

Научная статья

УДК 339.5

DOI: <https://doi.org/10.48554/SDEE.2025.1.2>

ГРАВИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ: ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ВНЕШНЕЙ ТОРГОВЛИ РОССИИ И БЕЛАРУСИ СО СТРАНАМИ БРИКС

Елизавета Давыденко*, Майя Егорова, Анги Схведиани, Карина Яблонская,
Егор Мохов

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Российская Федерация, skhvediani_ae@spbstu.ru, ev.davydenko@mail.ru, egorova_mm@spbstu.ru, Yablonskaya.karina@gmail.com, mohov.es@edu.spbstu.ru

*Автор, ответственный за переписку: ev.davydenko@mail.ru

Аннотация

В исследовании проводится анализ взаимосвязи ключевых макроэкономических факторов с динамикой внешнеторговых отношений России и Беларуси со странами БРИКС в период с 2004 по 2023 год. Для анализа использовались эконометрические методы и гравитационная модель внешней торговли. В качестве зависимых переменных были выбраны логарифмы объемов экспорта и импорта из России и Беларуси в страны-партнеры. Независимые переменные включали ВВП стран-экспортеров и импортеров, ВВП на душу населения, двусторонний обменный курс и отношение объема торговли к ВВП стран. Результаты анализа показали, что объем экспорта России и Беларуси со странами-партнерами по БРИКС положительно связан с объемами ВВП этих стран и объемами ВВП на душу населения стран-экспортеров. Объем импорта России и Беларуси со странами-партнерами также положительно связан с объемами ВВП этих стран, ВВП на душу населения стран-импортеров и обменным курсом. В ходе исследования было выявлено, что отношение внешнеторгового оборота к ВВП стран-партнеров обратно пропорционально объемам импорта России и Беларуси из этих стран. Это подтверждает гипотезу о том, что динамика экспорта и импорта России и Беларуси во многом определяется уровнем экономического развития их партнеров и масштабами собственной экономики. В связи с этим правительствам России и Беларуси рекомендуется продолжать развивать торговые отношения со странами БРИКС с целью повышения конкурентоспособности на мировом рынке и достижения более высоких показателей экономического развития. В дальнейшем исследовании можно учесть такие факторы, как расстояние между странами, уровень развития технологий и другие.

Ключевые слова: гравитационная модель, внешняя торговля, макроэкономические факторы, модель панельных данных, БРИКС, Союзное государство

Цитирование: Схведиани, А., Давыденко, Е., Егорова, М., Яблонская, К., Мохов, Е., 2025. Гравитационная Модель: Эконометрический Анализ Динамики Внешней Торговли России и Беларуси со Странами БРИКС. Sustainable Development and Engineering Economics 1, 2. <https://doi.org/10.48554/SDEE.2025.1.2>

Эта работа распространяется под лицензией [CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

© Давыденко, Е., Егорова, М., Схведиани, А., Яблонская, К., Мохов, Е., 2025. Издатель: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

GRAVITY MODEL: AN ECONOMETRIC ANALYSIS OF THE FOREIGN TRADE DYNAMICS BETWEEN RUSSIA AND BELARUS WITH THE BRICS COUNTRIES

Elizaveta Davydenko*, Maya Egorova, Angi Skhvediani, Karina Yablonskaya,
Egor Mokhov

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russian Federation,
skhvediani_ae@spbstu.ru, ev.davydenko@mail.ru, egorova_mm@spbstu.ru, yablonskaya.karina@gmail.com,
mohov.es@edu.spbstu.ru

*Corresponding author: ev.davydenko@mail.ru

Abstract

The study examines the relationship between key macroeconomic indicators and the dynamics of foreign trade relations between Russia and Belarus with BRICS countries from 2004 to 2023. For this purpose, econometric methods and the gravity model of foreign trade were used. The logarithmic values of exports and imports of Russia and Belarus to partner countries were used as dependent variables, while independent variables included the GDP of exporting and importing countries, GDP per capita, bilateral exchange rates and the ratio of trade volume to GDP of the countries in question. The results of the analysis indicated that the export volume of Russia and Belarus with BRICS partner countries was positively related to the GDP volumes of these countries and the GDP per capita volumes of exporting countries. The import volume of Russia and Belarus from other countries was also positively related to the GDP of those countries, the GDP per capita and the exchange rate of importing countries. The study revealed that the ratio of foreign trade turnover to the GDP of partner countries was inversely proportional to the import volume of Russia and Belarus from those countries. This confirmed the hypothesis that the dynamics of exports and imports of Belarus and Russia were largely influenced by the economic development of their partners and the scale of their own economies. In this regard, it is recommended that the governments of Russia and Belarus continue to develop trade relations with BRICS countries to enhance competitiveness in the global market and achieve higher economic development indicators. Further research could consider factors such as distance between countries, technological development and others.

Keywords: gravity model, foreign trade, macroeconomic factors, panel data model, BRICS, Union State.

Citation: Skhvediani, A., Davydenko, E., Egorova, M., Yablonskaya, K., Mokhov, E., 2025. Gravity Model: an Econometric Analysis of the Foreign Trade Dynamics between Russia and Belarus with the BRICS Countries. Sustainable Development and Engineering Economics 1, 2. <https://doi.org/10.48554/SDEE.2025.1.2>

This work is licensed under a [CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

© Davydenko, E., Egorova, M., Skhvediani, A., Yablonskaya, K., Mokhov, E., 2025. Published by Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

1. Введение

Внешнеэкономическая деятельность является одним из основных показателей оценки макроэкономического развития стран и регионов (Strizhkova et al., 2021). Вопросы оценки эффектов международной торговли на показатели экономического развития стран и регионов являются предметом широкого круга исследований (Jadhav and Ghosh, 2024). В том числе набирают популярность вопросы, связанные с эффектами для стран, входящих в состав БРИКС (BRICS, сокр. от Brazil, Russia, India, China, South Africa) (Mehta and Patel, 2024), Шанхайской организации сотрудничества (ШОС) (Xin and Wang, 2021), Евразийского экономического союза (ЕАЭС) (Ginoyan and Tkachenko, 2022) и др.

