

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ  
НАРОДНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ / ECONOMICS AND  
MANAGEMENT OF NATIONAL ECONOMY

УДК 330.43(4)

<http://regionsar.ru>

ISSN 2587-8549 (Print)

DOI: 10.15507/2413-1407.109.027.201904.602-632

ISSN 2413-1407 (Online)

Эконометрический анализ влияния интенсивности  
трансграничности на уровень экономической  
сложности на примере стран Европы



К. Ю. Волошенко\*



Т. Е. Дрок

ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет  
имени Иммануила Канта» (г. Калининград, Россия),  
\*kvoloshenko@kantiana.ru

**Введение.** Развитие стран, регионов и отдельных экосистем происходит в парадигме инновационно-технологических изменений. В качестве определяющего элемента выступают производственные знания и компетенции. Их измерение с точки зрения трансформации в сложности продуктов, которые экспортирует страна, получило воплощение и развитие в подходе экономической сложности. Однако сегодня недостаточно внимания уделяется исследованию экономической сложности в контексте трансграничных процессов, оказывающих влияние на развитие территорий. Целью настоящего исследования является измерение влияния на примере стран Европы интенсивности трансграничных связей через показатели приграничной специализации внешнеторгового оборота на изменение экономической сложности.

**Материалы и методы.** Применялись методы эконометрического анализа, в качестве исходных данных для проведения расчетов и измерений использовались сведения базы данных «Комтрейд ООН», а также специальных ресурсов по

© Волошенко К. Ю., Дрок Т. Е., 2019



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.  
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 License.



анализу экономической сложности стран – Атласа экономической сложности и Обсерватории экономической сложности.

**Результаты исследования.** Проведена типология стран Европы с использованием гауссовой смеси распределений, получено 3 субпанели. С использованием метода панельной коинтеграции на основе построенных моделей (объединенная модель и модели с фиксированными и случайными эффектами), которые дополнены анализом данных с применением полностью модифицированного метода наименьших квадратов и динамического метода наименьших квадратов, определена интенсивность влияния фактора трансграничности на сложность экономики. Выявлены долгосрочные зависимости между экономической сложностью и интенсивностью трансграничности.

**Обсуждение и заключение.** Установлено, что влияние фактора трансграничности ослабевает по мере роста экономической сложности, а при определенных условиях он оказывает отрицательное воздействие. Выявленная зависимость обуславливается возрастающей ролью глобальных процессов против трансграничных по мере усложнения экономики и ориентации преимущественно на мировой рынок. Полученные результаты имеют значение для дальнейшего развития теории экономической сложности, значительно расширяют практическую сферу ее применения, играют важную роль в понимании и последующем изучении потенциала и ограничений развития территорий, различающихся по тесноте трансграничных связей.

*Ключевые слова:* типология, страны Европы, трансграничность, экономическая сложность, производственные возможности (компетенции), гетерогенный панельный анализ, мировая торговля, приграничная специализация внешнеторгового оборота

*Финансирование.* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Калининградской области в рамках научного проекта № 19-410-390002.

## **Econometric Analysis of the Impact of the Intensity of Transboundary Activities on the Level of Economic Complexity: The Case Study of European Countries**

**K. Yu. Voloshenko\*, T. E. Drok**

*Immanuel Kant Baltic Federal University (Kaliningrad, Russia),*

*\*kvoloshenko@kantiana.ru*

**Introduction.** Development of countries, regions and individual ecosystems occurs in the paradigm of innovative and technological change, the crucial element being the production knowledge and competencies. Their ranging in terms of transforming the complexity of the products that the country exports has been embodied and developed in the approach of economic complexity. However, insufficient attention is paid to the study of economic complexity in the context of transboundary processes that impact the development of territories. The objective of this study is to measure the impact of the intensity of transboundary relations on the change in economic complexity through the case study of European countries using the indicators of transboundary specialization of foreign trade turnover.



**Materials and Methods.** The study employed the methods of econometric analysis. Information from the UN Comtrade database, as well as from the special resources for analyzing the economic complexity of countries, the Atlas of Economic Complexity and the Observatory of Economic Complexity, was used as the source data for calculations and measurements.

**Results.** European countries have been classified into 3 subpanels based on Gaussian mixture distributions. The intensity of the impact of the transboundary activities on the complexity of the economy has been identified employing the panel cointegration method based on the constructed models (the combined model and models with fixed and random effects), which were supplemented by data analysis using the fully modified least squares method and the dynamic least squares method. Long-term interdependence between economic complexity and the intensity of transboundary activities has been identified.

**Discussion and Conclusion.** It has been established that the influence of the transboundary interaction factor weakens as the economic complexity increases and under certain conditions it has a negative impact. The revealed dependence is due to the increasing role of global processes rather than the transboundary ones as the economy becomes more complex and more oriented towards the global market. The research findings contribute to further development of the Theory of Economic Complexity; they significantly expand the practical scope of its application, play an important role in understanding and further research on the opportunities and limitations for the development of territories differing in the transboundary cooperation intensity.

*Keywords:* typology, European countries, transboundary activities, economic complexity, productive capacity (competencies), heterogeneous panel analysis, world trade, cross-border specialization of foreign trade turnover

*Funding.* The study was carried out with the financial support from the Russian Foundation for Basic Research and the Government of the Kaliningrad Region as part of the scientific project No. 19-410-390002.

**Введение.** В рамках теории экономической сложности [1] сегодня эмпирически доказано существование прямой связи между экономической сложностью и ростом национального благосостояния. Будущее национальное процветание является функцией нынешней и будущей экономической сложности: чем выше экономическая сложность, тем выше потенциал для экономического роста, а соответственно, преумножения национального богатства и создания условий для национального процветания. Для этого должны быть выполнены следующие условия: а) широкий портфель продуктов и услуг с высоким уровнем экспорта; б) высокий уровень уникальности по всем этим продуктам, т. е. немногие другие страны (предпочтительно ни одна) могут производить и экспортировать эти продукты и услуги; в) высокая сложность продуктов [2]. Сложность предполагает, что производство таких продуктов требует различных ресурсов, очень высокая доля которых предоставляется с точки зрения создания добавленной стоимости поставщиками, расположенными в той же стране. Это обуславливается или их уникальными предложениями, или чрезвычайно высокой создаваемой ими стоимостью,



что является лучшим решением по источникам ресурсов, чем их приобретение за рубежом.

Разработка и производство передовых предложений происходят в условиях взаимозависимости, которая требует сотрудничества между различными участниками. Чем больше субъектов участвуют в этих взаимозависимостях, тем больше у страны или региона возможности использовать выгоды, полученные в результате формирования сложной цепочки создания стоимости на местном, национальном или международном уровнях. В этой связи встает вопрос о степени влияния на экономическую сложность не только внутренних, но и внешних взаимодействий участников, что наиболее ярко проявляется на уровне трансграничного сотрудничества. В последние годы во многих европейских странах фиксируется некоторое снижение интенсивности процессов трансграничного взаимодействия и отмечаются колебания в показателях экономической сложности. Соответственно требуется эмпирическая проверка гипотезы о возможном влиянии трансграничности с учетом типологии стран по степени ее интенсивности на экономическую сложность.

Цель проведенного исследования – оценка с использованием эконометрических методов влияния показателя приграничной специализации внешнеторгового оборота, который мы обозначаем как индекс интенсивности трансграничности (ТИ – Transboundary Intensity Index) на индекс экономической сложности (ЕСИ – Economic Complexity Index) на примере стран Европы. В данной работе мы учитываем перечень стран Европы по определению Постоянного комитета по географическим названиям (Германия) (Ständige Ausschuss für geographische Namen (StAGN)), который не включает страны Восточной Европы.

Для изучения связи трансграничного сотрудничества и экономической сложности мы рассматриваем понятие интенсивности трансграничности. Предполагается, что чем активнее соседние страны включены в различные типы взаимных внешнеторговых операций, тем выше интенсивность трансграничности. Выдвигается гипотеза о присутствии зависимости интенсивности трансграничности и экономической сложности. Для целей исследования на интервале 1997–2017 гг. сформирована сбалансированная панель данных по показателям ТИ и ЕСИ для выборки стран Европы. На основе выделяемых типов стран по интенсивности трансграничности по результатам анализа панельных данных и построения моделей делаются выводы о характере зависимости уровня экономической сложности от изменения интенсивности трансграничных процессов.

Следуя логике исследования, рассматриваются основные положения теории экономической сложности, приводятся результаты типологии стран Европы с использованием гауссовой смеси распределений, результаты эконометрического анализа панельных данных.



**Обзор литературы.** Основы теории экономической сложности заложены в своих работах Р. Хаусманн и С. А. Идальго [3–7]. Экономическая сложность – это мера знаний в обществе, которая переводится на продукты, которые она производит<sup>1</sup>. Сложность экономики связана со множеством полезных знаний, встроенных в нее. Обнаружено, что страны, которые могут создавать и/или поддерживать разнообразные производственные ноу-хау, в том числе сложные, уникальные технологии, могут производить большое число разнообразных товаров, включая сложные продукты.

