



Картирование связей эффективности использования ресурсов и инновационности национальных экономик

С.И. Кравченко¹¹ Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (Москва, Россия)

Аннотация

Статья посвящена исследованию взаимосвязи уровня инновационного развития различных стран и эффективности использования ими отдельных ресурсов для дальнейшего установления последствий, которые может оказывать активизация внедрения новых технологий на ситуацию с ответственным обращением с ресурсами в будущем. Для изучения сформированы две выборки стран: первая включает 36 мировых экономик, для которых рассчитаны показатели эффективности использования энергетических и трудовых ресурсов, а также учтен масштаб экономики и достигнутый уровень инновационности; вторая содержит сведения о материальном следе 121 государства, уровнях их инновационного и экономического развития. Эмпирически подтверждена гипотеза о наличии связи между достигнутым уровнем инновационности экономики страны и эффективностью использования ресурсов. В свою очередь, результаты корреляционного анализа указали на существование прямой тесной связи между уровнем инновационности экономики страны и объемами потребления природных ресурсов, которую можно описать линейной функцией, а также подтвердили, что с ростом благосостояния населения и инновационности экономики увеличивается оставляемый государством материальный след. Теоретическая и практическая значимость исследования заключается в стимулировании повышения степени обоснованности инструментария обеспечения инновационного развития территорий на основе принципов ответственного производства и потребления имеющихся ресурсов, способствующих достижению лучших результатов при тех же затратах. Перспективными направлениями дальнейших исследований могут выступать выявление необходимого и достаточного количества факторов, связанных с инновационной активностью предприятий и эффективностью использования ими ресурсов, а также установление функциональных зависимостей между отобранными переменными. Логичным также представляется детальное изучение опыта российских компаний и его влияние на дифференциацию регионов по показателям инновационности и ресурсной эффективности.

Ключевые слова: ресурсоэффективность, инновационность, энергоэффективность, производительность труда, материальный след, страна, уровень развития, экономика.

Для цитирования:

Кравченко С.И. (2023). Картирование связей эффективности использования ресурсов и инновационности национальных экономик. *Стратегические решения и риск-менеджмент*, 14(3): 262–271. DOI: 10.17747/2618-947X-2023-3-262-271.

Mapping the links between resource efficiency and the innovative capacity of national economies

S.I. Kravchenko¹¹ Financial University under the Government of the Russian Federation (Moscow, Russia)

Abstract

The article examines studying the relationship between the level of innovation in different countries and the efficiency of their resource use, in order to better understand the potential impact of increased adoption of new technologies on the responsible use of resources in the future. Two country's samples were created for the study: the first includes 36 world economies, with calculations of energy and labour resource use efficiency, taking into account the size of the economy and the level of innovation achieved; the second sample includes data on the material footprint of 121 countries, along with levels of innovation and economic development. The empirical confirmation of the hypothesis that there is a relationship between the level of economic innovation achieved and the efficiency of resource use is a key finding. Furthermore, the results of the correlation analysis indicate a direct and close relationship between a country's economic innovativeness and its consumption volume of natural resources. This relationship can be described by a linear function. The analysis also confirms that as the population's welfare and economic innovativeness grow, the state's material footprint increases. The study is of theoretical and practical importance, encouraging the improvement of tools to ensure innovative development based on responsible production and consumption of resources. This approach aims to achieve better results at the same cost. Identifying the necessary factors related to innovative activity and efficient resource use by enterprises, as well as establishing functional dependencies between these variables, represent prospective areas for further research. In addition, a detailed examination of the experiences of Russian companies and their implications regional differentiation in terms of innovation and resource efficiency is a logical next step.

Keywords: resource efficiency, innovation, energy efficiency, labor productivity, material footprint, country, level of development, economy.

For citation:

Kravchenko S.I. (2023). Mapping the links between resource efficiency and the innovative capacity of national economies. *Strategic Decisions and Risk Management*, 14(3): 262–271. DOI: 10.17747/2618-947X-2023-3-262-271. (In Russ.)

绘制资源效率与国民经济创新之间的关系图

S.I. Kravchenko¹¹ 俄罗斯国立财政金融大学 (俄罗斯, 莫斯科)**简介**

这篇文章研究了不同国家的创新发展水平与个人资源使用效率之间的关系, 以进一步确定未来更多地引进新技术对负责任地处理资源的情况可能产生的影响。为了进行研究, 我们形成了两个国家样本: 第一个包括36个世界经济体, 计算了它们利用能源和劳动力资源的效率指标, 并考虑了经济规模和达到的创新水平; 第二个样本包含121个国家的物质足迹数据, 以及它们的创新和经济水平。经验证实了一个假设, 即国家经济的创新水平与资源利用效率之间存在关联。而且, 相关分析的结果表明, 国家经济的创新水平与自然资源消耗量之间存在着直接密切的关系, 可以用线性函数描述, 并且证实了随着人民福祉和经济创新水平的增长, 政府留下的物质足迹也在增加。研究的理论和实践意义在于促进基于负责任生产和消费原则的工具提供的创新发展程度的合理性, 从而在相同成本下实现更好的结果。未来研究的潜在方向可能包括确定与企业创新活动和资源利用效率相关的必要和充分因素, 以及建立所选变量之间的功能关系。对俄罗斯企业经验的详细研究及其对区域创新性和资源利用效率指标的差异化影响也是合乎逻辑的。

关键词: 资源效率、创新能力、能源效率、劳动生产率、物质足迹、国家、发展水平、经济。

引用文本:

Kravchenko S.I. (2023). 绘制资源效率与国民经济创新之间的关系图. *战略决策和风险管理*, 14(3): 262–271. DOI: 10.17747/2618-947X-2023-3-262-271. (俄文。)

Введение

Постоянный рост потребностей человечества, а также стремление улучшить благосостояние экономики любым путем приводят к быстрому истощению ограниченных ресурсов и их дефициту. Это, с одной стороны, приводит к жесткой конкуренции и повышению цен на ресурсы, а с другой – актуализирует проблему ресурсосбережения, то есть более рационального их потребления. Кроме того, проблема усложняется тем, что интенсивное производство и потребление (порой обусловленное бурным развитием технологий) не только выступают движущей силой экономики, но и оказывают разрушительное влияние на окружающую среду. В этой связи, согласно целям устойчивого развития, утвержденным резолюцией Генеральной ассамблеи ООН¹, предусмотрена переориентация стран на рациональные модели потребления и производства (цель № 12) для обеспечения повышения эффективности использования ресурсов. Реализация указанной цели прежде всего направлена на преодоление зависимости между экономическим ростом и ухудшением состояния окружающей среды.