Так, актуальным является исследование эффектов для стран, которые формируют новые или вступают в существующие надгосударственные образования (Kumar et al., 2024). К примеру, в БРИКС изначально входили пять стран: Бразилия, Россия, Индия, Китай и Южная Африка, а по состоянию на начало 2025 года – одиннадцать стран, включая Египет, Эфиопию, Иран, Объединенные Арабские Эмираты, Саудовскую Аравию и Индонезию¹. Кроме того, важными являются изменения в торговых потоках, вызванные как развитием глобальной экономики (Morozkina and Skryabina, 2021), так и трансформацией политических отношений между странами (Li and Han, 2025). В особенности это важно на фоне процессов деглобализации и поляризации мировых отношений, сопровождающихся введением санкций, выраженных в том числе в ограничении осуществления прямых торговых операций между странами, и развитием торговых войн между Китаем и США (Klupt, 2024).

Один из вопросов, который получил ограниченное освещение в научной литературе, связан с оценкой влияния международной торговли со странами БРИКС на экономические показатели стран Союзного государства – Российской Федерации и Республики Беларусь. Интерес к этим странам вызван в первую очередь их уникальным положением. Во-первых, они связаны друг с другом тесными экономическими связями, хотя размер их экономик в ценах 2021 года и скорректированный на паритет покупательской способности отличается в 23 раза². Во-вторых, против обеих стран введены масштабные экономические санкции. В-третьих, обе страны, начиная с 2022 года, сократили объемы прямой торговли с Евросоюзом и США в пользу торговли со странами БРИКС, а также со странами, ставшими выполнять роль торговых посредников.

Таким образом, целью исследования является оценка взаимосвязи макроэкономических показателей и показателей экспорта и импорта России и Беларуси со странами БРИКС с использованием гравитационной модели международной торговли.

2. Обзор литературы

В научной литературе гравитационные модели используют в рамках проведения исследований экономической интеграции различных стран и оценки взаимосвязи между показателями, характеризующими динамику их торговых связей, и показателями,

¹ BRICS BRASIL, 2025. About the BRICS. <https://brics.br/en/about-the-brics>

² World Bank Group, 2024. GDP, PPP (constant 2021 international \$). <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.PP.KD>

характеризующими их экономическое развитие. Изначально модель была предложена в работе (Tinbergen, 1962), а в современном виде представлена в (Anderson and van Wincoop, 2003). В эмпирических исследованиях в качестве зависимых переменных использовались такие показатели, как экспорт, импорт, общий объем торговли, внутриотраслевая торговля, а также другие параметры конкурентоспособности (Leitão, 2024).

Так, с помощью гравитационной модели, разработанной Amin, Hamid and Saad³, оценивались эффекты международной торговли для стран Ассоциации государств Юго-Восточной Азии (АСЕАН). В ходе анализа авторы выявили, что объем экспорта между странами связан положительно с размерами их экономик и промышленных секторов, а также негативно с размерами населения этих стран и расстояниями между ними. Отдельно необходимо отметить наличие дополнительных эффектов в ходе исследования объемов экспорта по различным отраслям.

В исследовании (Troekurova I.S. and Pelevina K.A., 2014) рассматривается применение гравитационной модели для определения зависимости внешнеторгового потока стран БРИКС от размера их экономик и расстояния между ними. Опираясь на свои вычисления, Троекурова и Пелевина делают вывод о том, что экспорт и импорт стран напрямую связаны с объемом их экономик и обратно зависимы от их удаленности. Также при росте внутреннего валового продукта анализируемых интегрированных стран высокоперспективен рост товарооборота между ними.

В (Damiyano et al., 2023) для изучения внутренних торговых потоков и волатильности обменных курсов между странами БРИКС была также использована гравитационная модель. Результаты показали, что валовой внутренний продукт (ВВП) оказывает значительное положительное влияние, в то время как географическая удаленность и волатильность обменных курсов – негативное влияние на торговые потоки внутри стран БРИКС.

Авторы (Golovko and Sahin, 2021) по результатам анализа 86 стран за период с 1994 по 2018 год определили факторы, влияющие на процесс международной интеграции евразийских стран. Для этих целей они оценили классическую и дополненную гравитационные эконометрические модели, чтобы изучить влияние границ, инфраструктуры, торговой политики и институтов на процессы международной интеграции. Основываясь на результатах оценки, авторы пришли к выводу, что страны Евразии в течение анализируемого периода были на 35% менее интегрированы в мировую торговую систему по сравнению с прогнозируемым уровнем.

В работе (Wani, 2024) оценивались факторы, связанные с объемами экспорта между странами БРИКС в период с 1992 по 2018 год. Результаты оценки показывают, что ВВП и открытость торговли положительно связаны с объемами экспортных потоков между странами БРИКС. Также авторы делают вывод о том, что формирование БРИКС оказало значительное негативное влияние на двустороннюю торговлю между странами-участницами. Также результаты исследования показывают, что географическая

³ Amin, R.M., Hamid, Z., Saad, N.M., 2009. Economic Integration Among ASEAN Countries: Evidence from Gravity Model. East Asian Development Network (EADN) Working Paper 40. <https://core.ac.uk/download/pdf/300398136.pdf>

удаленность между странами может быть фактором, препятствующим торговле между ними.

Также авторы (Azu et al., 2024) на примере вхождения Южной Африки в БРИКС оценили эффекты для ее внешней торговли. Так, в исследовании подчеркивается, что членство в БРИКС привело к значительному увеличению объемов двусторонней торговли Южной Африки, что будет способствовать присоединению к БРИКС новых африканских стран.