Сегодня проблематика экономической сложности изучается в контексте различных социальных и экономических вопросов. Так, некоторые ученые анализируют влияние экономической сложности на: экономический рост и уровень благосостояния стран [1; 4; 8], неравенство доходов [9], проблемы рынка труда [2], структурные сдвиги [10]. Другие авторы обнаруживают связь с производительностью [11], прямыми иностранными инвестициями [12]. Недавно появились работы, освещающие и экологические вопросы [13].

Последние исследования в рамках теории экономической сложности концентрируются на изучении принципа связанности и в области диверсификации экономической деятельности [6; 7], доминирования технологических инноваций и оптимизации распространения знаний [14–18].

С. Радошевич акцентирует внимание на технических проблемах, которые существуют и выявлены при измерении экономической сложности [19]. Это проблемы полноты торговых данных; учета в полной мере торговли услугами; использование кодов SITC (Standard International Trade Classification) или HS (Harmonized System), которые могут объединять товары, требующие различных компетенций и навыков, игнорируя различия в качестве; точность оценок из-за различий в структуре рынка между странами; данные о торговле могут не отражать фактическую добавленную стоимость конечного экспорта из-за географически разбросанных производств и фрагментации глобальных производственно-сбытовых цепочек (GVC).

На наш взгляд, контекст экономической сложности требует учета и такого фактора, как влияние трансграничности. Это в большей мере связано с причинами, обусловленными собственно спецификой формирования и развития трансграничных связей<sup>2</sup>. Первая причина – сохраняющееся усиление взаимодействия приграничных территорий разных стран и их контактной функции, что неизбежно способствует развитию

<sup>1</sup> Hidalgo C. A., Hartmann D. Economic Complexity, Institutions, and Income Inequality, OECD Insights. URL: [http://www.oecd-ilibrary.org/economics/debate-the-issues-complexity-and-policy-making\\_9789264271531-e](http://www.oecd-ilibrary.org/economics/debate-the-issues-complexity-and-policy-making_9789264271531-e) (дата обращения: 28.06.2019).

<sup>2</sup> Корнеев В. С. Международная регионализация на Балтике. СПб., 2010. 207 с.



трансграничных связей. Это дает основание предположить, что диверсификация экспорта стран, имеющих более высокую интенсивность трансграничных связей, будет оказываться выше. Во-вторых, нередко соседние приграничные регионы разных стран становятся конкурентами, так как сходные ресурсы и условия их развития способствуют производству едиобразных товаров и услуг и выходу их на внешний рынок. Это, наоборот, может оказывать отрицательное воздействие на уровень экономической сложности и иметь обратный эффект. В-третьих, это современные условия геополитической турбулентности [20], что выражается в изменении интенсивности трансграничных связей и, в свою очередь, в разные периоды в различной степени может влиять и на экономическую сложность.

Как подтверждают результаты теоретических работ, область применения экономической сложности постоянно расширяется. Это обусловлено преимуществом использования и учетом в подходе современных трендов технологических изменений в обществе и происходящей сменой парадигмы создания ценности (стоимости). В связи с пониманием важности происходящих процессов в поддержке и развитии трансграничных взаимодействий стран растет актуальность изучения вопросов влияния их интенсивности на изменение экономической сложности.

**Материалы и методы.** В качестве зависимой переменной принят уровень экономической сложности, который измеряется соответствующим показателем – Индексом экономической сложности (ЕСИ), а в качестве влияющего фактора – интенсивность трансграничности (ТИ). Описание методологии расчета ЕСИ приводят в своих работах Р. Хаусманн и С. А. Идальго [3–5]. Ежегодные данные размещаются сегодня на двух официальных ресурсах в сети Интернет, созданных и поддерживаемых Гарвардским университетом (The Center for International Development at Harvard University) и Массачусетским технологическим институтом (The MIT Media Lab): это Атлас экономической сложности (The Atlas of Economic Complexity)<sup>3</sup> и Обсерватория экономической сложности (The Observatory of Economic Complexity)<sup>4</sup>. Признавая научную проблему определения меры интенсивности для трансграничных связей, в данной работе мы принимаем допущение о достаточности учета специализации внешнеторгового оборота в характеристике содержания взаимодействия сопредельных стран. В качестве меры интенсивности трансграничности используется широко известный коэффициент приграничной специализации внешнеторгового оборота [21]. В настоящем исследовании он обозначен в качестве индекса интенсивности трансграничности и рас-

<sup>3</sup> The Atlas of Economic Complexity. URL: <http://atlas.cid.harvard.edu> (дата обращения: 19.06.2019).

<sup>4</sup> The Observatory of Economic Complexity. URL: <https://atlas.media.mit.edu> (дата обращения: 19.06.2019).



считывался для каждой страны как отношение объема внешнеторгового оборота с сопредельными территориями к общему объему внешнеторгового оборота страны. В качестве источника информации использованы сведения базы данных «Комтрейд ООН» (UN Comtrade Database)<sup>5</sup>.

Выявление и изучение влияния трансграничности на экономическую сложность в данном исследовании проводится на примере стран Европы в 1997–2017 гг. Рассматриваются страны, имеющие морские и сухопутные границы. Из исследования исключены карликовые государства: Андорра, Ватикан, Лихтенштейн, Монако, Сан-Марино, а также островные государства: Великобритания, Ирландия, Исландия, Мальта. Предварительная выборка включала 31 страну: это Австрия, Албания, Бельгия, Болгария, Босния и Герцеговина, Венгрия, Германия, Греция, Дания, Испания, Италия, Латвия, Литва, Люксембург, Нидерланды, Норвегия, Польша, Португалия, Румыния, Северная Македония, Сербия, Словакия, Словения, Финляндия, Франция, Хорватия, Черногория, Чешская Республика, Швейцария, Швеция, Эстония. По результатам сбора и анализа доступных статистических данных по указанным источникам из выборки были исключены 2 страны: Черногория – отсутствуют данные на ресурсах по индексу экономической сложности (ЕСИ), а расчет индекса в настоящей работе не предусмотрен; Люксембург – в индексе экономической сложности (ЕСИ) учитывается совместно с Бельгией. Итоговая выборка составила 29 стран.

В данном исследовании получен двумерный массив данных, одна из размерностей которых имеет временную интерпретацию, а другая – пространственную. В связи с этим проведен эконометрический анализ, основанный на панельных данных. Для расчетов использовалась программа EViews v9.0.

На начальном этапе по всем странам были проанализированы значения показателей ТП и ЕСИ для каждого года на интервале 1997–2017 гг. Установлено, что связь между переменными слабая. Проведена экспериментальная кластеризация стран по различным критериям. Наилучшие результаты по статистике типологических групп были получены на основе интенсивности трансграничности (ТИ). Последующая типология стран с выделением кластеров проводилась с использованием EM-алгоритма на основе гауссовой смеси распределений. В результате было выделено 3 кластера стран (субпанели).

Ниже дано краткое описание анализа панельных данных:

1) кросс-зависимость в панельных данных. В первую очередь проверялось наличие зависимостей между переменными внутри каждой кросс-секции данных. В нашем исследовании это предполагает присут-

<sup>5</sup> UN Comtrade Database. URL: <https://comtrade.un.org> (дата обращения: 19.06.2019).



ствие корреляции между странами по показателям интенсивности трансграничности, которая проверялась на основе теста на кросс-зависимость Песарана (Pesaran), и индексу экономической сложности;

2) описание структуры панельных данных. Этот этап включал проверку условий панельной коинтеграции. С учетом возможных различий в скорости сходимости и с допущением межстрановых корреляций остатков предварительно проверяется основная гипотеза о стационарности. EViews предоставляет удобные инструменты для тестирования корневых модулей вычислительной панели, а также все три модификации (с константой, трендом, константой и трендом). Анализировалась статистика теста Хадри (Hadri Z-stat) с учетом возможной гетероскедастичности, выполненная в оценках Ньюи и Уест (Newey – West). Для оценки коинтеграционного соотношения между панельными переменными проводился тест Педрони (Pedroni-test). Тестовые статистики были сгруппированы в две категории: основанные на групповых средних и панельных статистиках. Нулевая гипотеза об отсутствии коинтеграции проверялась на уровне значимости 0,1. Решение о коинтегрированности процессов принималось, если нулевая гипотеза отвергалась для трех и более статистик из семи;

3) оценка панельных моделей. Основным этапом является определение спецификации панельных эффектов модели – объединенной модели (pooled model), с фиксированными (fixed effect model) и случайными (random effect model) эффектами. Дополнительно построены модели с использованием полностью модифицированного метода наименьших квадратов (fully modified ordinary least squares, FMOLS) и динамического метода наименьших квадратов (dynamic ordinary least squares, DOLS) [22]. Проблема выбора модели решалась с помощью стандартной техники проверки гипотез [23], а мониторинг построенных панельных моделей включал оценку их качества [24].

