

Влияние технологического спилловера на пространстве ЕАЭС на состояние окружающей среды

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-28-01774, <https://rscf.ru/project/23-28-01774/>

Шкиотов Сергей Владимирович 

кандидат экономических наук, доцент

ФГБОУ ВО «Ярославский государственный технический университет», г. Ярославль, Российская Федерация

E-mail: shkiotov@yandex.ru

Маркин Максим Игоревич 

старший преподаватель

ФГБОУ ВО «Ярославский государственный технический университет», г. Ярославль, Российская Федерация

E-mail: markinmi@ystu.ru

Аннотация. Устранение барьеров для перемещения товаров, услуг и факторов производства в рамках интеграционного объединения приводит к возникновению спилловер-эффектов, оказывающих существенное влияние на благосостояние населения в интегрирующихся странах. В условиях растущей динамики товарооборота и ускорения экономического роста в странах Евразийского экономического союза (ЕАЭС), а также недостаточности исследований, посвященных экологической ситуации в этом регионе, особую актуальность приобретает изучение влияния технологий на состояние окружающей среды в России, Беларуси, Казахстане, Киргизии и Армении. Цель исследования – идентифицировать влияние технологического спилловера на состояние окружающей среды в пяти странах ЕАЭС в интервале 2011-2022 гг. Гипотеза исследования – распространение технологий на пространстве ЕАЭС изменяет качество производства (происходит увеличение доли возобновляемых источников энергии), а это снижает ущерб окружающей среде, через уменьшение выбросов CO₂. В работе проводилось исследование стационарности переменных, определялась наиболее подходящая модель для каждого набора данных, рассматривалась возможность использования моделей с фиксированными или случайными эффектами. В результате проведенного исследования заявленная в работе гипотеза не нашла своего подтверждения по панельным данным для стран ЕАЭС в интервале 2011-2022 годы.

Ключевые слова: global innovation index; ЕАЭС; экологический след; спилловер-эффекты интеграции; качество окружающей среды.

JEL codes: F22; F02; O15

DOI: <https://doi.org/10.52957/2221-3260-2024-10-116-126>

Для цитирования: Шкиотов, С.В. Влияние технологического спилловера на пространстве ЕАЭС на состояние окружающей среды / С.В. Шкиотов, М.И. Маркин. - Текст : электронный // Теоретическая экономика. - 2024 - №10. - С.116-126. - URL: <http://www.theoreticaleconomy.ru> (Дата публикации: 30.10.2024)

Введение

Устранение барьеров на пути движения товаров, услуг и факторов производства на пространстве интеграционного объединения создает неожиданные, побочные т.н. спилловер-эффекты, оказывающие влияние на благосостояние жителей объединяющихся стран [1], [2]. Так, интенсификация обмена знаниями (спилловер знаний) [3], [4] и технологиями (спилловер технологий) [5], [6] в рамках единого экономического пространства может существенно изменить состояние окружающей среды. С одной стороны, это может привести к росту объемов производства, что в соответствии с экологической кривой Кузнеца [7], окажет негативное влияние на состояние окружающей среды. С другой, – благодаря повышению технологического уровня, может измениться качество самого производства (например, за счет увеличения доли возобновляемых источников энергии), а это снизит ущерб окружающей среде, через уменьшение выбросов CO₂.

Обзор актуальных литературных источников представленный в таблице 1 также не дает однозначного ответа на вопрос – как технологии влияют на состояние окружающей среды?

Таблица 1 – Влияние технологий на состояние окружающей среды

Аспект	Позитивное влияние на экологию	Негативное влияние на экологию
Технологические инновации	<ul style="list-style-type: none"> - Уменьшение экологического следа в странах БИКС [8] и странах инициативы «Пояс и путь» [9]. - Уменьшение экологического следа в городах Китая, особенно в инновационных [10], [11]. - Уменьшение загрязнения окружающей среды в Средней Азии и в странах Среднего Востока [12]. 	<ul style="list-style-type: none"> - Увеличивается экологический след в странах АТЭС в долгосрочном интервале времени [13]. - Не оказывает значимого влияние на состояние экологии в странах ВЕМ странах [14].
Финансовое развитие	<ul style="list-style-type: none"> - Улучшает качество окружающей среды в странах АТЭС [13]. 	<ul style="list-style-type: none"> - Увеличивает экологические издержки в странах ВЕМ [14] и БИКС [8]. - Увеличивает загрязнение окружающей среды в Средней Азии и в странах Среднего Востока [12].
Использование возобновляемых источников энергии	<ul style="list-style-type: none"> - Существенно снижает экологический след в странах БИКС [8] 	Не упоминается
Экономический рост	<ul style="list-style-type: none"> - Негативное влияние на экологию в соответствии с гипотезой экологической кривой Кузнеця в целом ряде регионов [8], [9], [12], [15] 	<ul style="list-style-type: none"> - Увеличивает экологические издержки в странах АТЭС [13] и НИС [16].
Урбанизация	Не упоминается	<ul style="list-style-type: none"> - Увеличивает экологический след в Средней Азии и в странах Среднего Востока [12]. - Увеличивает экологические издержки в странах НИС [16].