В работе (Mishra et al., 2015) приводятся результаты оценки гравитационной модели торговых отношений Индии с другими странами БРИКС. По результатам анализа данных в период с 1990 по 2010 год авторы заключили, что существует положительная взаимосвязь между валовым национальным продуктом (ВНП) на душу населения в стране и объемом ее торговли. Кроме того, в исследовании делается вывод о том, что, транспортные расходы негативно связаны с объемами внешней торговли между странами БРИКС. Такие факторы, как обменный курс, инфляция и соотношение импорта и ВВП, не значимо связаны с показателями внешней торговли.

Автор (Lohani, 2024) проанализировал торговые потоки Индии с остальными странами БРИКС за период с 2001 по 2016 год. Для этого в гравитационную модель торговли включили такие переменные, как ВВП на душу населения, расстояние, общий язык и т.д. Результаты исследования показали, что расстояние связано с объемами экспорта товаров из-за более высоких торговых издержек. Кроме того, общий официальный язык и общая граница положительно влияют на торговлю.

Таким образом, оценка гравитационных моделей внешнеторговой деятельности стран является актуальным направлением исследований. Особенно в контексте проведения анализа эффектов вступления различных стран в надгосударственные формирования. Один из подходов, которые используются в такого рода исследованиях, – анализ на уровне страны – объединение (Lohani, 2024).

Успешная экономическая интеграция – как на уровне двусторонних отношений между Россией и Беларусью, так и в рамках более широкой интеграции БРИКС – является возможностью для повышения конкурентоспособности стран за счет доступа к новым рынкам и ресурсам, укрепления и налаживания взаимных торговых путей при следовании стратегическим целям каждого из участников объединения. Основной гипотезой исследования является то, что динамика экспорта и импорта России и Беларуси в значительной степени зависит от уровня экономического развития ее партнеров, а также от масштабов собственных экономик.

3. Материалы и методы

Для проверки выдвинутой гипотезы была использована гравитационная модель, которая описывает экономическое взаимодействие между странами (Lohani, 2024).

В основе модели лежит идея, заимствованная из физики, о том, что страны могут притягиваться друг к другу в зависимости от ряда факторов. Такая закономерность проявляется в виде интенсивности торговых отношений: предполагается, что чем ближе страны, тем больше объемы торговли между ними, более тесное внешнеторговое

взаимодействие. Базовым фактором притяжения в данной модели является размер экономики, который определяется объемом ВВП. Модель также расширена путем включения переменной, которая отражает долю торговли между странами в общем объеме их внешней торговли, что позволит оценить значимость этих торговых связей для каждой страны. Также добавлена переменная, контролирующая влияние обменного курса валют, так как предполагается, что колебания обменных курсов могут существенно влиять на динамику объемов экспортных и импортных отношений.

4. Данные исследования

На основе результатов анализа научной литературы были выбраны следующие показатели в разрезе стран: ВВП Российской Федерации и Республики Беларусь, их ВВП на душу населения, двусторонний обменный курс по отношению к валюте, степень торговой открытости стран и расстояние между ними, а также объемы экспорта и импорта (табл. 1). Под странами i рассматриваются Россия и Беларусь. Под странами j рассматриваются Беларусь, Россия⁴, Китай, Индия, ЮАР и Бразилия.

В контексте выявления закономерностей, которые оказываются связаны с торговой динамикой между странами, статистически значимый коэффициент у стран i будет трактоваться как индикатор большей экономической силы и более высокого потенциала для экспорта или импорта для стран j . Так, данный результат может указывать на возможность привлечения торговых партнеров к экономикам России и Беларуси как к более крупным экономикам. Если значимый коэффициент будет определен у стран j , то есть стран, которые выступают в качестве торговых партнеров, это может означать большую или меньшую степень их притяжения к странам i . В модели индекс j обозначает страну-партнера, которая является пунктом назначения экспорта или источником импорта.

Обозначение переменных представлено в табл. 1.

Для проведения исследования указанные переменные были взяты под логарифм, так как предварительный анализ показал наличие нелинейных связей. Описательная статистика и результаты корреляционного анализа представлены в табл. 2, 3. Данные расчетов получены с помощью программного обеспечения “Stata”.

Таблица 1. Данные для построения модели

Обозначение переменной	Описание	Источник данных
<i>Зависимые переменные (X)</i>		
$EFlow_{ijt}$	Объем экспорта из страны i в страну j (USD) в год t	UNComtrade
$IFlow_{ijt}$	Объем импорта из страны i в страну j (USD) в год t	UNComtrade
<i>Независимые переменные (Y)</i>		
$RGDP_{it}$	ВВП страны i в год t в постоянных ценах 2010 года	World Development Indicator

⁴ Для случая, когда рассматривается торговля между Беларусью и Россией.

Обозначение переменной	Описание	Источник данных
$RGDP_{jt}$	ВВП страны j в год t в постоянных ценах 2010 года	World Development Indicator
$RCGDP_{it}$	ВВП на душу населения страны i в год t в постоянных ценах 2010 года	World Development Indicator
$RCGD_{jt}$	ВВП на душу населения страны j в год t в постоянных ценах 2010 года	World Development Indicator
$DRCGD_{ijt}$	Абсолютная разница ВВП на душу населения страны i и страны j в год t в постоянных ценах 2010 года	Calculate
BER_{ijt}	Двусторонний обменный курс валюты страны i по отношению к валюте страны j в год t	UNCTAD
BER_{jti}	Двусторонний обменный курс валюты страны j по отношению к валюте страны i в год t	UNCTAD
$OPEN_{it}$	Отношение объема торговли страны i в год t к ее ВВП	UNCTAD
$OPEN_{jt}$	Отношение объема торговли страны j в год t к ее ВВП	UNCTAD
$Dist_{ijt}$	Дистанция между столицами стран i и j в год t	www.timeanddate.com

