

А.А. Гнидченко

Центр макроэкономического анализа и краткосрочного прогнозирования; ИМП РАН; НИУ «Высшая школа экономики», Москва

## Трансформация сетевых взаимосвязей в мировой торговле товарами в контексте структурных сдвигов в российской внешней торговле<sup>1</sup>

**Аннотация.** Статья посвящена оценке изменения сетевых взаимосвязей в мировой торговле товарами в 2022–2023 гг. с акцентом на три аспекта: изменение позиций России, нейтральных стран-партнеров и стран-антагонистов в сетевой структуре мировой торговли. Анализ производится по данным СЕРП ВАСИ на уровне агрегированных торговых потоков между странами. Методология основана на сетевом подходе: страны рассматриваются как вершины, торговые потоки между ними – как ребра, совокупность вершин и ребер – как направленный граф. Исследуются метрики сетевых взаимосвязей для России, Беларуси, прочих стран ЕАЭС, Китая, нейтральных стран и стран-антагонистов, а также для сети в целом. Круг прямых и косвенных взаимодействий России и Беларуси с другими странами после 2022 г. сократился на фоне его расширения для прочих стран ЕАЭС. Значимость России как посредника снизилась, но остается достаточно высокой, а посредническая роль нейтральных стран усилилась. Санкции не привели к полному замыканию России на узком круге торговых партнеров. Глобальная торговая система показала высокую устойчивость: искусственные препоны в торговле в виде санкций активно обходились, что выразилось в увеличении числа торговых связей между странами-антагонистами и нейтральными странами.

**Ключевые слова:** *сетевые взаимосвязи, мировая торговля, товары, индекс центральности, коэффициент кластеризации.*

Классификация JEL: F14, F51, C63.

Для цитирования: **Гнидченко А.А.** (2026). Трансформация сетевых взаимосвязей в мировой торговле товарами в контексте структурных сдвигов в российской внешней торговле // *Журнал Новой экономической ассоциации.* № 1 (70). С. 96–114.

DOI: 10.31737/22212264\_2026\_1\_96-114

EDN: URTFTW

### 1. Введение

Представление о международной торговле как о сети взаимосвязей между странами не инновационно – в форме визуализации потоков экспорта и импорта между крупнейшими странами и блоками стран оно встречалось еще в первой половине прошлого века (League of Nations, 1942). В 2000-е годы стали появляться научные работы, в которых уже не просто визуализировалось это представление, а аналитически исследовалась «топология мировой торговли» (Serrano, Boguna, 2003), «структура и эволюция всемирной торговой сети» (Garlaschelli, Loffredo, 2005) и т.п. Стоит отметить, что первые публикации выходили в журналах по физике, и поэтому торговля в данных работах рассматривалась, скорее, в качестве объекта приложения для математических вычислений, без глубокой экономической интерпретации. Как отмечается в статье (Benedictis, Tajoli, 2011),

<sup>1</sup> Исследование выполнялось в рамках программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ в 2025 г. (ФИ-2025-63). Предварительная версия исследования была представлена на XXV Ясинской (Апрельской) международной научной конференции по проблемам развития экономики и общества в НИУ ВШЭ 16 апреля 2025 г. и на научном семинаре «Математическая экономика» в ЦЭМИ РАН 13 мая 2025 г. Автор благодарит анонимного рецензента и участников отмеченных мероприятий за полезные комментарии.

основной вклад этих работ состоял в подтверждении того факта, что международная торговля представляет собой сложную сеть взаимодействий, формирующихся на основе взаимовыгодного сотрудничества стран в иерархической структуре, и что изучение попарных взаимосвязей стран без исследования сводных сетевых характеристик недостаточно.

Через несколько лет сетевой подход начали применять и макроэкономисты. Так, в исследовании (Kali, Reyes, 2007) межстрановые регрессии, объясняющие экономический рост, дополнялись показателями «международной экономической интеграции», которые отражали положение стран в сетевой структуре торговли. Было продемонстрировано, что эти показатели обладают дополнительной объясняющей способностью (в том числе при учете таких стандартных показателей значимости международной торговли, как открытость экономики). В статье (Benedictis, Tajoli, 2011) аналогичные индикаторы добавлялись в гравитационную модель торговли, объясняющую размер торговых потоков между парами стран размерами их ВВП, географическим расстоянием и некоторыми дополнительными переменными. Было продемонстрировано, что такое дополнение модели практически не меняло коэффициентов при географическом расстоянии, но снижало влияние коэффициента при ВВП страны-импортера и делало незначимым фактор членства в ВТО.