**Результаты исследования.** В последние годы практически во всех анализируемых группах стран Европы наблюдается снижение интенсивности процессов трансграничного взаимодействия, что проявляется на уровне динамики приграничной специализации внешнеторгового оборота. В этот же период аналогичная динамика отмечается и по показателю экономической сложности стран Европы. Учитывая, что индекс экономической сложности измеряется по степени распространенности и диверсификации производимой и экспортируемой продукции, можно предположить следующее объяснение фактической динамики показателя. Быстрый рост экономической сложности на исследуемом интервале 1997–2017 гг. наблюдался в тех странах, которые изначально в сравнении с ведущими странами Европы в рейтинге по ЕСИ имели гораздо меньшие показатели сложности экономики, уровня благосостояния и темпов экономического развития (традиционно измеряемые через ВВП на душу населения). Это





Хорватия, Чехия, Эстония, Латвия, Литва, Нидерланды, Польша, Греция, Венгрия, Румыния и Словакия. Поэтому развитие этих стран в течение 1997–2017 гг., связанное с изменением их производственной структуры и производственных возможностей за счет расширения базы знаний, обуславливало появление в экспорте более сложной продукции, что соответственно влияло и на рост ЕСІ. В то же время для стран, имеющих более высокий уровень развития и ЕСІ, так называемый эффект низкой (или нулевой) базы был не характерен. Учитывая, что число стран, производящих сложные продукты, росло, а появление их новых видов происходит несколько меньшими темпами, страны с изначально высокими показателями ЕСІ в 1997 г. несколько сократили позиции, и уровень показателя для них снижался. Здесь характерны примеры следующих стран Европы, в которых происходило наибольшее абсолютное суммарное (кумулятивное) сокращение ЕСІ: Италия (-0,434), Австрия (-0,341), Дания (-0,333), Швеция (-0,315), Финляндия (-0,276), Германия (-0,275), Франция (-0,269), Бельгия (-0,265).

При этом анализ динамики показателей ЕСІ и ТП обнаруживает, что не по всем странам выборки присутствует прямая зависимость – рост приграничной торговли не всегда сопровождается ростом экономической сложности и наоборот. В частности, это касается таких стран, как Чехия, Эстония, Литва, Нидерланды, Польша, Норвегия, Словакия, где фиксировался рост уровня экономической сложности, однако интенсивность трансграничности за 1997–2017 гг. снижалась. Для Болгарии, Финляндии, Португалии и Швеции наблюдалась обратная ситуация – при росте трансграничной интенсивности индекс экономической сложности снижался.

По нашему мнению, фиксация прямой и обратной связи, обусловленности изменения экономической сложности и трансграничности прослеживается на уровне различий в типологических группах стран по степени интенсивности последней. В этой связи проведена типология стран по интенсивности трансграничности и последующий анализ панельных данных на уровне выделенных групп стран (субпанелей).

В целях типологии стран Европы по уровню интенсивности трансграничности предварительно был проведен регрессионный анализ данных по исходной базе для всей совокупности и каждой страны отдельно на интервале 1997–2017 гг. Для всей выборки коэффициент корреляции Пирсона ( $r$ ) составил 0,4386, а коэффициент детерминации ( $R^2$ ) соответственно 0,1924 ( $p = 0$ ). По статистике Колмогорова – Смирнова и Шапиро – Уилка гипотеза о нормальности распределения для всей выборки стран отвергается (для ТП:  $p_{w-s} < 0,01$ ,  $p_w = 0$ ; для ЕСІ:  $p_{w-s} < 0,1$ ,  $p_w = 0$ ). Выявлено, что линейная умеренная и сильная связь ЕСІ и ТП обнаруживается только для части стран в выборке. Следует учитывать, что оцениваемые значения  $R^2$  и коэффициента Пирсона обладают та-



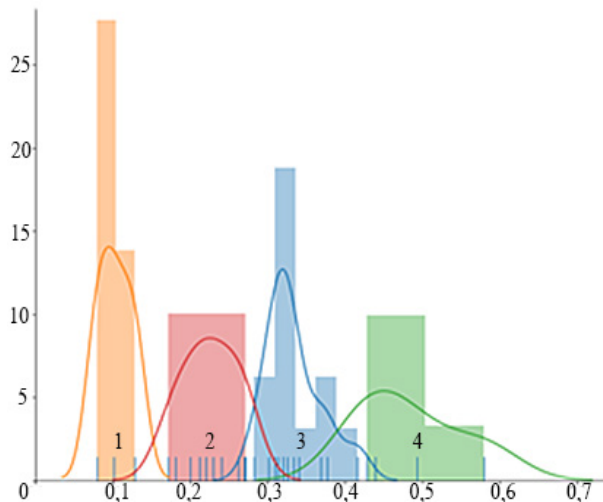
кими недостатками, как невысокая устойчивость к выбросам значений в исходной выборке<sup>6</sup>. Также накладываются ограничения линейности и монотонности изменения данных. В этой связи дополнительно проведен анализ данных на основе непараметрической статистики с использованием коэффициента Спирмена. Для всей выборки стран значения оказались несколько ниже коэффициента Пирсона: 0,4136 ( $p = 0$ ). В связи с неудовлетворительными результатами дальнейший анализ по странам не приводится.

Таким образом, по результатам предварительного регрессионного анализа можно утверждать, что по исследуемым странам Европы сложилась неоднозначная ситуация. Для одних стран характерна сильная линейная связь, для других – связь между интенсивностью трансграничности и экономической сложностью либо отсутствует, либо имеет нелинейный характер. Существенное влияние на результаты исследования зависимости переменных может оказывать некорректно выбранный инструментарий. Исходная база представляет собой панельные данные, поэтому оценка связей должна проводиться с использованием эконометрических методов и моделей, причем с учетом типологических групп.

В этой связи на следующем шаге посредством гауссовой смеси распределений (GMM) проведена кластеризация стран в целях выделения субпанелей для их типологии (группировки) и последующего панельного анализа данных. Применение конечных гауссовых смесей при моделировании реальных процессов и явлений в последние годы «обосновывается и расширяется в различных областях науки и практики: в распознавании образов и речи, биологии, медицине, географии, физике и химии, нейроинформатике, социологии и экономике и др.» [25]. В процессе выделения кластеров анализируются нормально распределенные группы внутри общей выборки. В качестве преимуществ метода приводят их полезные свойства: гладкость (бесконечная дифференцируемость), идентифицируемость, полнота, разрешение [25; 26].

GMM-анализ и исследование данных в настоящей работе произведены с помощью пакета `scikit-learn` языка программирования Python. Реализован алгоритм последовательного добавления компонент (EM-алгоритм) для подбора разбиения стран на кластеры и их последующего распределения между оптимальным количеством групп по уровню трансграничной активности. Оценка распределений позволила установить, что исходная выборка стран наилучшим образом описывается в составе трех кластеров (рис. 1).

<sup>6</sup> StatSoft. Textbook. URL: <http://www.statsoft.com/Textbook/Basic-Statistics#Correlationsb> (дата обращения: 19.06.2019).



Р и с. 1. Выделение групп для типологии стран Европы с использованием EM-алгоритма на основе распределения фактических значений показателей<sup>7</sup>

F i g. 1. Allocation of groups for the typology of European countries using the EM algorithm based on the distribution of actual indicator values

Как можно заметить на рисунке 1, кластеры 2 и 4 являются практически идентичными распределениями, поэтому могут быть объединены в одну типологическую группу.

Первый кластер (тип): Албания, Босния и Герцеговина, Болгария, Хорватия, Нидерланды, Норвегия, Португалия, Сербия, Словения, Швейцария, Северная Македония. Второй кластер (тип): Австрия, Бельгия, Дания, Франция, Венгрия, Италия, Латвия, Литва, Румыния, Испания. Третий кластер (тип): Чехия, Эстония, Финляндия, Германия, Греция, Польша, Словакия, Швеция. Для первой группы (субпанели) характерны наименьшие значения переменных, для второй и третьей – практически одинаковый уровень трансграничной интенсивности, однако значение экономической сложности в последней группе выше.

Для большинства стран теснота связи между интенсивностью трансграничности и экономической сложностью снижается по мере роста последней. Чем больше становится значение экономической сложности,

<sup>7</sup> Рисунок составлен авторами на базе собственных расчетов на основе Python.



тем в меньшей степени на ее изменение оказывает влияние трансграничная активность стран. Чтобы проверить данное предположение и оценить направление воздействия интенсивности трансграничности на экономическую сложность – прямое или обратное – анализируются панельные данные и строятся эконометрические модели в соответствии с алгоритмом, описанным выше.

В отличие от простых регрессионных моделей в анализе панельных данных существует возможность учитывать индивидуальные отличия между объектами, в нашем исследовании – между странами. Кроме этого, снижается зависимость между объясняющими переменными, а следовательно, стандартные ошибки оценок, предотвращается смещение агрегированности, которое возникает при анализе временных рядов и пространственных данных [27].

Перед построением панельных моделей для анализируемых субпанелей проведена оценка качества исходных данных. К основным проблемам, которые могут возникать при использовании панельных данных, вызывать смещения и получение ложной регрессии, относятся следующие: кросс-зависимость, нестационарность, гетероскедастичность, отсутствие коинтеграции. По этой причине была проведена серия тестов на обнаружение указанных проблем для характеристики исходных панельных данных по интенсивности трансграничности и экономической сложности. В таблицах 1 и 2 приведены отдельные результаты, в то время как для проверки каждой характеристики нами применялись различные варианты тестов.