Таблица 2. Корреляционный анализ

	$EFlow_{ijt}$	$IFlow_{ijt}$	$RGDP_{it}$	$RGDP_{jt}$	$RCGDP_{it}$	$RCGD_{jt}$	$DRCGD_{ijt}$	$Dist_{ijt}$	BER_{ijt}	$OPEN_{it}$	$OPEN_{jt}$
$EFlow_{ijt}$	1										
$IFlow_{ijt}$	0.93*	1									
$RGDP_{it}$	0.53*	0.65*	1								
$RGDP_{jt}$	0.23*	0.17*	-0.18*	1							
$RCGDP_{it}$	0.33*	0.34*	0.47*	0.05	1						
$RCGD_{jt}$	0.12	0.10	0.07	-0.06	0.21*	1					
$DRCGD_{ijt}$	0.24*	0.21*	0.28*	-0.08	0.30*	-0.36*	1				
$Dist_{ijt}$	-0.42*	-0.42*	-0.29*	0.52*	-0.11	0.15*	-0.30*	1			
BER_{ijt}	0.17*	0.11	0.23*	0.33*	0.16*	-0.01	0.18*	0.36*	1		
$OPEN_{it}$	-0.55*	-0.66*	-0.92*	0.19*	-0.43*	-0.06	-0.23*	0.30*	-0.19*	1	
$OPEN_{jt}$	0.10	0.17*	0.23*	-0.65*	0.11	-0.11	0.25*	-0.81*	-0.33*	-0.23*	1

Звездочки обозначают значимые на уровне 0.05 коэффициенты корреляции

Таблица 3. Описательная статистика

Variable	N	Mean	p50	Max	Min	SD
$EFlow_{ijt}$	180	20.96	21.32	25.58	13.30	2.76
$IFlow_{ijt}$	180	19.93	20.77	25.43	11.56	3.39

Variable	N	Mean	p50	Max	Min	SD
$RGDP_{it}$	180	33.37	33.46	35.37	30.81	1.65
$RGDP_{jt}$	180	34.53	34.9	37.42	30.81	1.53
$RCGDP_{it}$	180	15.85	15.89	16.58	12.99	0.64
$RCGD_{jt}$	180	15.26	15.65	16.41	12.05	0.98
$DRCGD_{ijt}$	180	14.89	15.09	16.54	10.87	1.04
$Dist_{ijt}$	180	8.62	8.78	9.32	6.52	0.81
BER_{ijt}	180	-2.2	-2.22	0.61	-5.35	1.46
$OPEN_{it}$	180	4.31	4.01	5.04	3.75	0.48
$OPEN_{jt}$	180	3.86	3.85	5.04	3.05	0.46

5. Эконометрическая спецификация гравитационной модели

Гравитационная модель будет оценена с использованием логарифмической функции. В качестве зависимых переменных используются логарифмы объемов экспорта и импорта из России и Беларуси в страны-партнеры. Поскольку ряд переменных имеют функциональную связь друг с другом, то они будут оценены отдельно друг от друга:

$$\begin{aligned}
 \ln EFlow_{ijt} = & \beta_0 + \beta_1 \ln RGDP_{it} + \beta_2 \ln RGDP_{jt} + \beta_3 \ln RCGDP_{it} + \beta_4 \ln RCGD_{jt} + \beta_5 \ln DRCGD_{ijt} + \\
 & + \beta_5 \ln BER_{ijt} + \beta_6 \ln BER_{jit} + \beta_6 \ln OPEN_{it} + \beta_6 \ln OPEN_{jt} + \beta_6 \ln Dist_{ijt} + u_{ijt}; \\
 \ln IFlow_{ijt} = & \beta_0 + \beta_1 \ln RGDP_{it} + \beta_2 \ln RGDP_{jt} + \beta_3 \ln RCGDP_{it} + \beta_4 \ln RCGD_{jt} + \beta_5 \ln DRCGD_{ijt} + \\
 & + \beta_5 \ln BER_{ijt} + \beta_6 \ln BER_{jit} + \beta_6 \ln OPEN_{it} + \beta_6 \ln OPEN_{jt} + \beta_6 \ln Dist_{ijt} + u_{ijt}.
 \end{aligned}$$

Для построения моделей будет использоваться метод наименьших квадратов (OLS) для оценки модели сквозной регрессии, а также модели с фиксированными (FE) и случайными (RE) панельными эффектами, что позволяет учитывать индивидуальные экономические эффекты между исследуемыми объектами. Модели с фиксированными эффектами (FE) предполагают существование специфических, не зависящих от времени характеристик объектов, которые существенно влияют на различия в зависимой переменной между ними.

6. Результаты

Результаты исследования представлены в табл. 4 и 5. При построении модели для объема экспорта были выявлены статистически значимые с объемами ВВП на душу населения страны-партнера, с которой оценивается торговля, и объемом ВВП i-й страны. Можно сделать вывод о том, что уровень экономического развития, который в данном исследовании представлен ВВП на душу населения, а также размер собственных экономик России и Беларуси связан с объемами экспорта в страны БРИКС, согласно модели FE_1.1 на уровне значимости 5%. При этом данный эффект сохраняется, если включить в модели обменный курс валют России и Беларуси к валютам стран БРИКС, а также показатель, отражающий степень открытости их экономик (модель FE_1.2). Однако при включении в модель показателя открытости экономик стран-партнеров (модель FE_1.3) объемы ВВП на душу населения России и Беларуси становятся не значимыми, тогда как степень открытости

стран-партнеров показывает положительную и значимую взаимосвязь с объемами экспорта России и Беларуси. Таким образом, подтверждается гипотеза о том, что динамика экспорта России и Беларуси положительно связана с объемом ВВП на душу населения той страны, с которой ведутся торговые операции, и с объемом этих стран ВВП, следовательно, развитие экономик контрагентов в интеграционных объединениях может способствовать увеличению масштабов экспорта.