Источник: составлено авторами по [8-16]

Таким образом, можно сделать вывод о том, что в целом технологии оказывают положительное влияние на состояние окружающей среды особенно в странах БИКС, странах инициативы «Пояс и путь» и инновационных городах Китая. Вместе с тем ряд исследований указывает на рост экологических издержек, например для стран АТЭС. Кроме того, обращает внимание отсутствие исследований связанных с деятельностью ЕАЭС в этом контексте.

Если обратиться к данным сайта [Footprintnetwork.org](https://www.footprintnetwork.org/)¹, который рассчитывает индекс экологического следа в том числе и для отдельных стран, то можно увидеть риски растущего экологического дефицита для четырех из пяти экономик Евразийского экономического союза (ЕАЭС)

¹ Global Footprint Network. <https://www.footprintnetwork.org/>

(см. рис. 1).

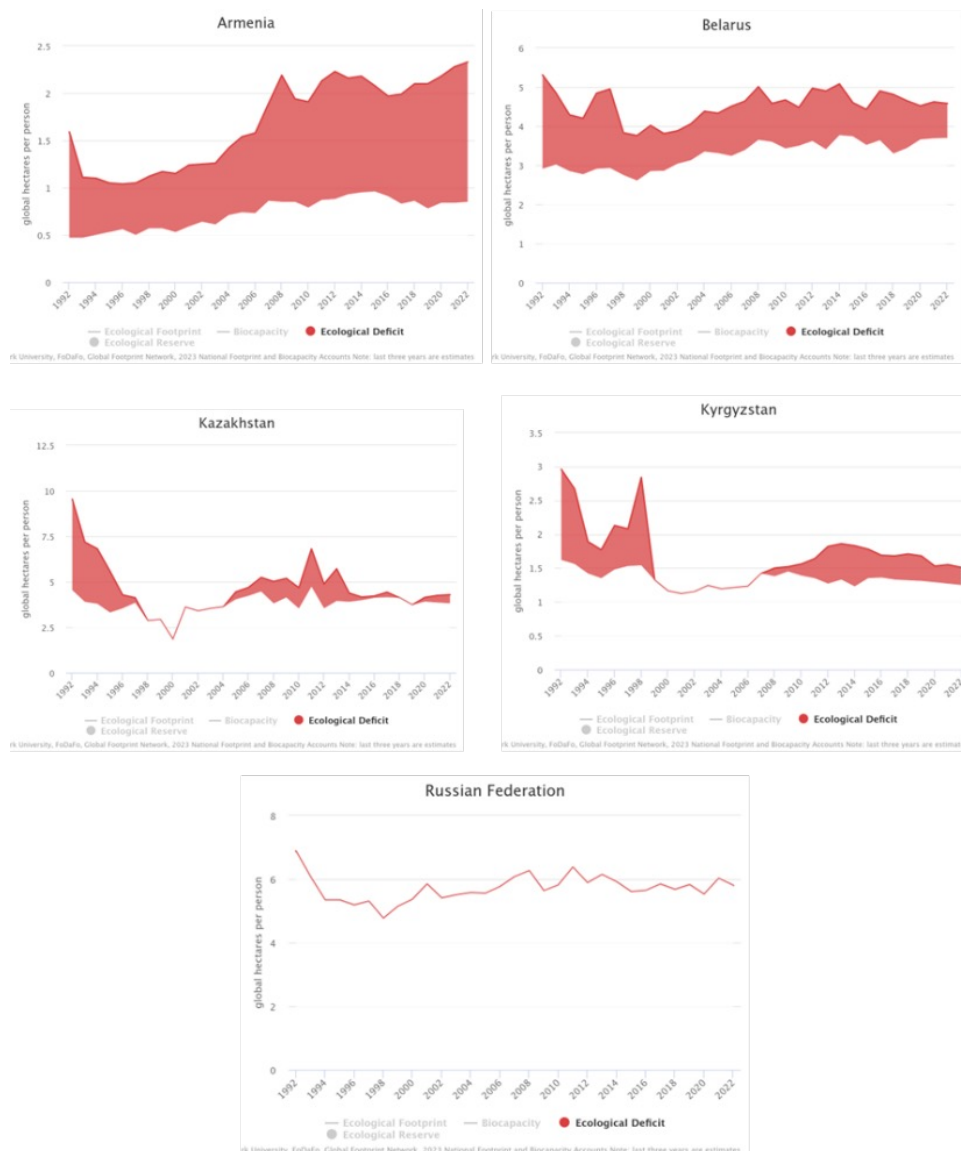


Рисунок 1. Экологические дефициты в странах ЕАЭС, 1992-2022 гг.²

С учетом растущей динамики товарооборота и темпов роста экономик стран ЕАЭС, отсутствием исследований, посвященных состоянию окружающей среды на пространстве этого интеграционного объединения, вопрос о влиянии технологий на состояние окружающей среды в России, Белорусии, Казахстане, Киргизии и Армении (а, значит и качество жизни населения) приобретает особую значимость.

Цель исследования – идентифицировать влияние технологического спилловера на состояние окружающей среды в пяти странах ЕАЭС в интервале 2011-2022 гг.

Методы

Гипотеза исследования: распространение технологий на пространстве ЕАЭС изменяет качество производства (происходит увеличение доли возобновляемых источников энергии), а это снижает ущерб окружающей среде, через уменьшение выбросов CO₂.

Исследуемые показатели:

² Global Footprint Network. <https://www.footprintnetwork.org/>