Следует отметить, что повышение эффективности использования ресурсов охватывает широкий спектр взаимосвязанных аспектов и выступает безграничным полем научного поиска многих ученых (например, [Barrett, Scott, 2012; Bach et al., 2016; Hatfield-Dodds et al., 2017; Трофимова, 2022; Сальманов, 2023]). Так, в работе [Barrett, Scott, 2012] исследуется связь между смягчением последствий изменения климата и эффективностью использования ресурсов на примере Великобритании. Публикация [Singh et al., 2024] посвящена изучению взаимосвязи экономического развития и ренты за добычу полезных ископаемых в странах БРИКС. Построенные в указанной работе модели, основанные на эмпирических данных, подтверждают наличие связи между уровнем торгового оборота, объемом ВВП, а также прямыми иностран-

ных инвестиций на размер минеральной ренты. Исходя из этого, авторами рекомендуется при планировании политики и мер, направленных на обеспечение инклюзивного и устойчивого развития, увеличения ВВП, содействия торговле и росту прямых иностранных инвестиций в странах БРИКС, учитывать вопросы ренты от добычи полезных ископаемых (в том числе налогообложение минеральной ренты, роялти на добычу полезных ископаемых, конфликты между горнодобывающими предприятиями и т.д.).

Другим не менее актуальным направлением научных исследований выступают вопросы обеспечения инновационного характера развития экономики, ее отраслей и предприятий (например, [Кравченко, 2021; Трачук, Линдер, 2021; Косолапова и др., 2023]). Так, в работе [Трачук, Линдер, 2021] авторы, основываясь на анализе деятельности более ста предприятий обрабатывающей промышленности, выявляют ключевые показатели эффективности инновационной деятельности в зависимости от инновационного режима, к которому принадлежит компания. Коллективом авторов в [Косолапова и др., 2023] делается попытка выявления драйверов формирования циркулярной экономики, среди которых учеными выделяются инновационная активность организаций, используемые цифровые технологии, а также объем инвестиций в основной капитал.

В последние годы все большую популярность приобретают исследования по отдельным аспектам объединенной тематики – активного внедрения инноваций и эффективности использования ресурсов (например, [Diaz Lopez et al., 2019; Sun et al., 2023; Tang et al., 2023; Fan, Wang, 2024; Rahmani et al., 2024]). Так, в работе [Rahmani et al., 2024] исследуется влияние цифровых инноваций на повышение эффективности использования ресурсов и устойчивого развития в металлургической промышленности. Полученные в указанной работе результаты показали, что способность к освоению техно-

¹ Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development (2015). United Nations. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals/>.

логических инноваций и имеющиеся цифровые возможности предприятия оказывают положительное и значительное влияние на намерения компании осуществлять цифровые трансформации в металлургическом секторе. Кроме того, авторами предлагается комплекс мер, направленных на усовершенствование государственной политики регулирования внедрения цифровых инноваций в деятельности малых и средних предприятий металлургической промышленности.

Публикация [Tang et al., 2023] акцентирует внимание на важности исследования влияния зеленых инноваций, эффективности использования ресурсов для достижения целей по нулевым выбросам углекислого газа. Авторы приходят к выводу о важной роли индекса инноваций зеленой экономики, демонстрируя, что даже незначительное его увеличение на 1% приводит к ощутимому увеличению индекса чистых нулевых выбросов примерно на 0,25–0,39%, подчеркивая его существенное воздействие на окружающую среду. Таким образом, в работе резюмируется, что освоение зеленых инноваций и технологий имеет решающее значение для продвижения развитых экономик к устойчивому развитию.

Однако, несмотря на значительные научно-практические наработки в сфере повышения эффективности использования ресурсов и обеспечения инновационного развития экономики, сложность и многогранность указанных проблем обуславливают постоянную их актуальность. При этом одним из перспективных направлений научных исследований является изучение связей между эффективностью использования ресурсов и уровнем инновационного развития экономик стран мира. В этой связи предлагается на основе количественных методов анализа данных эмпирически проверить сформулированный ранее тезис о том, что наиболее развитые инновационные экономики связаны с большей частью потребления природных ресурсов и негативным влиянием на окружающую среду.

Таким образом, цель работы имеет разведывательный характер: проанализировать взаимосвязь достигнутого уровня инновационного развития различных стран и эффективности использования ими отдельных ресурсов для дальнейшего установления последствий, которые может оказывать активизация внедрения новых технологий на ситуацию с ответственным обращением с ресурсами в будущем.

1. Методология и данные

Достижение поставленной цели реализовано в два этапа: (1) анализ ресурсоэффективности экономик различных стран мира с учетом их масштаба и достигнутого уровня инновационности; (2) исследование зависимости между материальным следом государства, определяемым соотношением глобальной добычи ресурсов к внутреннему конечному спросу, и уровнем его инновационности, а также экономического развития.

Для выполнения первого этапа – сопоставления ресурсоэффективности экономик разных стран – выбраны такие показатели, как валовая добавленная стоимость, производительность труда, энергоотдача ВВП. Дополнительно также анализировался уровень инновационности экономик стран

(по рейтингу Global Innovation Index 2023, GII-2023) как фактор, связанный с масштабами использования разного рода нововведений, в том числе по ресурсосбережению.