Таблица 4. Результаты моделирования по показателю Экспорт России и Беларуси

	OLS_1.1	OLS_1.2	OLS_1.3	FE_1.1	FE_1.2	FE_1.3	RE_1.1	RE_1.2	RE_1.3
	b/se	b/se	b/se	b/se	b/se	b/se	b/se	b/se	b/se
<i>RGDP_{it}</i>	0.754*** (0.084)	0.093 (0.179)	0.664*** (0.086)	0.024 (0.072)	-0.014 (0.083)	0.013 (0.082)	0.056 (0.088)	0.005 (0.099)	0.042 (0.097)
<i>RGDP_{jt}</i>	1.235*** (0.109)	1.208*** (0.108)	1.003*** (0.123)	0.188* (0.066)	0.151* (0.054)	0.107 (0.067)	0.192** (0.066)	0.153** (0.051)	0.113 (0.064)
<i>RCGDP_{it}</i>	-0.326 (0.23)	-0.316 (0.229)	-0.208 (0.238)	0.395* (0.152)	0.359* (0.134)	0.427* (0.155)	0.388** (0.15)	0.341* (0.135)	0.419** (0.154)
<i>RCGD_{jt}</i>	0.774*** (0.122)	0.803*** (0.108)	0.728*** (0.105)	0.34 (0.283)	0.301 (0.22)	0.248 (0.156)	0.336 (0.282)	0.295 (0.22)	0.251 (0.162)
<i>DRCGD_{ij}</i>	0.249* (0.123)	0.23 (0.127)	0.187 (0.119)	0.145 (0.138)	0.109 (0.103)	0.136 (0.106)	0.144 (0.139)	0.108 (0.105)	0.135 (0.107)
<i>Dist_{ijt}</i>	-2.267*** (0.162)	-2.385*** (0.153)	-3.140*** (0.228)						
<i>BER_{ijt}</i>		0.215* (0.085)			0.262 (0.265)			0.268 (0.256)	
<i>OPEN_{it}</i>			-2.217** (0.669)			-0.69 (0.924)			-0.984 (0.842)
<i>BER_{jit}</i>				-0.224** (0.082)			-0.229 (0.209)		-0.221 (0.21)
<i>OPEN_{jt}</i>					-1.971*** (0.492)		-1.02 (0.851)		-0.942 (0.835)
_cons	-37.647*** (4.138)	-3.926 (8.238)	-11.245 (6.82)	0.069 (5.698)	7.849 (6.1)	(4.389)	-0.951 (5.907)	8.818 (5.754)	7.316 (4.841)
r2_a	0.695	0.721	0.731	0.29	0.314	0.338			
r2_w					0.31	0.34	0.364	0.31	0.339
r2_b					0.351	0.293	0.031	0.406	0.329
r2_o					0.202	0.27	0.058	0.235	0.31
N	180	180	180	180	180	180	180	180	180
aic	669.347	655.057	648.644	385.655	381.543	374.916			
bic	691.697	683.794	677.381	401.62	403.894	397.267			

В круглых скобках приведены стандартные ошибки
Звездочки обозначают уровень значимости. Так * - 0.05, ** - 0.01, *** - 0.001

Результаты моделирования по показателю Импорт представлены в табл. 5. Согласно полученным оценкам, в моделях с фиксированными эффектами есть значимая на уровне 5% положительная взаимосвязь между размерами ВВП на душу населения России и Беларуси и объемами их импорта. Также, значимым оказался фактор обменного курса. Так, более высокий курс национальных валют России и Беларуси по отношению к валютам других стран положительно связан с импортом их стран-партнеров. При этом в модели FE_2.3 открытость стран-партнеров отрицательно связана с объемами импорта России и Беларуси.

Таблица 5. Результаты моделирования по показателю Импорт России и Беларуси

	OLS_2.1	OLS_2.2	OLS_2.3	FE_2.1	FE_2.2	FE_2.3	RE_2.1	RE_2.2	RE_2.3
	b/se	b/se	b/se	b/se	b/se	b/se	b/se	b/se	b/se
<i>RGDP_{it}</i>	1.242*** (0.095)	0.397* (0.194)	1.227*** (0.106)	0.024 (0.072)	-0.009 (0.064)	0.024 (0.044)	0.056 (0.088)	0.021 (0.075)	0.066 (0.062)
<i>RGDP_{jt}</i>	1.350*** (0.123)	1.363*** (0.122)	1.241*** (0.151)	0.188* (0.066)	0.122 (0.066)	0.043 (0.071)	0.192** (0.066)	0.118* (0.058)	0.048 (0.068)
<i>RCGDP_{it}</i>	-0.485* (0.193)	-0.493** (0.17)	-0.428* (0.199)	0.395* (0.152)	0.298* (0.1)	0.351* (0.121)	0.388** (0.15)	0.272** (0.099)	0.341** (0.118)
<i>RCGD_{jt}</i>	0.702*** (0.137)	0.746*** (0.128)	0.678*** (0.134)	0.34 (0.283)	0.241 (0.189)	0.148 (0.125)	0.336 (0.282)	0.233 (0.194)	0.154 (0.134)
<i>DRCGD_{ijt}</i>	0.034 (0.144)	0.11 (0.132)	0.038 (0.137)	0.145 (0.138)	0.005 (0.1)	0.038 (0.105)	0.144 (0.139)	0.002 (0.101)	0.035 (0.105)
<i>Dist_{ijt}</i>	-2.526*** (0.183)	-2.455*** (0.171)	-2.920*** (0.284)						
<i>BER_{ijt}</i>		0.0001 (0.095)			0.550* (0.206)			0.556** (0.202)	
<i>OPEN_{it}</i>			-3.143*** (0.729)		0.02 (0.842)			-0.424 (0.857)	
<i>BER_{jit}</i>				-0.009 (0.095)		-0.547** (0.14)			-0.529*** (0.144)
<i>OPEN_{jt}</i>				-1.092 (0.615)		-1.523* (0.543)			-1.401* (0.573)
-cons	-49.868*** (4.399)	-10.865 (8.983)	-38.562*** (8.277)	0.069 (5.698)	8.682 (6.654)	16.356** (4.471)	-0.951 (5.907)	10.286 (5.964)	14.348*** (4.24)
r2_a	0.73	0.754	0.733	0.29	0.39	0.46			
r2_w				0.31	0.414	0.482	0.31	0.412	0.48
r2_b				0.351	0.021	0	0.406	0.1	0.004
r2_o				0.202	0.039	0.006	0.235	0.117	0.015
N	180	180	180	180	180	180	180	180	180
aic	721.261	706.357	721.159	385.655	345.668	323.622			
bic	743.612	735.094	749.896	401.62	368.019	345.973			