Для нашего исследования тест на наличие кросс-зависимости в панельных данных (cross-sectional dependence) предполагает проверку корреляции переменных между отдельными странами. По результатам тестирования первую панель на уровне значимости 10 % мы можем считать пространственно-коррелированной, для второй и третьей – признать нулевую гипотезу об отсутствии пространственной корреляции.

Нестационарность связана со случайным блужданием значений экономической сложности и трансграничности во времени. Рассматривались традиционные тесты единичного корня: тест Левина – Лина – Чу (Levin – Lin – Chu, LLC), тест Брайгунга (Breitung), тест Има – Песарана – Шина (Im – Pesaran – Shin, IPS), тест Фишера с использованием статистики Дики – Фуллера (Dickey – Fuller, ADF – Fisher) и тест Фишера, основанный на статистике Филипса – Пеппона (PP – Fisher), а также все три модификации (с константой, трендом, константой и трендом) [28]. В дополнение к первому поколению тестов на наличие единичного корня использовались тесты второго поколения – расширенные тесты Дики – Фуллера (Dickey – Fuller, CADF) и Има – Песарана – Шина (Im – Pesaran – Shin, CIPS) с учетом кросс-зависимости [29].

Таблица 1. Результаты оценки качества панельных данных  
Table 1. Results of the assessment of the panel data quality

Тест / Test	Первая субпанель / First subpanel		Вторая субпанель / Second subpanel		Третья субпанель / Third subpanel	
	Значение статисти- ки / Statistic	р-значе- ние / p-value	Значение статисти- ки / Statistic	р-значе- ние / p-value	Значение статисти- ки / Statistic	р-значе- ние / p-value
1	2	3	4	5	6	7
<i>Индекс экономической сложности (ECI) / Economic Complexity Index</i>						
Кросс-зависимость / Cross-sectional depen- dence (Pesaran CD)	-1,90629	0,0566	0,54442	0,5861	-0,91213	0,3617
Стационарность / Stationarity	0,35327	0,6381	-0,70435	0,2406	-2,26449	0,0118
CIPS	уровни / levels	0,0000	-8,63165	0,0000	-12,2218	0,0000
1 разности / first difference	-11,7780	0,0000	26,8944	0,1383	31,3730	0,0121
CADF	уровни / levels	0,2828	113,094	0,0000	131,125	0,0000
1 разности / first difference	149,781	0,0000	7,95795	0,0000	7,60664	0,0000
Гетероскедастичность / Heteroscedasticity (Hadri Z-stat)	3,55353	0,0002				



Окончание табл. 1 / End of table 1

1	2	3	4	5	6	7
Гетеро-скедастичность / Heteroscedasticity (Consistent Z-stat)	2,26882	0,0116	8,77928	0,0000	7,14629	0,0000
<i>Индекс интенсивности трансграничности (ТИ) / Transboundary Intensity Index</i>						
Кросс-зависимость / Cross-sectional depen- dence (Pesaran CD)	1,58746	0,1124	0,48601	0,6270	0,41813	0,6759
Стационарность / Stationarity						
CIPS уровни / levels	0,35327	0,6381	-0,70435	0,2406	-2,26449	0,0118
1 разности / first difference	-11,7780	0,0000	-8,63165	0,0000	-12,2218	0,0000
CADF уровни / levels	25,3028	0,2828	26,8944	0,1383	31,3730	0,0121
1 разности / first difference	149,781	0,0000	113,094	0,0000	131,125	0,0000
Гетеро-скедастичность / Heteroscedasticity (Hadri Z-stat)	3,55353	0,0002	7,95795	0,0000	7,60664	0,0000
Гетеро-скедастичность / Heteroscedasticity (Consistent Z-stat)	2,26882	0,0116	8,77928	0,0000	7,14629	0,0000

Таблица 2. Коинтеграционные тесты панельных данных Педрони (Pedroni)  
Table 2. Pedroni panel-data cointegration tests

Тест / Test	Первая субпанель / First subpanel		Вторая субпанель / Second subpanel		Третья субпанель / Third subpanel	
	Значение статисти- ки / Statistic	р-значение / p-value	Значение статисти- ки / Statistic	р-значе- ние / p-value	Значение статисти- ки / Statistic	р-значе- ние / p-value
Панельная v-статистика / Panel v-statistic	2,684016	0,0036	6,496864	0,0000	1,205748	0,1140
Панельная rho- статистика / Panel rho-statistic	-2,750787	0,0030	-0,834896	0,2019	-1,463090	0,0717
Панельная PP- статистика / Panel PP-statistic	-3,575459	0,0002	0,164555	0,5654	-3,221239	0,0006
Панельная ADF- статистика / Panel ADF-statistic	-1,038041	0,1496	-0,050503	0,4799	-2,348447	0,0094
Групповая rho- статистика / Group rho-Statistic	-1,449141	0,0736	-0,817257	0,2069	-0,628490	0,2648
Групповая PP- статистика / Group PP-Statistic	-3,175989	0,0007	-2,489850	0,0064	-3,222827	0,0006
Групповая ADF- статистика / Group ADF- Statistic	-0,659714	0,2547	-1,582590	0,0568	-1,714700	0,0432



Полученные значения тестовых статистик позволяют сделать вывод, что показатели экономической сложности и интенсивности трансграничности являются реализацией нестационарного случайного процесса с порядком интегрированности 1 ( $I(1)$ ). Прослеживаемые взаимосвязи не являются кажущимися и порождены наличием единичных корней. Гетероскедастичность предполагает неоднородность наблюдений и проявляется по причине объединения в панели индивидуальных рядов стран, описываемых различными случайными процессами или процессами одного характера, но с разными параметрами. В нашем исследовании на уровне значимости 5 % для всех панелей мы не можем принять гипотезу об отсутствии гетероскедастичности, следовательно, данные по странам обладают неоднородностью. Коинтегрированность означает, что, несмотря на случайный (слабо предсказуемый) характер изменения объектов, существует долгосрочная зависимость между ними, которая приводит к некоторому совместному, взаимосвязанному изменению [24; 27]. Тесты подтвердили панельную коинтеграцию исходных данных по странам.

По результатам тестирования исходных данных можно сделать следующий вывод: имеется проблема пространственной корреляции и гетероскедастичности, однако ряды являются стационарными по первой разности, и фиксируется совместная интеграция, что говорит о возможности оценки долгосрочной зависимости переменных.

Далее для анализа долгосрочной зависимости переменных оценивались параметры уравнений объединенной модели (pooled model), а также моделей с фиксированными (fixed effect model) и случайными (random effect model) эффектами. Анализ производился с помощью метода наименьших квадратов (LS – Least Squares (LS and AR)). Наилучшие значения получены для спецификаций моделей с фиксированными эффектами (табл. 3). Это свидетельствует, что изменение экономической сложности имеет индивидуальные эффекты на уровне стран, инвариантные по времени в зависимости от трансграничной активности. Результат в целом подтверждает интуитивное представление о несоответствии объединенной или случайной модели для описания панельных данных. Так, в объединенной модели принимается предположение об одинаковом изменении экономической сложности в зависимости от изменения интенсивности трансграничности во все моменты времени, а в модели со случайными эффектами, наоборот, считается, что индивидуальные различия носят случайный характер и не коррелируют с изменением интенсивности трансграничности.

Проведенный тест регрессионных остатков на единичный корень свидетельствует в пользу коинтеграции между исследуемыми переменными. По третьей субпанели получены незначимые оценки для константы  $C$  (свободный член уравнения).





Таблица 3. Результаты оценки спецификации модели с фиксированными эффектами

Table 3. Results of the assessment of the specification of the fixed effects model

Спецификации модели / Model specifications	Первая субпанель / First subpanel	Вторая субпанель / Second subpanel	Третья субпанель / Third subpanel
(П)			
Коэффициент / Coefficient	0,422918	3,523397	-2,711578
t-статистика / t-statistic	2,088087	11,94743	-7,695159
Стандартная ошибка / Standard error	0,202539	0,294908	0,352374
p-значение / p-value	0,0380	0,0000	0,0000
(С)			
Коэффициент / Coefficient	0,603187	0,065611	2,180097
t-статистика / t-statistic	10,64714	0,727498	20,34787
Стандартная ошибка / Standard error	0,056652	0,090187	0,107141
p-значение / p-value	0	0,4678	0
R <sup>2</sup>	0,971742	0,915823	0,972694
Статистика Дарбина – Уотсона / Durbin – Watson statistic	0,893079	0,648631	0,488015
F-статистика / F-statistic	681,5039 (0,000000)	216,5055 (0,000000)	707,9932 (0,000000)
Кросс-секционный хи-квадрат (p-значение) / Cross-section chi-square (p-value)	718,252519 (0,000000)	478,118393 (0,000000)	582,391712 (0,000000)
Статистика Харке – Бера (p-значение) / Jarque – Bera statistic (p-value)	25,43663 (0,000003)	1455,639 (0,000000)	9,702562 (0,007818)



По всем субпанелям по критерию Дарбина – Уотсона и тесту Харке – Бера на нормальность распределения, а также результатам оценки коррелограммы случайных отклонений очевидно наличие в моделях автокорреляции. Основные причины могут быть связаны как с длинным временным диапазоном, так и действием иных случайных факторов, неучтенных в модели. Поэтому коэффициенты коинтеграции оцениваются с использованием полностью модифицированного метода наименьших квадратов (FMOLS) и динамического метода наименьших квадратов (DMOLS) [30]. Практика применения указанных методов в оценке экономической сложности встречается в разных работах [13; 31]. Результаты оценки уравнений моделей FMOLS и DMOLS приведены в таблице 4.

