sustainable agriculture and Russian green economy policy. In: 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference - SGEM 2020, 20 (6.2), 333–342. DOI:10.5593/sgem2020V/6.2/s10.42 - EDN: YSCIXE
6. Lu Y., Nilipovskiy V.I. Efficiency of land use in china in the context of the development of a low-carbon economy // International agricultural journal. - 2023. - Т.66. No. 6. - EDN: DWPLTG
7. Ministerstva schast`ya: Gosudarstvenny`e iniciativy`, delayushhie lyudej schastlivee (na ispanskom yazy`ke). URL:<https://actualidad.rt.com/actualidad/234008-ministerios-felicidad-butan-eau-india> (data obrashheniya: 21.04.2024).
8. The Happy Planet Index 2021 Results. URL: <https://happyplanetindex.org/hpi/> (data obrashheniya: 21.04.2024)
9. World Energy & Climate Statistics – Yearbook 2024. URL: <https://yearbook.enerdata.net/> (data obrashheniya: 21.04.2024)
10. Statistical Review of World Energy 2024. – 2024, Energy Institute. -72p.

© Лу Ици, Нилиповский В.И., 2025. *Московский экономический журнал*, 2025, № 5.