- Global innovation index (GII) – как прокси показатель технологического развития стран (данные взяты из совместного исследования INSEAD и ВОИС)³;

- CO2 emission – как прокси показатель классического типа производства (данные представлены в Базе данных Всемирного Банка)⁴;

- Renewable energy consumption (% of total final energy consumption) – как прокси показатель нового, высокотехнологичного типа производства (данные представлены в Базе данных Всемирного Банка)⁵;

- Gha per capita (Ecology_Footprint) – как прокси показатель состояния окружающей среды (данные представлены сайтом: Footprintnetwork.org)⁶.

Данные приведены в интервале: 2011-2022 годы (см. табл. 2-5).

Границы исследования: 5 стран ЕАЭС.

Дизайн и эконометрическая стратегия исследования опирается на работу Vui Hoang Ngosa & Nguyen Huynh Mai Tramb [17] посвященную оценке влияния финансового развития и глобализации на качество окружающей среды стран АСЕАН.

Таблица 2 – Global innovation index (GII) для стран ЕАЭС, 2011-23 гг.⁷

Country Name	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Armenia	33	34,5	37,59	36,06	37,31	35,14	35,65	32,81	33,98	32,64	31,4	26,6	28
Belarus		32,9	34,62	37,1	38,23	30,39	29,98	29,35	32,07	31,27	32,6	27,5	26,8
Kazakhstan	30,32	31,9	32,73	32,75	31,25	31,51	31,5	31,42	31,03	28,56	28,6	24,7	26,7
Kyrgyz	29,79	26,4	26,98	27,75	27,96	26,62	28,01	27,56	28,38	24,51	24,5	21,1	20,2
Russia	35,85	37,9	37,2	39,14	39,32	38,5	38,76	37,9	37,62	35,63	36,6	34,3	33,3

Таблица 3 – Renewable energy consumption (% of total final energy consumption) для стран ЕАЭС, 2011-2021 гг.⁸

Country Name	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Armenia	8	6,6	6,8	7,1	10,7	13,2	12,6	11,1	10,3	8,4	9,1
Belarus	7,5	7,2	7	6,7	6,8	6,7	7,3	7,2	7,8	8,4	8,2
Kazakhstan	1,4	1,3	1,2	1,3	1,7	2,1	2	1,9	1,9	1,8	2
Kyrgyz	26	22,4	24,8	26,6	23,5	22,2	24,7	23,4	28,3	30	27,6
Russia	3,2	3,2	3,6	3,3	3,2	3,4	3,2	3,2	3,2	3,7	3,5