При построении моделей FMOLS и DMOLS использовались их различные модификации. Из полученных вариантов выбирались модели, которые обеспечивали наилучшие значения  $R^2$ , имели значимость коэффициентов регрессии на уровне не менее 5 %, положительные результаты тестирования регрессионных остатков на стационарность и значения статистики Харке – Бера для нормального распределения (для d.f. = 2 и уровня значимости 5 % не более 5,991) [32]. В результате качество и надежность DMOLS в сравнении с FMOLS и OLS-моделями оказались выше, и указанные модели использовались в дальнейшем анализе.

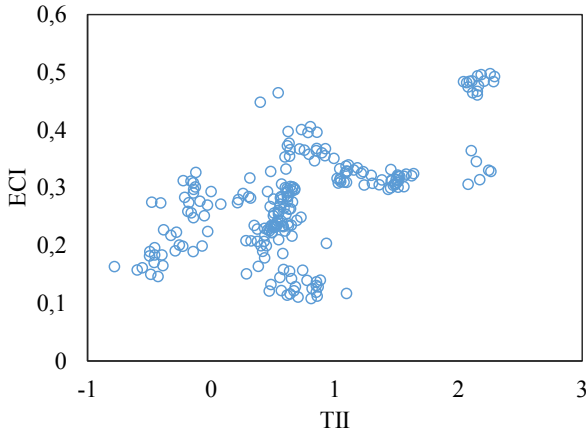
Для первой субпанели стран в большинстве случаев характерна прямая зависимость изменения экономической сложности при изменении интенсивности трансграничности. Согласно уравнению и спецификации модели, в среднем на интервале изменение индекса экономической сложности на 1,0 % происходит уже при росте интенсивности трансграничности на 0,45 % (рис. 2).

Для стран второй субпанели (рис. 3) изменение экономической сложности обуславливается более высокими значениями роста интенсивности трансграничности – на 1,21 %. Учитывая, что среднее значение ЕСИ во второй субпанели стран выше, с ростом экономической сложности влияние фактора трансграничности становится слабее.

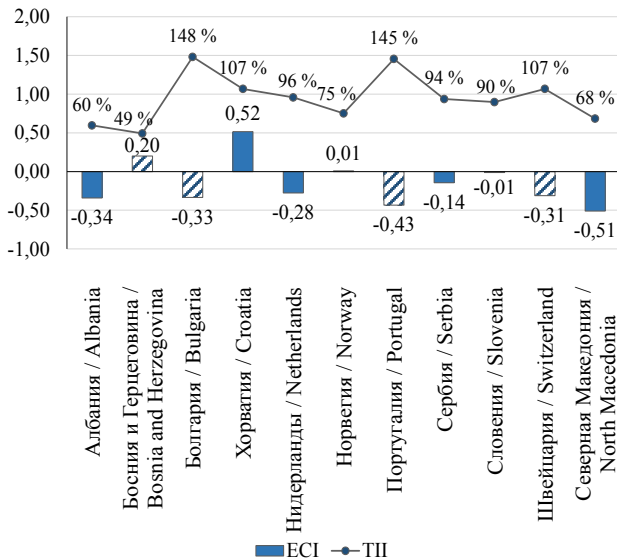
Для третьей группы, учитывая, что в ее состав включены страны преимущественно с отрицательной корреляцией экономической сложности и трансграничности, получена модель, описывающая частную зависимость. В третьей субпанели рост экономической сложности сопряжен со снижением интенсивности трансграничности на 2,43 % (рис. 4). По этой же причине выводы не могут распространяться на всю совокупность обследуемых стран, и необходим более глубокий анализ. Так, следует изучить, является ли отрицательная корреляция переменных следствием особенностей трансграничных процессов в странах, структуры экономики или продуктового пространства. Или при достижении определенного уровня экономической сложности и уровня экономического развития связь с фактором трансграничности действительно становится отрицательной.

Таблица 4. Результаты оценки моделей FMOLS и DMOLS  
 Table 4. Results of the assessment of the FMOLS and DMOLS models

Панель / Panel	FMOLS				DMOLS			
	Коэф- фици- ент / Coeffi- cient	Зна- чение стати- стики / Statistic	Стан- дартная ошиб- ка / Standard error	р-значе- ние / p-value	Коэф- фици- ент / Coeffi- cient	Зна- чение стати- стики/ Statistic	Стан- дартная ошиб- ка / Standard error	р-значе- ние/ p-value
1-я субпанель / 1st subpanel ПП	0,49775	11,5516	0,04309	0,0000	0,45132	1,68621	0,22326	0,0938
Спецификация / Specification	N = 218, R <sup>2</sup> = 0,97, J-B Chi-Sq, = 26,67				N = 194, R <sup>2</sup> = 0,98, J-B Chi-Sq, = 1,18			
2-я субпанель / 2nd subpanel ПП	3,60553	9,48647	0,38007	0,0000	1,214890	3,410706	0,356199	0,0009
Спецификация / Specification	N = 200, R <sup>2</sup> = 0,92, J-B Chi-Sq, = 1819,0				N = 180, R <sup>2</sup> = 0,99, J-B Chi-Sq, = 1,43			
3-я субпанель / 3rd subpanel ПП	-3,04239	-5,59467	0,54380	0,0000	-2,43307	-7,05606	0,34482	0,0000
Спецификация / Specification	N = 160, R <sup>2</sup> = 0,97, J-B Chi-Sq, = 7,42				N = 155, R <sup>2</sup> = 0,98, J-B Chi-Sq, = 0,26			



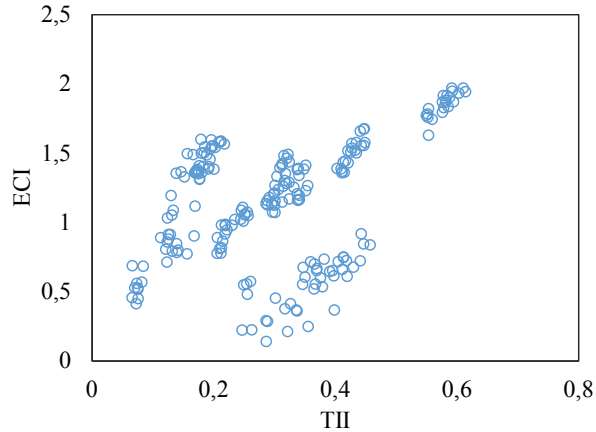
$\overline{ECI} = 0,720; \overline{TII} = 0,277$



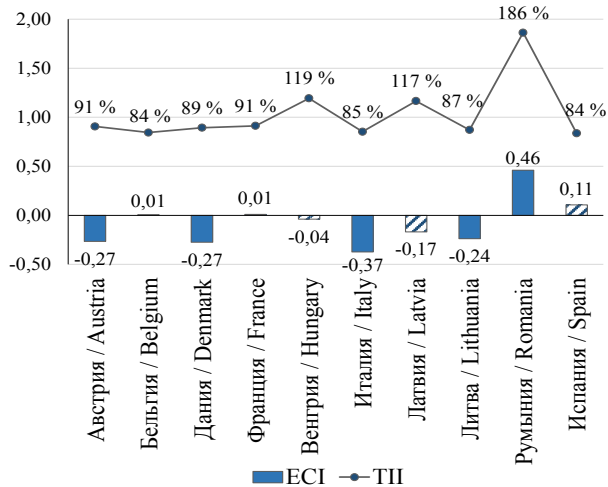
Р и с. 2. Кумулятивное изменение ECI и TII за период 1997–2017 гг. по первой субпанели (1997 г. – 100 %)⁸

Fig. 2. Cumulative change in the ECI and TII in the first subpanel in 1997–2017 (1997 – 100 %)

⁸ На рисунке 2 штриховкой выделены страны, где отсутствует прямая связь между ECI и TII на всем рассматриваемом интервале 1997–2017 гг.