Отобранные показатели отражают размеры или масштабы экономики (валовая добавленная стоимость в текущих долларах США), а также эффективность использования энергетических и трудовых ресурсов. Энергоэффективность экономики была оценена отношением произведенного ВВП по паритету покупательной способности к уровню затрат энергетических ресурсов. При наличии определенных недостатков у этого показателя (например, невозможности учета климатических, инфраструктурных, территориальных и других особенностей) в настоящее время он является относительно универсальным и обеспечивает возможность сравнения энергоэффективности различных экономик.

Эффективность использования трудовых ресурсов рассчитана с помощью показателя производительности труда как отношение ВДС к количеству занятых (к занятым относятся все лица трудоспособного возраста, которые в течение определенного короткого периода находились в одной из категорий: оплачиваемая работа или самозанятость).

Указанные показатели рассчитаны для 36 стран мира, расположенных на разных континентах, с разными типами развития и уровнем обеспеченности ресурсами, после чего составлена матрица распределения экономик мира по ресурсоэффективности. Ограниченность объема сформированной выборки стран в значительной степени обусловлена наличием открытой статистической информации относительно эффективности использования энергетических ресурсов (а именно данными, представленными в ежегодном отчете организации Enerdata²).

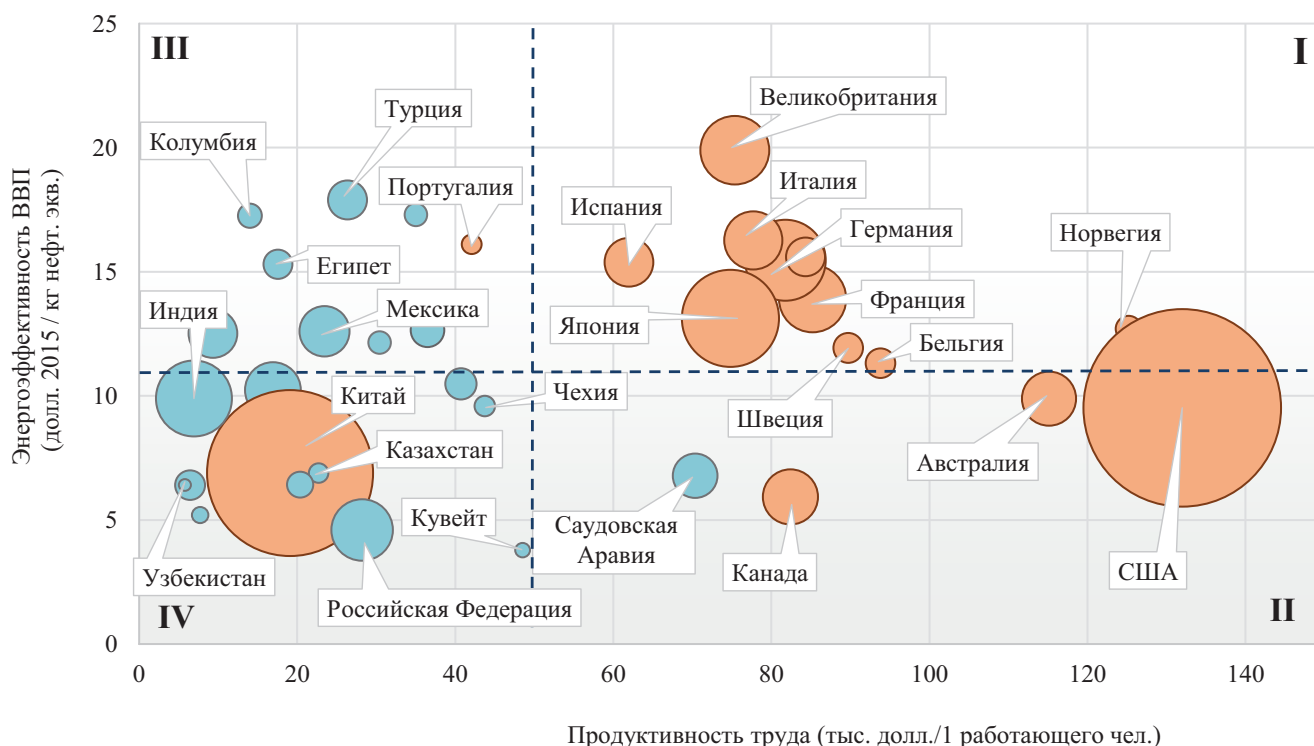
На втором этапе при исследовании зависимости между материальным следом государства и уровнем его инновационности, а также экономического развития отобрана 121 страна, для каждой из которых собраны три показателя из открытых источников статистической информации (в том числе два количественных: рейтинговая оценка в баллах по данным GII-2023, значение материального следа на душу населения – и один качественный: распределение экономик стран на группы по уровню их доходов, предложенное *The World Bank* [Hamadeh et al., 2023]). На основе сформированных количественных данных оценена теснота и направление корреляционной связи путем определения линейного коэффициента корреляции Пирсона (r_{xy}):

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \times (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \times \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}, \quad (1)$$

где n – количество наблюдений, x_i, y_i – данные наблюдений, $\bar{x}, \bar{y}$ – средние значения переменных x и y .

Коэффициент корреляции Пирсона изменяется в диапазоне от -1 до $+1$, причем значение -1 характеризует полную (функциональную) линейную обратную связь, значение $+1$ – полную (функциональную) линейную прямую взаимосвязь, значение 0 – отсутствие линейной корреляции (но необязательно взаимосвязи).

² Global energy statistical yearbook (2023). Enerdata. <https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-energy-intensity-gdp-data.html>.

Рис. 1. Матрица распределения экономик мира по эффективности использования трудовых и энергетических ресурсов
Fig. 1. Matrix of the distribution of world's economies by labour and energy efficiency

Примечание. Диаметр пузырьков характеризует величину ВДС по базовым ценам; более ярким цветом отмечены страны, вошедшие в топ-30 рейтинга ГИ-2023.