Таблица 4 – CO2 Emission для стран ЕАЭС, 2011-2022 гг.⁹

Country Name	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Armenia	1,67	1,95	1,89	1,89	1,85	1,77	1,89	2,01	2,19	2,39	2,48	2,28
Belarus	6,63	6,77	6,79	6,74	6,24	6,23	6,36	6,72	6,51	6,19	6,41	6,22
Kazakhstan	15,60	15,26	16,16	13,21	11,48	11,89	12,44	12,37	11,60	11,87	12,26	12,52

³ Global Innovation Index. Innovation Ecosystems & Data Explorer. <https://www.wipo.int/gii-ranking/en>

⁴ DataBankWorld. Development Indicators. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators#>

⁵ DataBankWorld. Development Indicators. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators#>

⁶ Global Footprint Network. <https://www.footprintnetwork.org/>

⁷ Global Innovation Index. Innovation Ecosystems & Data Explorer. <https://www.wipo.int/gii-ranking/en>

⁸ DataBankWorld. Development Indicators. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators#>

⁹ DataBankWorld. Development Indicators. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators#>

Country Name	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Kyrgyz	1,42	1,83	1,68	1,69	1,72	1,60	1,55	1,80	1,57	1,39	1,50	1,48
Russia	12,63	12,51	12,09	11,93	11,94	11,73	11,91	12,43	12,90	12,32	13,35	13,24

Таблица 5 – Gha per capita для стран ЕАЭС, 2011-2022 гг.¹⁰

Country Name	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Armenia	2,13	2,23	2,16	2,18	2,08	1,97	1,99	2,10	2,10	2,18	2,28	2,33
Belarus	4,48	4,97	4,90	5,08	4,60	4,43	4,90	4,81	4,65	4,52	4,62	4,58
Kazakhstan	6,81	4,88	5,72	4,38	4,16	4,22	4,43	4,12	3,73	4,14	4,25	4,29
Kyrgyzstan	1,64	1,82	1,86	1,83	1,78	1,69	1,68	1,71	1,68	1,53	1,55	1,51
Russia	6,37	5,88	6,14	5,91	5,60	5,64	5,84	5,67	5,82	5,52	6,02	5,80

Результаты

В эконометрическом анализе исследование стационарности переменных является ключевым этапом при построении корректных и надежных моделей. Стационарность обеспечивает стабильность статистических свойств временных рядов или панельных данных, что позволяет избежать ложных регрессий и получить достоверные выводы. В данной работе проведен анализ стационарности переменных с использованием нескольких тестов для панельных данных, включая тест Levin, Lin & Chu (LLC) [18], а так же тест Im, Pesaran and Shin (IPS) [19]. Применение нескольких тестов позволяет повысить надежность и убедиться в согласованности результатов. Результаты тестирования представлены ниже (см. табл. 6).

Таблица 6 – Результаты тестов на стационарность переменных

Переменная	Тест Левина-Лина-Чу (LLC)	р-значение (LLC)	Тест Им-Песарана-Шина (IPS)	р-значение (IPS)	Вывод
GII	$z = -5,4479$	0,00000002548	$Wtbar = -2,0196$	0,02171	Стационарна
Renewable_Energy	$z = -3,4548$	0,0002754	$Wtbar = -1,4746$	0,07016	Стационарна
CO2_emission	$z = -1,9527$	0,02543	$Wtbar = -0,83081$	0,203	Неопределенность
Ecology_Footprint	$z = -1,0839$	0,1392	$Wtbar = -0,1929$	0,4235	Нестационарна

Источник: составлено авторами

Учитывая результаты тестов на стационарность, при построении моделей следует принять во внимание следующие моменты:

А. Использование стационарных переменных:

– GII является стационарной и может быть использована в моделях без дополнительных преобразований.

– Renewable_Energy обладает признаками стационарности и может быть включена в модели, однако рекомендуется учитывать возможные ограничения и интерпретировать результаты с осторожностью.

В. Обработка нестационарных переменных:

– CO2_emission и Ecology_Footprint являются нестационарными. Использование

¹⁰ Global Footprint Network. <https://www.footprintnetwork.org/>

нестационарных переменных в регрессионных моделях может привести к ложным регрессиям и неверным выводам. Преобразование данных путем взятия первых приводит к стационарности.