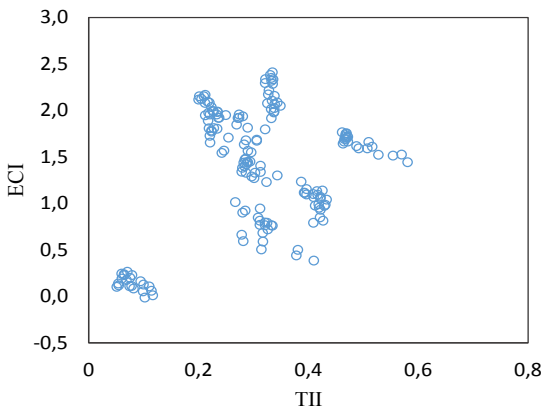
$$\overline{ECI} = 1,138; \overline{TPI} = 0,304$$



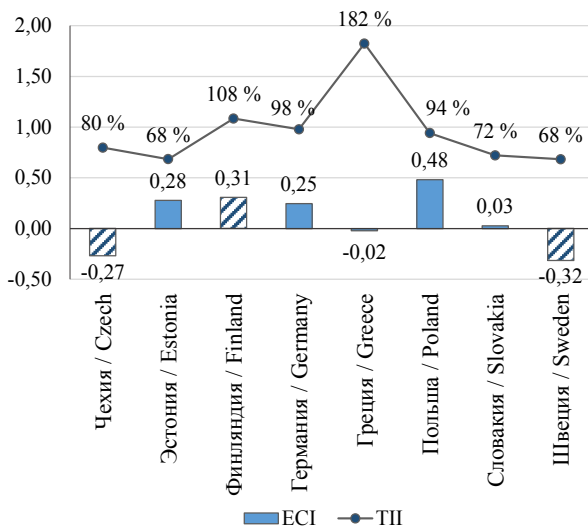
Р и с. 3. Кумулятивное изменение ЕСИ и ТПИ за период 1997–2017 гг. по второй субпанели (1997 г. – 100%)<sup>9</sup>

Fig. 3. Cumulative change in the ECI and TPI in the second subpanel in 1997–2017 (1997 – 100%)

<sup>9</sup> На рисунке 3 штриховкой выделены страны, где отсутствует прямая связь между ЕСИ и ТПИ на всем рассматриваемом интервале 1997–2017 гг.



$\overline{ECI} = 1,358; \overline{TII} = 0,303$



Р и с. 4. Кумулятивное изменение ECI и TII за период 1997–2017 гг. по третьей субпанели (1997 г. – 100 %) <sup>10</sup>

F i g. 4. Cumulative change in the ECI and TII in the third subpanel in 1997–2017 (1997 – 100 %)

<sup>10</sup> На рисунке 4 штриховкой выделены страны, где отсутствует обратная связь между ECI и TII на всем рассматриваемом интервале 1997–2017 гг.



Для ответа на поставленные вопросы требуется как рассмотрение гораздо большего числа факторов в модели, так и увеличение пространственной (географической) размерности выборки стран.

**Обсуждение и заключение.** В настоящем исследовании обращается внимание на экономико-географический аспект экономической сложности, который выражается в зависимости ее изменения от интенсивности трансграничности. В качестве предпосылки для проверки указанной гипотезы является подтвержденное сегодня многими эмпирическими и теоретическими исследованиями значение трансграничного сотрудничества в развитии стран.

Результаты проведенного анализа позволяют сделать ряд выводов.

Обнаруживается следующая зависимость по результатам предварительной оценки типов стран (субпанелей) – для большинства стран чем выше значение экономической сложности, тем в меньшей степени на ее изменение оказывает влияние трансграничная активность стран, а связь между переменными становится обратной. Данная гипотеза проверялась авторами по результатам анализа панельных данных и построения моделей.

Анализ панельных данных установил, что показатели экономической сложности и интенсивности трансграничности являются реализацией нестационарного случайного процесса с порядком интегрированности 1 ( $I(1)$ ), присутствует кросс-зависимость и характерна гетероскедастичность. Подтверждена коинтегрированность – несмотря на случайный (слабо предсказуемый) характер изменения переменных по странам, существует долгосрочная зависимость между ними.

Для оценки зависимости переменных и выявления направлений связей построены модели панельных данных следующих модификаций: OLS, FMOLS и DOLS. По OLS-моделям проводилась оценка их разновидностей – обобщенной модели, моделей с фиксированными и случайными эффектами. По результатам тестирования наилучшие значения получены для спецификаций моделей с фиксированными эффектами. Следовательно, изменение экономической сложности имеет индивидуальные эффекты, на уровне стран инвариантные по времени в зависимости от трансграничной активности. Однако во всех модификациях OLS-моделей фиксировалась автокорреляция остатков, что не позволяет признать приведенный вывод надежным. По этой причине построены DOLS и FMOLS модели, позволяющие наилучшим образом учесть проблемы гетероскедастичности и наличия кросс-зависимости данных. Надежность DMOLS в сравнении с другими моделями оказались выше, что обусловило возможность их использования в дальнейшем анализе.

Интерпретируя полученные результаты, следует признать, что оценка и анализ изменения интенсивности трансграничности и экономической



сложности стран Европы позволили установить не только наличие их связи. Расчеты подтверждают умозрительные заключения изменения роли трансграничных связей по мере не только усложнения экономики, но и в целом экономического роста приграничных территорий. Так, для стран с формирующимися рынками при сокращении внешнеторговых барьеров усиливаются трансграничные взаимодействия с соседними странами. Это становится мощным драйвером и важным источником диверсификации и экономического развития стран. Однако последующий рост производственных возможностей в стране в условиях глобализации современного мира неизбежно ведет к активному встраиванию и включению в глобальные производственные цепочки. Следовательно, существенно смещается и география международных связей – приоритетное значение начинают приобретать интеграция в мировую экономику против дальнейшего усиления и поддержки трансграничного взаимодействия.

Соответствующие зависимости можно проследить и на уровне экономической сложности стран. На первых этапах усложнения экономики важное значение будут иметь трансграничные связи как с точки зрения возможностей наращивания экспорта, так и активного научно-технологического обмена для роста собственных производственных возможностей. Это подтверждается расчетами в настоящей работе на уровне стран Европы первого типа (кластера), для которых характерна высокая эластичность изменения экономической сложности с ростом интенсивности трансграничности: Босния и Герцеговина, Болгария, Хорватия, Словения, Швейцария, Македония. Постепенное усложнение экономики снижает ее зависимость от трансграничного взаимодействия, так как на рост экономической сложности оказывают более существенное влияние другие факторы, способствующие расширению базы знаний и возможностей. Данные процессы характерны для второго выделенного нами типа стран Европы (Австрия, Бельгия, Дания, Франция, Венгрия, Италия, Латвия, Литва, Румыния, Испания) – сила воздействия трансграничности на экономическую сложность снижается, т. е. для роста экономической сложности требуется все более существенное увеличение трансграничных взаимодействий. Собственно, показатели экономической сложности для развитых стран и экспортеров сложной продукции (машины, оборудование и инструменты, металлы и материалы, химия и фармацевтика) уже не зависят от интенсивности трансграничности. Для стран третьей группы – Германия, Швеция, Финляндия, Эстония, Польша, Чехия, Греция – связь экономической сложности и трансграничности становится обратной. Таким образом, трансграничное взаимодействие, первоначально являясь фактором роста экономической сложности, замещается воздействием процессов, имеющих глобальный характер в рамках мировой экономики.





Полученные результаты исследования позволяют сделать вывод, что по мере усложнения экономики снижается ее зависимость от трансграничного взаимодействия, так как на рост экономической сложности оказывают более существенное влияние другие факторы, в частности, способствующие расширению базы знаний и возможностей. Таким образом, для типов стран с низкой и высокой интенсивностью трансграничности характерна различная связь и влияние на экономическую сложность. В первом случае усиление трансграничных связей выступает определенным драйвером роста сложности экономики, для второго типа, наоборот, ориентация на приграничные рынки будет существенно тормозить потенциал роста сложной продукции в экспортной корзине. Международные связи и процессы глобализации по своей роли и значению начинают превалировать над трансграничными связями и процессами регионализации, несмотря на то, что в более ранних исследованиях особое значение придавалось контрактным функциям территорий.

В качестве ограничения исследования и приведенного подхода следует указать недостаточное число показателей, используемое для оценки интенсивности трансграничности, а также необходимость проверки полученных выводов на примере большего числа географических зон, включающих различные типы стран. Кроме этого, проводимый кластерный анализ и выделение типологических групп целесообразно расширить за счет включения дополнительных показателей, характеризующих уровень социально-экономического развития стран (ВВП, инвестиции, занятость, доходы населения и др.). Все указанные вопросы, безусловно, представляют методологический и практический интерес, однако в настоящем исследовании главная задача сводилась собственно к выявлению факта и характеристике присутствия связей и взаимообусловленности трансграничности и экономической сложности.

Результаты проведенного исследования значимы для понимания зависимостей между трансграничными связями и экономической сложностью. Однако больший вклад они вносят в развитие новых подходов и положений к изучению потенциала и ограничений развития территорий, различающихся по тесноте трансграничных связей с другими странами.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. The Atlas of Economic Complexity: Mapping Paths to Prosperity / R. Hausmann [et al.]. MIT Press, 2011. URL: [https://growthlab.cid.harvard.edu/files/growthlab/files/atlas\\_2013\\_part1.pdf](https://growthlab.cid.harvard.edu/files/growthlab/files/atlas_2013_part1.pdf) (дата обращения: 28.06.2019).