Источник: рассчитано и составлено автором по данным: Gross value added at basic prices (current US \$). <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.FCST.CD>; Global energy statistical yearbook. <https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-energy-intensity-gdp-data.html>; Employment statistics. <https://ilostat ilo.org/topics/employment>; [Dutta et al., 2023].

Проверка значимости коэффициента корреляции для установленной связи выполнена с помощью *t*-критерия Стьюдента, согласно которому выдвинута нулевая гипотеза, утверждающая равенство нулю коэффициента корреляции. Для проверки нулевой гипотезы расчетное значение *t*-статистики ($t_{\text{расч}}$) сравнивается с табличным (критическим) значением ($t_{\text{табл}}$) по заданному уровню значимости (α) и числу степеней свободы. Расчетное значение *t*-критерия Стьюдента находится по формуле

$$t_{\text{расч}} = \frac{r_{xy}}{\sqrt{1 - r_{xy}^2}} \sqrt{n - 2}. \quad (2)$$

Нулевая гипотеза отклоняется в случае, если расчетное значение, взятое по модулю, превышает критическое, при этом вероятность ошибки составит менее $\alpha \times 100\%$.

2. Результаты исследования

Рассчитанные характеристики эффективности использования трудовых и энергетических ресурсов, а также полученный объем ВДС и достигнутый уровень инновационности экономик стран, отобранных для проведения дальнейшего анализа, представлены в таблице.

Проведенная диагностика выборки анализируемых стран мира по показателям эффективности использования ресурсов, характеризующим способность минимальными усилия-

ми достигать максимальных результатов, позволила распределить национальные экономики на четыре группы (рис. 1).

Визуальное распределение стран между секторами матрицы (рис. 1) позволяет отметить, что представителями первого квадранта стали развитые европейские страны (Бельгия, Великобритания, Германия, Испания, Италия, Нидерланды, Норвегия, Франция, Швеция) и Япония. Высокая производительность труда и высокая энергоэффективность являются характерными признаками экономик этого типа. Все страны имеют относительно большие объемы валовой добавленной стоимости (максимальное значение принадлежит Японии – 5029,8 млрд долл., минимальное – Норвегии – 358 млрд долл.) и являются высокоинновационными экономиками, поскольку относятся к топ-30 рейтинга ГИ-2023. По показателю производительности труда лидирует Норвегия – одно занятое в экономике страны лицо создает ВДС на сумму 125,21 тыс. долл.; по показателю энергоэффективности – Великобритания, потребление энергии в которой составляет лишь 0,05 кг нефт. экв. на создание 1 долл. ВВП.

Во второй квадрант вошли экономики таких стран, как Австралия, Канада, Саудовская Аравия, США. Эта группа характеризуется производительностью труда выше среднего уровня (по исследуемой выборке стран) и эффективностью использования энергетических ресурсов ниже среднего значения. Среди стран этого типа наивысшее значение ВДС принадлежит США (свыше 20 трлн долл.). Самая высокая

Таблица
Характеристики ресурсоэффективности и инновационности экономик стран мира за 2022–2023 годы
Table
Resource efficiency and innovation characteristics of the world's economies in 2022–2023

№ п/п	Название страны	Продуктивность труда, (тыс. долл. /чел.)	Энергоэффективность ВВП (долл. 2015/кг нефт. экв.)	Валовая добавленная стоимость (млрд долл.)	Рейтинг по ГИ-2023
1	Австралия	115,12	9,89	1566,1	24
2	Алжир	17,00	7,86	184,0	119
3	Аргентина	40,71	10,49	524,4	73
4	Бельгия	93,80	11,31	468,1	23
5	Бразилия	16,95	10,23	1659,4	49
6	Великобритания	75,38	19,89	2526,6	4
7	Германия	81,76	15,46	3477,3	8
8	Египет	17,57	15,30	453,3	86
9	Индия	6,94	9,89	3074,4	40
10	Индонезия	9,33	12,51	1261,3	61
11	Испания	61,98	15,38	1263,9	29
12	Италия	77,72	16,26	1795,3	26
13	Казахстан	22,71	6,89	203,7	81
14	Канада	82,41	5,93	1622,9	15
15	Китай	19,10	6,89	14722,8	12
16	Колумбия	14,02	17,26	309,0	66
17	Кувейт	48,52	3,78	112,4	64
18	Мексика	23,47	12,60	1344,2	58
19	Нигерия	6,44	6,40	470,2	109
20	Нидерланды	84,33	15,60	808,4	7
21	Норвегия	125,21	12,70	358,0	19
22	Польша	36,49	12,65	611,0	41
23	Португалия	42,08	16,10	206,6	30
24	Российская Федерация	28,22	4,59	2031,4	51
25	Румыния	35,02	17,30	273,4	47
26	Саудовская Аравия	70,36	6,78	1052,0	48
27	Соединенные Штаты Америки	132,00	9,51	20893,8	3
28	Турция	26,38	17,89	811,1	39
29	Узбекистан	5,78	6,40	74,9	82
30	Украина	7,71	5,19	141,6	55
31	Франция	85,21	13,91	2414,8	11
32	Чехия	43,73	9,59	226,3	31
33	Чили	30,44	12,15	270,2	52
34	Швеция	89,72	11,93	471,6	2
35	Южно-Африканская Республика	20,37	6,42	363,8	59
36	Япония	74,81	13,12	5029,8	13

Источник: рассчитано и составлено автором по данным: Gross value added at basic prices (current US \$). <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.FCST.CD>; Global energy statistical yearbook. <https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-energy-intensity-gdp-data.html>; Employment statistics. <https://ilostat.ilo.org/topics/employment>; [Dutta et al., 2023].