С. Учет ограничений:

– Предупреждения о «коротком временном ряде» указывают на необходимость осторожного подхода при интерпретации результатов. Возможно снижение мощности тестов и надежности оценок.

Таким образом, результаты тестов на стационарность (см. табл. 6) предоставляют важную информацию для корректного построения моделей и интерпретации результатов. Учитывая выявленную стационарность переменной ГИ, она может быть использована в дальнейших моделях в качестве независимой переменной. Для нестационарных переменных необходимо предпринять шаги по их преобразованию или использовать специальные методы анализа, чтобы обеспечить надежность и достоверность выводов.

Наши дальнейшие шаги в моделировании.

А. Спецификация моделей:

– Определить наиболее подходящую модель для каждого набора данных, учитывая результаты тестов на стационарность.

– Рассмотреть возможность использования моделей с фиксированными или случайными эффектами в зависимости от результатов теста Хаусмана [20] и характера данных.

Переходя к моделированию, важно тщательно продумать спецификацию моделей, учесть возможные ограничения данных и применить соответствующие статистические методы. Это позволит получить более точные и обоснованные результаты, которые могут быть использованы для принятия информированных решений и дальнейших исследований.

Таблица 7 – Результаты моделей случайных эффектов

Модель	1	2	3
Зависимая переменная	Возобновляемая энергия (Renewable_Energy)	Выбросы CO2 (CO2_emission)	Экологический след (Ecology_Footprint)
Коэффициент при ГИ	-0,14	0,023489	0,018312
Стандартная ошибка	0,11689	0,061089	0,032073
z-значение	-1,1977	0,3845	0,571
p-значение	0,231	0,7006	0,568
Константа	14,01459	6,345756	3,209262
Стандартная ошибка константы	5,14366	3,230384	1,278595
z-значение константы	2,7246	1,9644	2,51
p-значение константы	0,0064	0,0495	0,0121
R-квадрат	0,0264	0,0028	0,0061
Корр. R-квадрат	0,008	-0,016	-0,0126
Статистика Хи-квадрат	1,43456	0,147843	0,325988
p-значение модели	0,231	0,7006	0,568

Таблица 8 – Результаты моделей фиксированных эффектов

Модель	1	2	3
Зависимая переменная	Возобновляемая энергия (Renewable_Energy)	Выбросы CO ₂ (CO ₂ _emission)	Экологический след (Ecology_Footprint)
Коэффициент при GII	-0,11719	0,019326	0,011916
Стандартная ошибка	0,11585	0,061517	0,032256
t-значение	-1,0115	0,3142	0,3694
p-значение	0,3167	0,7547	0,7134
R-квадрат	0,0205	0,002	0,0028
Корр. R-квадрат	-0,0795	-0,0998	-0,099
F-статистика	1,02319	0,098697	0,136473
p-значение модели	0,3167	0,7547	0,7134

Таблица 9 – Результаты теста Хаусмана

Модель	Статистика Хи-квадрат	Степени свободы	p-значение	Предпочтительная модель
1	2,1567	1	0,1420	Случайные эффекты
2	0,32978	1	0,5658	Случайные эффекты
3	3,4606	1	0,06285	Случайные эффекты (на уровне 5%), Фиксированные эффекты (на уровне 10%)

Примечания к таблицам 7-9:

Зависимые переменные:

- Модель 1: Возобновляемая энергия (Renewable_Energy)
- Модель 2: Выбросы CO₂ (CO₂_emission)
- Модель 3: Экологический след (Ecology_Footprint)

Коэффициент при GII: Оценка влияния переменной GII на зависимую переменную.

Стандартная ошибка: показатель точности оценки коэффициента.

z-значение / t-значение: статистические значения для проверки значимости коэффициентов.

p-значение: вероятность получения таких результатов при условии истинности нулевой гипотезы. Значения меньше 0,05 обычно считаются статистически значимыми.

R-квадрат: доля объясненной вариации зависимой переменной моделью.

Корректированный R-квадрат: учитывает количество переменных в модели и размер выборки.

Статистика Хи-квадрат / F-статистика: используется для оценки общей значимости модели.

Предпочтительная модель по тесту Хаусмана:

- Если p-значение > 0,05, предпочтительна модель случайных эффектов.
- Если p-значение < 0,05, предпочтительна модель фиксированных эффектов.