2. Roos G. Technology-Driven Productivity Improvements and the Future of Work: Emerging Research and Opportunities. Hershey, PA: IGI Global, 2017. 255 p. DOI: <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-2179-2>



3. Hidalgo C. A., Hausmann R. The Building Blocks of Economic Complexity // PNAS. 2009. Vol. 106, issue 26. Pp. 10570–10575. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0900943106>

4. The Product Space Conditions the Development of Nations / C. A. Hidalgo [et al.] // Science. 2007. Vol. 317, issue 5837. Pp. 482–487. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1144581>

5. Hausmann R., Hidalgo C. A. How Will the Netherlands Earn its Income 20 Years from Now? A Growth Ventures Analysis for the Netherlands. The Hague: The Netherlands Scientific Council for Government Policy (WRR), 2013. 91 p. URL: <https://www.wrr.nl/binaries/wrr/documenten/publicaties/2013/11/04/how-will-the-netherlands-earn-its-income-20-years-from-now-74/Web074-How-will-the-Netherlands-earn-its-income-20-years-from-now.pdf> (дата обращения: 28.06.2019).

6. Hidalgo C. A. From Useless to Keystone // Nature Physics. 2018. Vol. 14. Pp. 9–10. DOI: <https://doi.org/10.1038/nphys4337>

7. The Principle of Relatedness / C. A. Hidalgo [et al.] // Unifying Themes in Complex Systems IX. ICCS 2018 / A. Morales [et al.], eds. Springer Proceedings in Complexity. Springer, Cham. Pp. 451–457. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-96661-8\\_46](https://doi.org/10.1007/978-3-319-96661-8_46)

8. Zhu S., Li R. Economic Complexity, Human Capital and Economic Growth: Empirical Research Based on Cross-Country Panel Data // Applied Economics. 2017. Vol. 49, issue 38. Pp. 3815–3828. DOI: <https://doi.org/10.1080/00036846.2016.1270413>

9. Linking Economic Complexity, Institutions, and Income Inequality / D. Hartmann [et al.] // World Development. 2017. Vol. 93. Pp. 75–93. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.12.020>

10. Roos G., Kennedy N. Global Perspectives on Achieving Success in High and Low Cost Operating Environments. IGI Global, Hershey, PA, USA, 2014. 564 p. DOI: <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-5828-8>

11. Sweet C., Eterovic D. Do Patent Rights Matter? 40 Years of Innovation, Complexity and Productivity // World Development. 2019. Vol. 115 (C). Pp. 78–93. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.10.009>

12. Javorcik B., Lo Turco A., Maggioni D. New and Improved: Does FDI Boost Production Complexity in Host Countries? // Economic Journal. 2017. Vol. 128, issue 614. Pp. 2507–2537. DOI: <https://doi.org/10.1111/eoj.12530>

13. Neagu O., Teodoru M. C. The Relationship between Economic Complexity, Energy Consumption Structure and Greenhouse Gas Emission: Heterogeneous Panel Evidence from the EU Countries // Sustainability. 2019. Vol. 11, issue 2. Pp. 1–29. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11020497>

14. Boschma R. Relatedness as Driver of Regional Diversification: A Research Agenda // Regional Studies. 2017. Vol. 51, issue 3. Pp. 351–364. DOI: <https://doi.org/10.1080/00343404.2016.1254767>

15. Alshamsi A., Pinheiro F. L., Hidalgo C. A. Optimal Diversification Strategies in the Networks of Related Products and of Related Research Areas // Nature Communications. 2018. Vol. 9, article 1328. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03740-9>

16. Economic Complexity Unfolded: Interpretable Model for the Productive Structure of Economies / Z. Utkovski [et al.] // PloS ONE. 2018. Vol. 13, issue 8. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200822>

17. International Trade, Development Traps, and the Core-Periphery Structure of Income Inequality / D. Hartmann [et al.]. 2019. DOI: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3312097>



18. Harnessing Marine Macroalgae for Industrial Purposes in an Australian Context: Emerging Research and Opportunities / G. Roos [et al.], eds. Hershey, PA: IGI Global, 2019. 291 p. DOI: <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-5577-3>
19. Radošević S. Assessing EU Smart Specialization Policy in a Comparative Perspective // *Advances in the Theory and Practice of Smart Specialization*. Academic Press, 2017. Pp. 1–36. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804137-6.00001-2>
20. Трансграничные кластеры в приморских зонах Европейской части России: инвентаризация, типологизация, идентификация факторов и перспектив развития / А. Г. Дружинин [и др.] // *Балтийский регион*. 2017. Т. 9, № 4. С. 29–44. DOI: <https://doi.org/10.5922/2074-9848-2017-4-2>
21. Межевич Н. М., Жук Н. П. Методика оценки приграничной специализации межрегиональных взаимодействий приграничных регионов и результаты пилотной оценки // *Балтийский регион*. 2013. Т. 1, № 15. С. 38–52. DOI: <https://doi.org/10.5922/2074-9848-2013-1-3>
22. Baltagi B. H. *Econometric Analysis of Panel Data*. John Wiley & Sons, 2005. 388 p. URL: <https://www.wiley.com/en-us/Econometric+Analysis+of+Panel+Data%2C+5th+Edition-p-9781118672327> (дата обращения: 28.06.2019).
23. Brillet J. L. *Structural Econometric Modelling: Methodology and Tools with Applications under EViews*. 2011. 496 p. URL: <http://www.eviews.com/StructModel/structmodel.pdf> (дата обращения: 28.06.2019).
24. Wooldridge J. M. *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. MIT Press, 2007. 1096 p. URL: <https://mitpress.mit.edu/books/econometric-analysis-cross-section-and-panel-data-second-edition> (дата обращения: 28.06.2019).
25. Апраушева Н. Н., Сорокин С. В. Заметки о гауссовых смесях. М.: ВЦ РАН, 2015. 144 с. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33609.34404>
26. Reynolds D. Gaussian Mixture Models // *Encyclopedia of Biometrics* / S. Z. Li, A. Jain, eds. Springer, Boston, MA, 2009. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-0-387-73003-5\\_196](https://doi.org/10.1007/978-0-387-73003-5_196)
27. Ратникова Т. А. Введение в эконометрический анализ панельных данных // *Экономический журнал ВШЭ*. 2006. № 3. С. 492–519. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9282947> (дата обращения: 28.06.2019).
28. Копнова Е. Д., Родионова Л. А. Моделирование влияния иностранных инвестиций на продовольственную безопасность на основе моделей панельной коинтеграции // *Бизнес-информатика*. 2017. № 3 (41). С. 20–29. DOI: <https://doi.org/10.17323/1998-0663.2017.3.20.29>
29. Pesaran M. H. A Simple Panel Unit Root Test in the Presence of Cross Section Dependence // *Journal of Applied Econometrics*. 2007. Vol. 22, issue 2. Pp. 265–312. DOI: <https://doi.org/10.1002/jae.951>
30. Pedroni P. Fully Modified OLS for Heterogeneous Cointegrated Panels // *Nonstationary Panels, Panel Cointegration and Dynamic Panels*. Amsterdam: Elsevier, 2000. Pp. 93–130. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0731-9053\(00\)15004-2](https://doi.org/10.1016/S0731-9053(00)15004-2)
31. Dogan E., Aslan A. Exploring the Relationship Among CO2 Emissions, Real GDP, Energy Consumption and Tourism in the EU and Candidate Countries: Evidence from Panel Models Robust to Heterogeneity and Cross-Sectional Dependence // *Renewable and*



Sustainable Energy Reviews. 2017. Vol. 77. Pp. 239–245. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.111>

32. Green W. H. *Econometric Analysis*. Pearson Education International. Pearson Education, 2011. 1240 p. URL: <https://www.amazon.co.uk/Econometric-Analysis-International-William-Greene/dp/0273753568> (дата обращения: 28.06.2019).

Поступила 01.07.2019; принята к публикации 02.10.2019; опубликована онлайн 30.12.2019.

*Об авторах:*

**Волошенко Ксения Юрьевна**, директор центра социально-экономического моделирования развития региона ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта» (236041, Россия, г. Калининград, ул. А. Невского, д. 14), кандидат экономических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2624-0155>, [kvoloshenko@kantiana.ru](mailto:kvoloshenko@kantiana.ru)

**Дрок Татьяна Емельяновна**, доцент кафедры экономики и менеджмента ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта» (236041, Россия, г. Калининград, ул. А. Невского, д. 14), кандидат экономических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6296-1160>, [tdrok@kantiana.ru](mailto:tdrok@kantiana.ru)

*Заявленный вклад авторов:*

Волошенко Ксения Юрьевна – сбор, обработка и анализ информации; подготовка первоначального варианта текста; проведение критического анализа материалов.

Дрок Татьяна Емельяновна – изучение концепции; критический анализ и доработка текста.

*Для цитирования:*

Волошенко К. Ю., Дрок Т. Е. Эконометрический анализ влияния интенсивности трансграничности на уровень экономической сложности на примере стран Европы // Регионоведение. 2019. Т. 27, № 4. С. 602–632. DOI: <https://doi.org/10.15507/2413-1407.109.027.201904.602-632>

*Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

## REFERENCES

1. Hausmann R., Hidalgo C.A., Bustos S., Coscia M., Simoes, A., Yildirim M.A. *The Atlas of Economic Complexity: Mapping Paths to Prosperity*. MIT Press; 2011. Available at: [https://growthlab.cid.harvard.edu/files/growthlab/files/atlas\\_2013\\_part1.pdf](https://growthlab.cid.harvard.edu/files/growthlab/files/atlas_2013_part1.pdf) (accessed 28.06.2019). (In Eng.)