производительность труда в этой группе стран принадлежит США, где одно занятое в экономике лицо создает ВДС на 132,0 тыс. долл.; наивысшее значение энергоэффективности – Австралии, где для создания 1 долл. ВВП потребляется 0,101 кг нефт. экв. энергетических ресурсов. Страны этого сектора по рейтингу ГИ-2023 находятся в топ-30 (исключением является Саудовская Аравия – 48-е место).

Представителями третьего квадранта являются Египет, Индонезия, Колумбия, Мексика, Польша, Португалия, Румыния, Турция, Чили. Страны этого типа характеризуются производительностью труда ниже среднего уровня по анализируемой выборке стран и эффективностью использования энергетических ресурсов – выше среднего. Среди этих стран самый высокий объем валовой добавленной стоимости у Мексики – 1344,2 млрд долл.; наименьшее значение производительности труда – у Индонезии, где одним занятым в экономике работником создается 9,33 тыс. долл. ВДС. Высоким уровнем эффективности использования энергоресурсов характеризуется Турция, в которой для создания 1 долл. ВВП тратится 0,056 кг нефт. экв. Страны этого кластера по рейтингу ГИ-2023 занимают места от 30-го до 66-го (за исключением Египта, находящегося на 86-м месте).

В четвертый квадрант вошли Алжир, Аргентина, Бразилия, Индия, Казахстан, Китай, Кувейт, Нигерия, Российская Федерация, Узбекистан, Украина, Чешская Республика, Южно-Африканская Республика. Экономике этого типа характеризуются значениями энергоэффективности и производительности труда ниже среднего по исследуемой выборке уровня. По показателю производительности труда наихудшее значение среди стран этой группы принадлежит Узбекистану, где одно занятое лицо создает 5,78 тыс. долл. ВДС. Среди стран указанной группы экономика Китая характеризуется наивысшим объемом ВДС (около 15 трлн долл.) и наивысшим уровнем инновационности, находясь на 12-м месте в рейтинге ГИ-2023. Прочие страны являются значительно менее инновационными и не вошли в топ-30 ГИ-2023.

Отдельно следует отметить, что некоторые страны с достаточно высоким уровнем инновационности (например, такие промышленные гиганты, как Китай и США) являются лидерами по объемам валовой добавленной стоимости, однако по показателям эффективности использования трудовых и энергетических ресурсов входят в группы догоняющих стран (например, уровень использования энергоресурсов в США ниже среднего значения по выборке анализируемых стран, для Китая оба анализируемых показателя эффективности использования ресурсов ниже средних значений).

Сформированное распределение стран по эффективности использования трудовых и энергетических ресурсов (рис. 1) свидетельствует о том, что для стран с высоким уровнем инновационности, как правило, создающих большие объемы ВДС, характерны более высокие значения показателей ресурсоэффективности. Таким образом, эмпирически зафиксировано наличие связи между достигнутым уровнем инновационного развития страны и эффективностью использования ресурсов, что бесспорно является логичным. Очевидно, новые технологии позволяют при прочих равных условиях использовать меньшее количество

ресурсов для создания аналогичного объема блага, созданного с привлечением устаревших технологий. Однако отдельный научно-практический интерес представляют последствия, которые могут в дальнейшем оказывать широкое распространение и внедрение инноваций развитыми и развивающимися странами на ситуацию с ответственным отношением к ресурсам.

В ходе разведывательного исследования также проанализирована зависимость между материальным следом (Material Footprint, MF), оставляемым страной, с одной стороны, и уровнем инновационности ее экономики – с другой. Так, общий материальный след представляет собой сумму материального следа для биомассы, ископаемого топлива, металлических и неметаллических руд и, соответственно, рассчитывается как сырьевой эквивалент импорта плюс внутренняя добыча минус сырьевой эквивалент экспорта. В свою очередь, MF на душу населения описывает среднее использование материала для конечного спроса [Giljum et al., 2015; Wiedmann et al., 2015; Matušítk, Kočí, 2021]. Следует отметить, что материальный след является индикатором достижения целей устойчивого развития, предполагающих постепенное повышение глобальной эффективности использования ресурсов в системах потребления и производства и стремление к тому, чтобы экономический рост не сопровождался ухудшением окружающей среды³.

С целью предварительного определения наличия связи между указанными показателями построено корреляционное поле для 121 экономики стран мира (рис. 2). При формировании указанного поля также учтено распределение экономик стран на группы (по уровню их доходов), предложенное *The World Bank*, а именно:

- страны с высоким уровнем доходов (ВНД на душу населения превышает 13 845 долл.);
- страны с уровнем доходов выше среднего (ВНД на душу населения находится в диапазоне 4465–13 845 долл.);
- страны с уровнем доходов ниже среднего (ВНД на душу населения колеблется в диапазоне 1136–4465 долл.);
- страны с низким уровнем доходов (ВНД на душу населения меньше 1135 долл.).

На основе визуального анализа корреляционного поля становится возможным предположение о наличии связи, ее форме и тесноте. Так, согласно рис. 2 можно утверждать, что связь между исследуемыми переменными может быть линейной, прямой и тесной, то есть увеличение одного показателя характеризуется ростом другого. Более подробный анализ выполнен путем расчета корреляционных показателей по статистическим данным.