В круглых скобках приведены стандартные ошибки
Звездочки обозначают уровень значимости. Так * - 0.05, ** - 0.01, *** - 0.001

7. Обсуждение

Результаты исследования согласуются с выводами, полученными в других исследованиях. Так, более высокий уровень ВВП на душу населения положительно связан с объемами экспорта России и Беларуси. Это означает, что доход на душу населения способствует торговле и повышению уровня производительности в странах-экспортёрах, в то время как население этих стран имеет более высокие запросы по отношению к потребляемым товарам (Khurana and Nauriyal, 2017; Lohani, 2024; Yang and Martinez-Zarzoso, 2014). Значимая оценка коэффициента Эластичность ВВП экспортёров (импортёров) также соответствует ожиданиям; это также видно из исследований (Khurana and Nauriyal, 2017; Lohani, 2024; Yang and Martinez-Zarzoso, 2014). Результаты, связанные с курсом национальных валют исследуемых стран по отношению к странам-партнерам, также укладываются в общую логику исследований. Так, при более высоком курсе валют стран-партнеров к рублю и белорусскому рублю наблюдаются более низкие объемы импорта. Это говорит о том, что импортная продукция будет дешевле, чем отечественная, что будет создавать спрос на товары зарубежного происхождения. Это также согласуется с результатами (Ekanayake and Dissanayake, 2022).

Полученные модели учитывают не весь перечень факторов, которые были использованы в исследованиях, приведенных в литературном обзоре. Многие показатели коррелировали между собой, что ограничило возможность проверки и подтверждения. Следовательно, не все аспекты влияния интеграционных объединений были учтены. В частности, эффект других интеграционных объединений, таких как ЕАЭС, подтвержденный статистически другими авторами, в данном исследовании не рассматривался. Кроме того, не рассматривались взаимосвязи между иными показателями, к примеру развития информационных технологий, уровня грамотности населения, расстояния между странами, изменения в структуре внешнеторговых операций и т.п.

8. Заключение

Проведя моделирование динамики внешней торговли Российской Федерации и Республики Беларусь со странами БРИКС, авторы выявили ряд зависимостей между объемами экспорта и импорта России и Беларуси с их показателями экономического развития, а также с показателями экономического развития стран БРИКС. Результаты подтвердили гипотезу о том, что чем выше уровень экономического развития стран-партнеров России и Беларуси и их собственного, тем больше объем экспорта и импорта этих стран.

Основываясь на полученных расчетах, можно прийти к выводу, что у интегрированного в БРИКС Союзного государства есть большой потенциал для увеличения внешней торговли со странами-партнерами.

Для усиления положительных эффектов России и Беларуси необходимо продолжать работу над созданием благоприятных условий для активной торговли на разных рынках, уделять внимание сотрудничеству в области высоких технологий и инновационному развитию, налаживать партнерства на стратегическом уровне в области научно-технической деятельности каждой из стран-участниц интеграционного объединения.

В дальнейших работах можно использовать данную модель для оценки взаимосвязи иных показателей с объемами экспорта и импорта как стран, входящих в Союзное государство, так и иных стран, вошедших в БРИКС или ставшими партнерами БРИКС.

Финансирование

Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания «Разработка методологии формирования инструментальной базы анализа и моделирования пространственного социально-экономического развития систем в условиях цифровизации с опорой на внутренние резервы» (FSEG-2023-0008).