Общий вывод по результатам исследования:

1. Коэффициенты при переменной GII не являются статистически значимыми во всех моделях (p-значения больше 0,05), что указывает на отсутствие статистически значимого влияния GII на зависимые переменные в рамках представленных моделей.

2. Модели случайных эффектов предпочтительны для всех моделей согласно результатам теста Хаусмана, хотя для третьей модели при уровне значимости 10% можно рассмотреть модель фиксированных эффектов.

3. Низкие значения R-квадрат во всех моделях свидетельствуют о том, что модели плохо объясняют вариацию зависимых переменных.

Заключение

В результате проведенного исследования заявленная в работе гипотеза не нашла своего подтверждения по панельным данным для стран ЕАЭС в интервале 2011-2022 годы. Это вступает в противоречие с выводами целого ряда исследований: [7], [8], [9], [10], [11], [13].

Полученные результаты можно объяснить ограничениями модели, связанными с небольшой глубиной панельных данных (ЕАЭС функционирует с 2015 года; ГИ в актуальном понимании рассчитывается с 2011 года), некорректно выбранными показателями (отражающими те или иные аспекты развитости технологий, состояния окружающей среды или изменения качества производства), неудачно выбранной эконометрической стратегией (происходит поиск и апробация методики исследования).

Вместе с тем, полученные результаты исследования позволили сформулировать ряд интересных исследовательских вопросов, на которые мы будем искать ответы в наших следующих исследованиях:

- как изменилась структура производства в странах ЕАЭС в последнее десятилетие?
- как изменилось качество жизни населения в странах ЕАЭС в контексте ускорения экономического роста и рисков изменения качества окружающей среды?
- как изменение качества жизни населения в странах ЕАЭС влияет уровень потребления и качество окружающей среды?

Надеемся, что проведенное исследование, полученные результаты активизируют новую волну исследований, посвященных оценке функционирования и развития ЕАЭС.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-28-01774, <https://rscf.ru/project/23-28-01774/>

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

АВТОРСКИЙ ВКЛАД

Маркин М.И. – корреляционный анализ; визуализация данных;
Шкиотов С.В. – концепт статьи; написание оригинального текста.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 K. Zeng and J. Eastin, "Do Developing Countries Invest Up? The Environmental Effects of Foreign Direct Investment from Less-Developed Countries," *World Dev.*, vol. 40, no. 11, pp. 2221–2233, Nov. 2012, doi: 10.1016/j.worlddev.2012.03.008.
- 2 "Spillover Effects of China Going Global." Accessed: Nov. 30, 2024. [Online]. Available: <https://www.worldscientific.com/worldscibooks/10.1142/9171>
- 3 A. Faggian and P. McCann, "Human capital, graduate migration and innovation in British regions," *Camb. J. Econ.*, vol. 33, no. 2, pp. 317–333, Mar. 2009, doi: 10.1093/cje/ben042.
- 4 "Human Capital-Based Strategy for Regional Economic Development - Vijay K. Mathur, 1999." Accessed: Nov. 30, 2024. [Online]. Available: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/089124249901300301>
- 5 T. Scherngell and M. J. Barber, "Spatial interaction modelling of cross-region R&D collaborations: empirical evidence from the 5th EU framework programme," *Pap. Reg. Sci.*, vol. 88, no. 3, pp. 531–547, Aug. 2009, doi: 10.1111/j.1435-5957.2008.00215.x.
- 6 "The Firm or the Region: What Determines the Innovation Behavior of European Firms? - Sternberg - 2001 - Economic Geography - Wiley Online Library." Accessed: Nov. 30, 2024. [Online]. Available: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1944-8287.2001.tb00170.x>
- 7 S. Kuznets, "Economic Growth and Income Inequality," *Am. Econ. Rev.*, vol. 45, no. 1, pp. 1–28, 1955.
- 8 B. Yang, A. Jahanger, and M. Ali, "Remittance inflows affect the ecological footprint in BICS countries: do technological innovation and financial development matter?," *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.*, vol. 28, pp. 23482–23500, Jan. 2021, doi: 10.1007/s11356-021-12400-3.
- 9 A. Majeed, C. Ye, C. Ye, X. Wei, and Muniba, "Roles of natural resources, globalization, and technological innovations in mitigation of environmental degradation in BRI economies," *PLoS ONE*, vol. 17, Jun. 2022, doi: 10.1371/journal.pone.0265755.
- 10 H. Ke, S. Dai, and H. Yu, "Spatial effect of innovation efficiency on ecological footprint: City-level empirical evidence from China," *Environ. Technol. Innov.*, p. 101536, Apr. 2021, doi: 10.1016/J.ETI.2021.101536.
- 11 H. Zhang and H. Ke, "Understanding the Heterogeneous Impact of Innovation Efficiency on Urban Ecological Footprint in China," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 19, May 2022, doi: 10.3390/ijerph19106054.
- 12 S. Kihombo, Z. Ahmed, S. Chen, T. S. Adebayo, and D. Kirikkaleli, "Linking financial development, economic growth, and ecological footprint: what is the role of technological innovation?," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 2021, doi: 10.1007/s11356-021-14993-1.
- 13 M. Usman and N. Hammar, "Dynamic relationship between technological innovations, financial development, renewable energy, and ecological footprint: fresh insights based on the STIRPAT model for Asia Pacific Economic Cooperation countries," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 28, pp. 15519–15536, Nov. 2020, doi: 10.1007/s11356-020-11640-z.
- 14 M. Destek and M. Manga, "Technological innovation, financialization, and ecological footprint: evidence from BEM economies," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 28, pp. 21991–22001, Jan. 2021, doi: 10.1007/s11356-020-11845-2.
- 15 M. Ahmad, P. Jiang, A. Majeed, M. Umar, Z. Khan, and S. Muhammad, "The dynamic impact of natural resources, technological innovations and economic growth on ecological footprint: An advanced panel data estimation," *Resour. Policy*, vol. 69, p. 101817, Dec. 2020, doi: 10.1016/j.resourpol.2020.101817.
- 16 M. Sahoo and N. Sethi, "The dynamic impact of urbanization, structural transformation, and technological innovation on ecological footprint and PM2.5: evidence from newly industrialized countries," *Environ. Dev. Sustain.*, 2021, doi: 10.1007/s10668-021-01614-7.
- 17 B. H. Ngoc and N. H. M. Tram, "Spillover impacts of financial development and globalization on environmental quality in ASEAN countries," *Heliyon*, vol. 10, no. 9, May 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e30149.