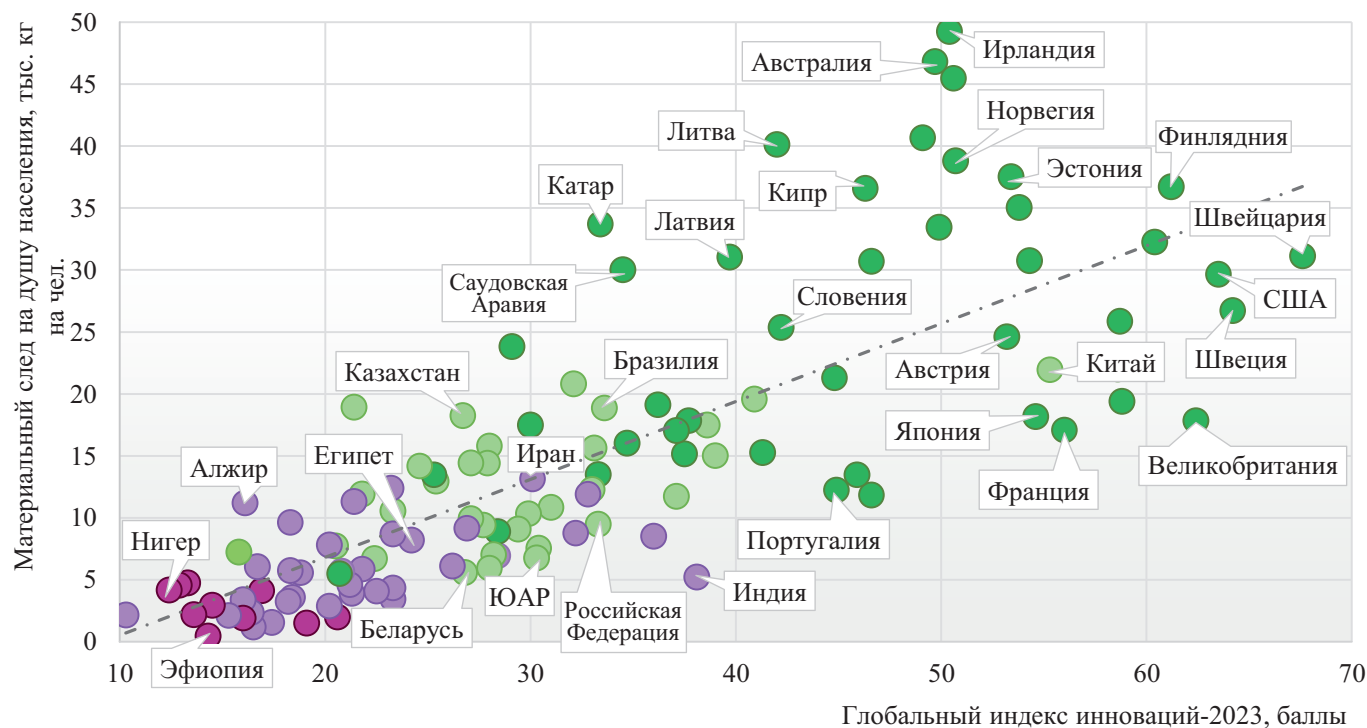
На основе расчетных данных определена теснота связи между объемом материального следа экономик стран и их уровнем инновационности по формуле (1):

$$r_{xy} = \frac{15061,35}{\sqrt{15623,77 \times 23964,7}} = 0,778.$$

Коэффициент линейной корреляции Пирсона является положительным, то есть связь между исследуемыми переменными является прямой, причем приближение коэффициента к 1 свидетельствует о наличии линейной корреля-

³ Transforming our world... (2015). United Nations. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals/>.

Рис. 2. Корреляционное поле взаимозависимости материального следа и уровня инновационного развития экономик стран мира
Fig. 2. Correlation field of the interdependence between the material footprint and the level of innovative development of the world's economies



Примечание. Темно-зеленым цветом обозначены страны с высоким уровнем дохода, светло-зеленым – выше среднего, светло-фиолетовым – ниже среднего, темно-фиолетовым – с низким уровнем доходов.

Источник: построено автором по данным: Material resources. Material footprint per capita. https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=MATERIAL_RESOURCES; [Dutta et al., 2023; Hamadeh et al., 2023].

ции. Интерпретация тесноты (силы) связи по полученному значению r_{xy} выполнена по шкале Чеддока, позволяющей перевести числовой показатель или количественное значение в качественный параметр. Таким образом, силу связи между объемом материального следа экономики страны и уровнем ее инновационности можно охарактеризовать как высокую.

Используя формулу (2) и ранее определенное значение коэффициента корреляции, получено расчетное значение t -критерия:

$$t_{\text{расч}} = \frac{0,778}{\sqrt{1 - 0,778^2}} \sqrt{121 - 2} = 72,71.$$

Критическое значение ($t_{\text{табл}}$) при $\alpha = 0,001$ составляет 3,373, то есть нулевая гипотеза об отсутствии связи между переменными отклоняется, поскольку $t_{\text{расч}} > t_{\text{табл}}$. Следовательно, коэффициент корреляции статистически значим.

Обобщая, следует указать на несколько моментов: во-первых, результаты корреляционного анализа свидетельствуют о существовании прямой тесной связи между уровнем инновационности экономики страны и объемами потребления природных ресурсов, которую можно описать линейной функцией; во-вторых, в соответствии с рис. 2 можно сделать вывод, что при движении от начала координат вдоль линии тренда происходит постепенный переход от развивающихся стран к развитым; в-третьих, высокий уровень использования ресурсов, а также большее значение индекса ГИИ харак-

терны для развитых стран. Таким образом, подтверждено, что наиболее развитыми инновационными странами потребляется большее количество ресурсов. Следовательно, объектом дополнительных исследований должно стать предположение, что широкое распространение инновационных технологий (как в развитых странах, так и в развивающихся), направленное на обеспечение экономического роста без учета ресурсных последствий, в дальнейшем может привести к сокращению запасов ресурсов, повышению конкуренции среди покупателей за право обладания ими и, соответственно, росту цен на сырьевых рынках, а также негативным экологическим последствиям для человечества.

3. Выводы и ограничения

Проведенное исследование подтверждает, что страны, достигшие в своем развитии высокого уровня инновационности, характеризуются более высокими показателями эффективности использования ресурсов (то есть существует прямая связь между этими параметрами), благодаря чему формируется их конкурентное преимущество, позволяющее с помощью привлечения новых технологий производить большее количество товаров при прочих равных условиях.