Список литературы

- Anderson, J.E., van Wincoop, E., 2003. Gravity with Gravitas: A Solution to the Border Puzzle. *American Economic Review* 93 (1), 170–192. <https://doi.org/10.1257/000282803321455214>
- Azu, N.P., Adekalu, S.O., Isa, Y., Chiadikobi, J.O., 2024. Evaluating the influence of information and communication technology and the BRICS in South African trade dynamics: a gravity model approach. *Journal of International Trade Law and Policy* 23 (2–3), 168–186. <https://doi.org/10.1108/JITLP-07-2024-0045>
- Damiyano, D., Matindike, S., Mago, S., Dorasamy, N., 2023. Intra-trade Flows and Exchange Rate Volatility among BRICS Member Countries: A Gravity Model Approach. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences* 10 (142), 3–12. <https://doi.org/10.18551/rjoas.2023-10.01>
- Ekanayake, E. M., & Dissanayake, A. 2022. Effects of real exchange rate volatility on trade: empirical analysis of the United States exports to BRICS. *Journal of Risk and Financial Management*, 15(2), 73. <https://doi.org/10.3390/jrfm15020073>
- Golovko, A., Sahin, H., 2021. Analysis of international trade integration of Eurasian countries: gravity model approach. *Eurasian Economic Review* 11, 519–548. <https://doi.org/10.1007/s40822-021-00168-3>
- Jadhav, S., Ghosh, I., 2024. Future Prospects of the Gravity Model of Trade: A Bibliometric Review (1993–2021). *Foreign Trade Review* 59 (1), 26–61. <https://doi.org/10.1177/00157325221140154>
- Khurana, R., Nauriyal, D.K., 2017. ASEAN-India Free Trade Agreement: Evaluating Trade Creation and Trade Diversion Effects. *Journal of East-West Business* 23 (3), 283–307. <https://doi.org/10.1080/10669868.2017.1322548>
- Kumar, S., Shahid, A., Agarwal, M., 2024. Is BRICS Expansion Significant for Global Trade and GDP? *BRICS Journal of Economics* 5 (4), 5–36. <https://doi.org/10.3897/brics-econ.5.e139877>
- Leitão, N.C., 2024. Gravity Model and International Trade: A Survey of the Literature. *Administrative Sciences* 14 (9), 219. <https://doi.org/10.3390/admisci14090219>
- Li, Y., Han, J., 2025. International sanctions and export restructuring: How economic integration among BRICS nations drives trade transformation in Russia. *Finance Research Letters* 85 (B), 108022. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2025.108022>
- Lohani, K.K., 2024. Trade Flow of India with BRICS Countries: A Gravity Model Approach. *Global Business Review* 25 (1), 22–39. <https://doi.org/10.1177/0972150920927684>
- Mishra, A.K., Gadhia, J.N., Kubendran, N., Sahoo, M., 2015. Trade Flows between India and Other BRICS Countries: An Empirical Analysis Using Gravity Model. *Global Business Review* 16 (1), 107–122. <https://doi.org/10.1177/0972150914553523>
- Tinbergen, J., 1962. Shaping the World Economy: Suggestions for an International Economic Policy. The Twentieth Century Fund, New York.
- Wani, S.H., 2024. Gravity Model Approach: An Empirical Application with Implications for BRICS Countries. *The Indian Economic Journal* 72 (2), 340–352. <https://doi.org/10.1177/00194662221137267>
- Yang, S., Martinez-Zarzoso, I., 2014. A panel data analysis of trade creation and trade diversion effects: The case of ASEAN–China Free Trade Area. *China Economic Review* 29, 138–151. <https://doi.org/10.1016/j.chieco.2014.04.002>
- Гиноян А.Б., Ткаченко А.А. Внешнеторговая политика стран ЕАЭС: результаты имитационного моделирования // Финансы: теория и практика. Т. 26. № 2. С. 175–189. <https://doi.org/10.26794/2587-5671-2022-26-2-175-189>
- Клупт М.А. Международная торговля в меняющемся мире: экономико-статистический анализ // Вопросы статистики. Т. 31. № 2. С. 73–83. <https://doi.org/10.34023/2313-6383-2024-31-2-73-83>
- Ли С., Ван Ю. Итоги 20-летия экономического сотрудничества ШОС и перспективы развития // Финансы: теория и практика. 2021. Т. 25. № 3. С. 159–174. <https://doi.org/10.26794/2587-5671-2021-25-3-159-174>
- Мехта Д., Патель Н. Асимметричное влияние открытости торговли и национального дохода на численность правительства в странах БРИКС // Экономика региона. 2024. Т. 20. № 4. С. 1300–1314. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2024-4-21>
- Морозкина А.К., Скрябина В.Ю. БРИКС и партнерство в интересах устойчивого развития: перспективы расширения торговли с наименее развитыми странами // Вестник международных организаций. 2021. Т. 16. № 1. С. 85–106. <https://doi.org/10.17323/1996-7845-2021-01-04>
- Стрижкова Л.А., Тишина Л.И., Селиванова М.В. Структурные сдвиги в экономике России и ее импортоскости в 2014–2019 годах: анализ макроэкономической статистики // Вопросы статистики. 2021. Т. 28. № 5. С. 5–27. <https://doi.org/10.34023/2313-6383-2021-28-5-5-27>
- Троекурова И.С., Пелевина К.А. Гравитационные модели внешней торговли стран БРИКС // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Экономика. Управление. Право. 2014. Т. 14. Вып. 1. Ч. 2. С. 133–142. <https://doi.org/10.18500/1994-2540-2014-14-1-2-133-142>

References

- Anderson, J.E., van Wincoop, E., 2003. Gravity with Gravitas: A Solution to the Border Puzzle. *American Economic Review* 93 (1), 170–192. <https://doi.org/10.1257/000282803321455214>
- Azu, N.P., Adekalu, S.O., Isa, Y., Chiadikobi, J.O., 2024. Evaluating the influence of information and communication technology and the BRICS in South African trade dynamics: a gravity model approach. *Journal of International Trade Law and Policy* 23 (2–3), 168–186. <https://doi.org/10.1108/JITLP-07-2024-0045>
- Damiyano, D., Matindike, S., Mago, S., Dorasamy, N., 2023. Intra-trade Flows and Exchange Rate Volatility among BRICS Member Countries: A Gravity Model Approach. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences* 10 (142), 3–12. <https://doi.org/10.18551/rjoas.2023-10.01>
- Ekanayake, E. M., & Dissanayake, A. 2022. Effects of real exchange rate volatility on trade: empirical analysis of the United States exports to