2. Roos G. *Technology-Driven Productivity Improvements and the Future of Work: Emerging Research and Opportunities*. Hershey, PA: IGI Global; 2017. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-2179-2>

3. Hidalgo C.A., Hausmann R. The Building Blocks of Economic Complexity. *PNAS*. 2009; 106(26):10570-10575. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0900943106>



4. Hidalgo C.A., Klinger B., Barabási A.-L., Hausmann R. The Product Space Conditions the Development of Nations. *Science*. 2007; 317(5837):482-487. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1144581>
5. Hausmann R., Hidalgo C.A. How Will the Netherlands Earn its Income 20 Years from Now? A Growth Ventures Analysis for the Netherlands Scientific Council for Government Policy (WRR). 2013. Available at: <https://www.wrr.nl/binaries/wrr/documenten/publicaties/2013/11/04/how-will-the-netherlands-earn-its-income-20-years-from-now-74/Web074-How-will-the-Netherlands-earn-its-income-20-years-from-now.pdf> (accessed 28.06.2019). (In Eng.)
6. Hidalgo C.A. From Useless to Keystone. *Nature Physics*. 2018; 14:9-10. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1038/nphys4337>
7. Hidalgo C.A., et al. The Principle of Relatedness. In: Unifying Themes in Complex Systems IX. ICCS 2018. Springer Proceedings in Complexity. Springer, Cham; 2018. p. 451-457. (In Eng.) DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-96661-8\\_46](https://doi.org/10.1007/978-3-319-96661-8_46)
8. Zhu S., Li R. Economic Complexity, Human Capital and Economic Growth: Empirical Research Based on Cross-Country Panel Data. *Applied Economics*. 2017; 49(38):3815-3828. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1080/00036846.2016.1270413>
9. Hartmann D., Guevara M.R., Jara-Figueroa C., Aristara N.M., Hidalgo C.A. Linking Economic Complexity, Institutions, and Income Inequality. *World Development*. 2017; 93:75-93. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.12.020>
10. Roos G., Kennedy N. Global Perspectives on Achieving Success in High and Low Cost Operating Environments. IGI Global, Hershey, PA, USA; 2014. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-5828-8>
11. Sweet C., Eterovic D. Do Patent Rights Matter? 40 Years of Innovation, Complexity and Productivity. *World Development*. 2019; 115(C):78-93. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.10.009>
12. Javorcik B., Lo Turco A., Maggioni D. New and Improved: Does FDI Boost Production Complexity in Host Countries? *Economic Journal*. 2017; 128(614):2507-2537. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1111/econj.12530>
13. Neagu O., Teodoru M.C. The Relationship between Economic Complexity, Energy Consumption Structure and Greenhouse Gas Emission: Heterogeneous Panel Evidence from the EU Countries. *Sustainability*. 2019; 11(2):1-29. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.3390/su11020497>
14. Boschma R. Relatedness as Driver of Regional Diversification: A Research Agenda. *Regional Studies*. 2017; 51(3):351-364. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1080/00343404.2016.1254767>
15. Alshamsi A., Pinheiro F.L., Hidalgo C.A. Optimal Diversification Strategies in the Networks of Related Products and of Related Research Areas. *Nature Communications*. 2018; 9. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03740-9>
16. Utkovski Z., Pradier M.F., Stojkoski V., Perez-Cruz F., Kocarev L. Economic Complexity Unfolded: Interpretable Model for the Productive Structure of Economies. *PloS ONE*. 2018; 13(8). (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200822>
17. Hartmann D., Bezerra M., Lodolo B., Pinheiro F.L. International Trade, Development Traps, and the Core-Periphery Structure of Income Inequality. 2019. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3312097>



18. Roos G. Cheshire A., Nayar S., Clarke S. M., Zhang W. Harnessing Marine Macroalgae for Industrial Purposes in an Australian Context: Emerging Research and Opportunities. Hershey, PA: IGI Global; 2019. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-5577-3>

19. Radosevic S. Assessing EU Smart Specialization Policy in a Comparative Perspective. In: Advances in the Theory and Practice of Smart Specialization. Academic Press; 2017. p. 1-36. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804137-6.00001-2>

20. Druzhinin A.G., Gorochnaya V.V., Gontar N.V., et al. Transboundary Clusters in the Coastal Cones of the European Part of Russia: Inventory, Typology, Factors, and Prospects. *Baltijskij region* = Baltic Region. 2017; 9(4):29-44. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.5922/2074-9848-2017-4-2>

21. Mezhevich N.M., Zhuk N.P. Cross-Border Specialization of Interregional Interaction: Applying New Assessment Methods. *Baltijskij region* = Baltic Region. 2013; 1(15):38-52. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.5922/2074-9848-2013-1-3>

22. Baltagi B.H. Econometric Analysis of Panel Data. John Wiley & Sons; 2005. Available at: <https://www.wiley.com/en-us/Econometric+Analysis+of+Panel+Data%2C+5th+Edition-p-9781118672327> (accessed 28.06.2019). (In Eng.)

23. Brilllet J.L. Structural Econometric Modelling: Methodology and Tools with Applications under EViews. 2011. Available at: <http://www.eviews.com/StructModel/structmodel.pdf> (accessed 28.06.2019). (In Eng.)

24. Wooldridge J.M. Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data. MIT Press; 2007. Available at: <https://mitpress.mit.edu/books/econometric-analysis-cross-section-and-panel-data-second-edition> (accessed 28.06.2019). (In Eng.)

25. Aprausheva N.N., Sorokin S.V. Notes on Gaussian Mixtures. Moscow, VC RAN; 2015. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33609.34404>

26. Reynolds D. Gaussian Mixture Models. In: Encyclopedia of Biometrics. Springer, Boston, MA; 2009. (In Eng.) DOI: [https://doi.org/10.1007/978-0-387-73003-5\\_196](https://doi.org/10.1007/978-0-387-73003-5_196)

27. Ratnikova T.A. Introduction to Econometric Analysis of Panel Data. *Ehkonomicheskij zhurnal VShEh* = HSE Economic Journal. 2006; (3):492-519. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9282947> (accessed 28.06.2019). (In Russ.)

28. Kopnova E.D., Rodionova L.A. Modeling the Influence of Foreign Investments on Food Security Based on Panel Cointegration Models. *Biznes-informatika* = Business Informatics. 2017; (3):20-29. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.17323/1998-0663.2017.3.20.29>

29. Pesaran M.H. A Simple Panel Unit Root Test in the Presence of Cross Section Dependence. *Journal of Applied Econometrics*. 2007; 22(2):265-312. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1002/jae.951>

30. Pedroni P. Fully Modified OLS for Heterogeneous Cointegrated Panels. In: Nonstationary Panels, Panel Cointegration and Dynamic Panels. Amsterdam: Elsevier; 2000. p. 93-130. (In Eng.) DOI: [https://doi.org/10.1016/S0731-9053\(00\)15004-2](https://doi.org/10.1016/S0731-9053(00)15004-2)

31. Dogan E., Aslan A. Exploring the Relationship among CO2 Emissions, Real GDP, Energy Consumption and Tourism in the EU and Candidate Countries:



Evidence from Panel Models Robust to Heterogeneity and Cross-Sectional Dependence. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017; 77:239-245. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.111>

32. Green W.H. *Econometric Analysis*. Pearson Education International. Pearson Education; 2011. Available at: <https://www.amazon.co.uk/Econometric-Analysis-International-William-Greene/dp/0273753568> (accessed 28.06.2019). (In Eng.)

Submitted 01.07.2019; accepted for publication 02.10.2019; published online 30.12.2019.

*About the authors:*

**Ksenia Yu. Voloshenko**, Director, Centre for Regional Socio-Economic Development, Immanuel Kant Baltic Federal University (14 A. Nevskogo St., Kaliningrad 236041, Russia), Ph. D. (Economics), Associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2624-0155>, [kvoloshenko@kantiana.ru](mailto:kvoloshenko@kantiana.ru)

**Tatiana E. Drok**, Associate Professor, Department of Economics and Management, Immanuel Kant Baltic Federal University (14 A. Nevskogo St., Kaliningrad 236041, Russia), Ph. D. (Economics), Associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6296-1160>, [tdrok@kantiana.ru](mailto:tdrok@kantiana.ru)

*Contribution of the authors:*

Ksenia Yu. Voloshenko – collection, processing and analysis of information; preparation of the initial version of the text; critical analysis of the materials.

Tatiana E. Drok – study of the concept; critical analysis and revision of the text.

*For citation:*

Voloshenko K.Yu., Drok T.E. Econometric Analysis of the Impact of the Intensity of Transboundary Activities on the Level of Economic Complexity: The Case Study of European Countries. *Regionology = Russian Journal of Regional Studies*. 2019; 27(4):602-632. DOI: <https://doi.org/10.15507/2413-1407.109.027.201904.602-632>

*The authors have read and approved the final version of the manuscript.*