В то же время полученные результаты свидетельствуют, что широкое распространение и внедрение инноваций развитыми и развивающимися странами может способствовать

как их экономическому росту, так и увеличению материального следа, а следовательно, приводить к истощению запасов природных ресурсов в перспективе. В таких условиях в основу экономического развития всех субъектов хозяйствования должны быть заложены принципы бережливого производства и его интенсификации, что будет способствовать увеличению отдачи от использования имеющихся факторов производства при неизменном объеме потребляемых ресурсов либо его сокращения.

Настоящее эмпирическое исследование основано на количественных методах анализа данных, однако не предполагало выявления функциональных зависимостей между изучаемыми параметрами, что обуславливает основное его ограничение. Экономики стран характеризуются различными особенностями (например, географическими и климатическими условиями, влияющими на уровень потребления энергоресурсов домохозяйствами для конечного потребле-

ния и субъектами предпринимательской деятельности – для содержания производственных и иных помещений; наличием запасов природных ресурсов на территории страны и возможностью их добычи и т.д.), однако подобные факторы не были учтены при анализе. Кроме того, анализ осуществлялся в разрезе выборок стран, репрезентативность которых статистически не была проверена.

Таким образом, перспективными направлениями дальнейших исследований могут выступать выявление необходимого и достаточного количества факторов, связанных с инновационной активностью предприятий и эффективностью использования ими ресурсов, а также установление функциональных зависимостей между отобранными переменными. Логичным также представляется детальное изучение опыта российских компаний и его влияние на дифференциацию регионов по показателям инновационности и ресурсной эффективности.

Литература

- Косолапова Н.А., Матвеева Л.Г., Никитаева А.Ю., Чернова О.А. (2023). Драйверы формирования циркулярной экономики: теория vs практика. *Terra Economicus*, 21(2): 68–83. <https://doi.org/10.18522/2073-6606-2023-21-2-68-83>.
- Кравченко С.И. (2021). Идентификация национальной инновационной системы в глобализированной среде. *Стратегические решения и риск-менеджмент*, 12(4): 335–343. <https://doi.org/10.17747/2618-947X-2021-4-335-343>.
- Сальманов С.М. (2023). Роль минерально-сырьевой базы и ее влияние на экономику стран мира. *Инновации и инвестиции*, 1: 62–66.
- Трачук А.В., Линдер Н.В. (2021). Ключевые показатели эффективности инновационной деятельности: восприятие значимости и практическое применение. *Стратегические решения и риск-менеджмент*, 12(4): 284–298. <https://doi.org/10.17747/2618-947X-2021-4-284-298>.
- Трофимова Н.Н. (2022). Ключевые тенденции в реализации целей в области устойчивого развития. *Этносорцизм*, 9(171): 130–136.
- Bach V., Berger M., Henßler M., Kirchner M., Leiser S., Mohr L., Rother E., Ruhland K., Schneider L., Tikana L., Volkhausen W., Walachowicz F., Finkbeiner M. (2016). Integrated method to assess resource efficiency – ESSENZ. *Journal of Cleaner Production*, 137: 118–130. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.077>.
- Barrett J., Scott K. (2012). Link between climate change mitigation and resource efficiency: A UK case study. *Global Environmental Change*, 22(1): 299–307. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.11.003>.
- Diaz Lopez F.J., Bastein T., Tukker A. (2019). Business model innovation for resource-efficiency, circularity and cleaner production: What 143 cases tell us. *Ecological Economics*, 155: 20–35. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.03.009>.
- Dutta S., Lanvin B., Rivera Leon L., Wunsch-Vincent S. (2023). *Global innovation index 2023: Innovation in the face of uncertainty*. Geneva, World Intellectual Property Organization. <https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo-pub-2000-2023-en-main-report-global-innovation-index-2023-16th-edition.pdf>.
- Fan L., Wang D. (2024). Natural resource efficiency and green economy: Key takeaways on clean energy, globalization, and innovations in BRICS countries. *Resources Policy*, 88: 104382. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104382>.
- Giljum S., Bruckner M., Martinez A. (2015). Material footprint assessment in a global input-output framework. *Journal of Industrial Ecology*, 19(5): 792–804. <https://doi.org/10.1111/jiec.12214>.
- Hamadeh N., Rompaey C., Metreau E. (2024). World Bank Group country classifications by income level for FY 24 (July 1, 2023 – June 30, 2024). <https://blogs.worldbank.org/opendata/new-world-bank-group-country-classifications-income-level-fy24>.
- Hatfield-Dodds S., Schandl H., Newth D., Obersteiner M., Cai Y., Baynes T., West J., Havlik P. (2017). Assessing global resource use and greenhouse emissions to 2050, with ambitious resource efficiency and climate mitigation policies. *Journal of Cleaner Production*, 144: 403–414. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.170>.
- Matušík J., Kočí V. (2021). What is a footprint? A conceptual analysis of environmental footprint indicators. *Journal of Cleaner Production*, 285: 124833. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124833>.
- Rahmani A., Aboojafari R., Bonyadi Naeini A., Mashayekh J. (2024). Adoption of digital innovation for resource efficiency and sustainability in the metal industry. *Resources Policy*, 90: 104719. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.104719>.

Singh S., Bhardwaj M., Mahendru M., Bansal P., Roszko-Wójtowicz E. (2024). Exploring economic development and mineral rents nexus across BRICS nations: Fresh insights from multiple threshold panel analysis. *Resources Policy*, 88: 104537. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104537>.

Sun Y., Gao P., Tian W., Guan W. (2023). Green innovation for resource efficiency and sustainability: Empirical analysis and policy. *Resources Policy*, 81: 103369. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103369>.

Tang W., Mai L., Li M. (2023). Green innovation and resource efficiency to meet net-zero emission. *Resources Policy*, 86(B): 104231. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104231>.

Wiedmann T.O., Schandl H., Lenzen M., Moran D., Suh S., West J., Kanemoto K. (2015). The material footprint of nations. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112 (20): 6271–6276. <https://doi.org/10.1073/pnas.1220362110>.