- BRICS. Journal of Risk and Financial Management, 15(2), 73. <https://doi.org/10.3390/jrfm15020073>
- Ginoyan, A.B., Tkachenko, A.A., 2022. EAEU Countries Foreign Trade Policy: Results of Simulation Modeling. Finance: Theory and Practice 26 (2), 175–189. <https://doi.org/10.26794/2587-5671-2022-26-2-175-189>
- Golovko, A., Sahin, H., 2021. Analysis of international trade integration of Eurasian countries: gravity model approach. Eurasian Economic Review 11, 519–548. <https://doi.org/10.1007/s40822-021-00168-3>
- JadHAV, S., Ghosh, I., 2024. Future Prospects of the Gravity Model of Trade: A Bibliometric Review (1993–2021). Foreign Trade Review 59 (1), 26–61. <https://doi.org/10.1177/00157325221140154>
- Khurana, R., Nauriyal, D.K., 2017. ASEAN-India Free Trade Agreement: Evaluating Trade Creation and Trade Diversion Effects. Journal of East-West Business 23 (3), 283–307. <https://doi.org/10.1080/10669868.2017.1322548>
- Klupt, M.A., 2024. International Trade in the Changing World: Economic and Statistical Analysis. Voprosy statistiki 31 (2), 73–83. <https://doi.org/10.34023/2313-6383-2024-31-2-73-83>
- Kumar, S., Shahid, A., Agarwal, M., 2024. Is BRICS Expansion Significant for Global Trade and GDP? BRICS Journal of Economics 5 (4), 5–36. <https://doi.org/10.3897/brics-econ.5.e139877>
- Leitão, N.C., 2024. Gravity Model and International Trade: A Survey of the Literature. Administrative Sciences 14 (9), 219. <https://doi.org/10.3390/admisci14090219>
- Li, Y., Han, J., 2025. International sanctions and export restructuring: How economic integration among BRICS nations drives trade transformation in Russia. Finance Research Letters 85 (B), 108022. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2025.108022>
- Lohani, K.K., 2024. Trade Flow of India with BRICS Countries: A Gravity Model Approach. Global Business Review 25 (1), 22–39. <https://doi.org/10.1177/0972150920927684>
- Mehta, D., Patel, N., 2024. Asymmetric Effects of Trade Openness and National Income on Government Size in BRICS Countries: New Evidence for Wagner's Law. Economy of Regions 20 (4), 1300–1314. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2024-4-21>
- Mishra, A.K., Gadhia, J.N., Kubendran, N., Sahoo, M., 2015. Trade Flows between India and Other BRICS Countries: An Empirical Analysis Using Gravity Model. Global Business Review 16 (1), 107–122. <https://doi.org/10.1177/0972150914553523>
- Morozkina, A., Skryabina, V., 2021. BRICS and Partnerships for Sustainable Development: Prospects for Trade with Least Developed Countries. International Organisations Research Journal 16 (1), 85–106. <https://doi.org/10.17323/1996-7845-2021-01-04>
- Strizhkova, L.A., Tishina, L.I., Selivanova, M. V., 2021. Structural Shifts in the Economy of the Russian Federation and Its Import Intensity in 2014–2019: Analysis of Macroeconomic Statistics. Voprosy statistiki 28 (5), 5–27. <https://doi.org/10.34023/2313-6383-2021-28-5-5-27>
- Tinbergen, J., 1962. Shaping the World Economy: Suggestions for an International Economic Policy. The Twentieth Century Fund, New York.
- Troekurova I.S., Pelevina K.A., 2014. Gravity Models of Foreign Trade of Brics Countries. Izvestiya of Saratov University. Economics. Management. Law. 14 (1 (2)), 133–142. <https://doi.org/10.18500/1994-2540-2014-1-2-133-142>
- Wani, S.H., 2024. Gravity Model Approach: An Empirical Application with Implications for BRICS Countries. The Indian Economic Journal 72 (2), 340–352. <https://doi.org/10.1177/00194662221137267>
- Xin, L., Wang, Y.-X., 2021. The Results of the 20-Year Economic Cooperation of the shanghai Cooperation Organization and its Development Prospects. Finance: Theory and Practice 25 (3), 159–174. <https://doi.org/10.26794/2587-5671-2021-25-3-159-174>
- Yang, S., Martinez-Zarzoso, I., 2014. A panel data analysis of trade creation and trade diversion effects: The case of ASEAN–China Free Trade Area. China Economic Review 29, 138–151. <https://doi.org/10.1016/j.chieco.2014.04.002>

Статья поступила в редакцию 13.01.2025, одобрена после рецензирования 23.01.2025, принятая к публикации 07.02.2025.

The article was submitted 13.01.2025, approved after reviewing 23.01.2025, accepted for publication 07.02.2025.

Информация об авторах:

1. Елизавета Давыденко, студент, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия. <https://orcid.org/0009-0005-8245-6347>, ev.davydenko@mail.ru
2. Майя Егорова, студент, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия. <https://orcid.org/0009-0005-7026-0304>, egorova_mm@spbstu.ru
3. Анги Схведиани, к.э.н., доцент, Высшая инженерно-экономическая школа, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия. <https://orcid.org/0000-0001-7171-7357>, shvediani_ae@spbstu.ru
4. Карина Яблонская, студент, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия. <https://orcid.org/0009-0008-2541-8688>, yablonskaya.karina@gmail.com
5. Егор Мохов, студент, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия. <https://orcid.org/0009-0002-3934-1219>, mohov.es@edu.spbstu.ru

About the authors:

1. Elizaveta Davydenko, researcher, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0009-0005-8245-6347>, ev.davydenko@mail.ru
2. Maya Egorova, researcher, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0009-0005-7026-0304>, egorova_mm@spbstu.ru
3. Angi Shvediani, PhD in Economics, senior lecturer, Graduate School of Industrial Economics, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0001-7171-7357>, shvediani_ae@spbstu.ru

4. Karina Yablonskaya, researcher, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0009-0008-2541-8688>, yablonskaya.karina@gmail.com
5. Egor Mokhov, researcher, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0009-0002-3934-1219>, mohov.es@edu.spbstu.ru