- 18 A. Levin, C.-F. Lin, and C.-S. James Chu, "Unit root tests in panel data: asymptotic and finite-sample properties," *J. Econom.*, vol. 108, no. 1, pp. 1–24, May 2002, doi: 10.1016/S0304-4076(01)00098-7.
- 19 K. S. Im, M. H. Pesaran, and Y. Shin, "Testing for unit roots in heterogeneous panels," *J. Econom.*, vol. 115, no. 1, pp. 53–74, Jul. 2003, doi: 10.1016/S0304-4076(03)00092-7.
- 20 J. A. Hausman, "Specification Tests in Econometrics," *Econometrica*, vol. 46, no. 6, pp. 1251–1271, 1978, doi: 10.2307/1913827.

Impact of technological spillover in the EAEU area on the environment

Shkiotov Sergei Vladimirovich

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor
Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russian Federation
E-mail: shkiotov@yandex.ru

Markin Maksim Igorevich

Senior Instructor
Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russian Federation
E-mail: markinmi@ystu.ru

Abstract. The removal of barriers to the movement of goods, services and factors of production within an integration association leads to the emergence of spillover effects that have a significant impact on the welfare of the population in the integrating countries. Given the growing dynamics of trade turnover and accelerating economic growth in the countries of the Eurasian Economic Union (EAEU), as well as the lack of studies on the environmental situation in this region, the study of the impact of technology on the environment in Russia, Belarus, Kazakhstan, Kyrgyzstan and Armenia is of particular relevance. The purpose of the study is to identify the impact of technological spillover on the state of the environment in five EAEU countries in the interval 2011-2022. Hypothesis of the study - the spread of technology in the EAEU space changes the quality of production (there is an increase in the share of renewable energy sources), and this reduces damage to the environment, through the reduction of CO₂ emissions. The study investigated the stationarity of variables, determined the most appropriate model for each set of data, considered the possibility of using models with fixed or random effects. As a result of the study, the hypothesis stated in the paper was not confirmed by panel data for the EAEU countries in the interval 2011-2022.

Keywords: global innovation index; EAEU; ecology footprint; spillover effects of integration; environmental quality