References

Kosolapova N.A., Matveeva L.G., Nikitaeva A.Yu., Chernova O.A. (2023). Drivers of the formation of a circular economy: Theory vs practice. *Terra Economicus*, 21(2): 68-83. <https://doi.org/10.18522/2073-6606-2023-21-2-68-83>. (In Russ.)

Kravchenko S.I. (2021). Identification of the national innovation system in a globalized environment. *Strategic Decisions and Risk Management*, 12(4): 335-343. <https://doi.org/10.17747/2618-947X-2021-4-335-343>. (In Russ.)

Salmanov S.M. (2023). The role of the mineral resource base and its impact on the economies of the world. *Innovation and Investment*, 1: 62-66. (In Russ.)

Trachuk A.V., Linder N.V. (2021). Key performance indicators of innovation: Perceived significance and practical application. *Strategic Decisions and Risk Management*, 12(4): 284-298. <https://doi.org/10.17747/2618-947X-2021-4-284-298>. (In Russ.)

Trofimova N.N. (2022). Key trends in the implementation of sustainable development goals. *Ethnosortium*, 9(171): 130-136. (In Russ.)

Bach V., Berger M., Henßler M., Kirchner M., Leiser S., Mohr L., Rother E., Ruhland K., Schneider L., Tikana L., Volkhausen W., Walachowicz F., Finkbeiner M. (2016). Integrated method to assess resource efficiency - ESSENZ. *Journal of Cleaner Production*, 137: 118-130. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.077>.

Barrett J., Scott K. (2012). Link between climate change mitigation and resource efficiency: A UK case study. *Global Environmental Change*, 22(1): 299-307. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.11.003>.

Diaz Lopez F.J., Bastein T., Tukker A. (2019). Business model innovation for resource-efficiency, circularity and cleaner production: What 143 cases tell us. *Ecological Economics*, 155: 20-35. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.03.009>.

Dutta S., Lanvin B., Rivera Leon L., Wunsch-Vincent S. (2023). *Global innovation index 2023: Innovation in the face of uncertainty*. Geneva, World Intellectual Property Organization. <https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo-pub-2000-2023-en-main-report-global-innovation-index-2023-16th-edition.pdf>.

Fan L., Wang D. (2024). Natural resource efficiency and green economy: Key takeaways on clean energy, globalization, and innovations in BRICS countries. *Resources Policy*, 88: 104382. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104382>.

Giljum S., Bruckner M., Martinez A. (2015). Material footprint assessment in a global input-output framework. *Journal of Industrial Ecology*, 19(5): 792-804. <https://doi.org/10.1111/jiec.12214>.

Hamadeh N., Rompaey C., Metreau E. (2024). World Bank Group country classifications by income level for FY 24 (July 1, 2023 - June 30, 2024). <https://blogs.worldbank.org/opendata/new-world-bank-group-country-classifications-income-level-fy24>.

Hatfield-Dodds S., Schandl H., Newth D., Obersteiner M., Cai Y., Baynes T., West J., Havlik P. (2017). Assessing global resource use and greenhouse emissions to 2050, with ambitious resource efficiency and climate mitigation policies. *Journal of Cleaner Production*, 144: 403-414. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.170>.

Matuščík J., Kočí V. (2021). What is a footprint? A conceptual analysis of environmental footprint indicators. *Journal of Cleaner Production*, 285: 124833. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124833>.

Rahmani A., Aboojafari R., Bonyadi Naeini A., Mashayekh J. (2024). Adoption of digital innovation for resource efficiency and sustainability in the metal industry. *Resources Policy*, 90: 104719. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.104719>.

Singh S., Bhardwaj M., Mahendru M., Bansal P., Roszko-Wójtowicz E. (2024). Exploring economic development and mineral rents nexus across BRICS nations: Fresh insights from multiple threshold panel analysis. *Resources Policy*, 88: 104537. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104537>.

Sun Y., Gao P., Tian W., Guan W. (2023). Green innovation for resource efficiency and sustainability: Empirical analysis and policy. *Resources Policy*, 81: 103369. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103369>.

Tang W., Mai L., Li M. (2023). Green innovation and resource efficiency to meet net-zero emission. *Resources Policy*, 86(B): 104231. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104231>.

Wiedmann T.O., Schandl H., Lenzen M., Moran D., Suh S., West J., Kanemoto K. (2015). The material footprint of nations. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112 (20): 6271-6276. <https://doi.org/10.1073/pnas.1220362110>.

Информация об авторе

Сергей Иванович Кравченко

Доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры стратегического и инновационного развития факультета «Высшая школа управления», Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (Москва, Россия). ORCID: 0000-0001-8391-0445.

Область научных интересов: инвестиционная и инновационная деятельность, национальные инновационные системы, управление наукой и образованием, управление изменениями.

SKravchenko@fa.ru

About the author

Sergey I. Kravchenko

Doctor of economic sciences, professor, professor at the Department of Strategic and Innovative Development of the Faculty 'Higher School of Management', Financial University under the Government of the Russian Federation (Moscow, Russia). ORCID: 0000-0001-8391-0445.

Research interests: investment and innovation, national innovation systems, science and education management, change management.

SKravchenko@fa.ru

作者信息

Sergey I. Kravchenko

经济学博士·教授·俄罗斯国立财政金融大学高等管理学院战略与创新发系教授（俄罗斯·莫斯科）。ORCID: 0000-0001-8391-0445.

科研兴趣领域：投资和创新活动、国家创新体系、科学和教育管理、变革管理。

SKravchenko@fa.ru

Статья поступила в редакцию 16.10.2023; после рецензирования 04.11.2023 принята к публикации 15.11.2023. Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

The article was submitted on 16.10.2023; revised on 04.11.2023 and accepted for publication on 15.11.2023. The author read and approved the final version of the manuscript.

文章于 16.10.2023 提交给编辑。文章于 04.11.2023 已审稿。之后于 15.11.2023 接受发表。作者已经阅读并批准了手稿的最终版本。