С тех пор применение сетевого подхода в исследованиях международной торговли товарами<sup>2</sup> развивалось по широкому кругу направлений. Во-первых, взаимосвязи между странами стали изучаться на отраслевом уровне, что позволило увязать внешнеторговые и производственные цепочки – как правило, использовались данные межстрановых таблиц «затраты–выпуск» по распределению промежуточной продукции (Serina et al., 2015) или потокам добавленной стоимости (Amador, Cabral, 2017)<sup>3</sup>. Во-вторых, сетевой подход вызвал большой интерес у специалистов по отдельным товарным рынкам – опубликованы исследования сетевых взаимосвязей между странами на рынках нефти (Yang et al., 2015), редкоземельных металлов (Ge et al., 2016), сурьмы (Zhao et al., 2023), удобрений (Gutierrez-Moya et al., 2023). В-третьих, поскольку интеграционные процессы между странами в форме таможенных союзов или соглашений о свободной торговле влияют на интенсивность связей между странами, началось естественное взаимопроникновение сетевого анализа и изучения региональных торговых соглашений (Reyes et al., 2014; Sopranzetti, 2018). В-четвертых, сформировалось исследовательское направление в экономике развития, связанное с определением перспектив продуктовой диверсификации экспорта на основе построения «продуктового пространства» (Hausmann, Klinger, 2007) и оценки «экономической сложности» (Hausmann, Hidalgo, 2011)<sup>4</sup>. В-пятых, изучается значение асимметричности сетевых структур для санкционной политики: в ряде работ подтверждается, что положение страны в таких структурах влияет на ее возможности по экономическому принуждению других стран (Peterson, 2018; Joshi et al.,

<sup>2</sup> В настоящей статье область изучения ограничивается только торговлей товарами. В то же время стоит иметь в виду, что сетевой подход в экономических исследованиях сейчас уже активно используется и в других сферах – например для анализа потоков прямых иностранных инвестиций (Bolivar et al., 2019).

<sup>3</sup> К этой же группе исследований примыкают работы, в большей мере фокусирующиеся на изучении сетевых производственных взаимосвязей внутри стран, – например (Braun et al., 2021).

<sup>4</sup> Недавно в рамках этого направления сетевые эффекты внешней торговли были проанализированы совместно со структурой занятости по профессиям, что позволило получить инструмент выбора профессий, развитие которых необходимо для успешной структурной трансформации экономики (Schetter et al., 2024).

2024). В то же время, центральное положение подсанкционной страны в сети торговых взаимосвязей по отдельным товарам сокращает вероятность применения против нее отраслевых санкций в этих сферах (Braun et al., 2023). Наконец, формируется научная литература, направленная на исследование влияния шоков на изменение сетевых структур мировой торговли или положения отдельных стран в этих структурах: в большинстве работ такой анализ проводится с фокусом на шок от пандемии коронавируса (Kiyota, 2022, 2023; Vidya et al., 2023) или на серию шоков, включая торговую войну между США и Китаем и пандемию (Alamsyah et al., 2023); изучается динамика перехода отдельных стран между сетевыми кластерами после санкционных эпизодов (Telarico, 2023).

В настоящем исследовании направление, сформированное последней группой работ, расширяется за счет использования наиболее актуальных данных, учитывающих динамику мировой торговли в последние годы. Цель исследования – оценка трансформации сетевых взаимосвязей в мировой торговле товарами после антироссийских санкций 2022 г. в трех аспектах: изменение позиций России, ее дружественных (нейтральных) стран-партнеров и недружественных государств (стран-антагонистов) в сетевой структуре мировой торговли. Важно иметь в виду, что трансформация международной торговли после 2022 г. связана не только с масштабными санкциями против России, но и с возрождением экономического противостояния между Западом и Китаем, что в комплексе проявилось во фрагментации международной торговли по геополитическому признаку, фиксируемой экономистами в последнее время (Blanga-Gubbay, Rubinova, 2024; Attinasi et al., 2024). Также отмечается особая роль нейтральных стран-посредников в поддержании торговых взаимосвязей между соперничающими блоками стран (Gopinath et al., 2024).

Статья построена следующим образом. В разд. 2 описываются применяемые в работе статистические данные и их ограничения. В разд. 3 выбираются метрики сетевого анализа, используемые в дальнейшем для определения характеристик сетевых взаимосвязей в мировой торговле в целом и положения отдельных стран в сети. В разд. 4 обсуждаются эмпирические результаты исследования. В разд. 5 формулируются выводы.

## 2. Данные и их ограничения

Использование данных СЕРП ВАСИ<sup>5</sup> (Gaulier, Zignano, 2010) по межстрановым торговым потокам на уровне товарных групп в сетевом анализе мировой торговли де-факто стало уже почти стандартом (Benedictis et al., 2013). Основная отличительная черта этого источника – гармонизация всех двусторонних внешнеторговых потоков для исключения расхождений между данными, предоставляемыми разными странами. Дальнейшие расчеты в работе осуществляются на основании данных СЕРП ВАСИ за период 2021–2023 гг. Анализ проводится на агрегированном уровне (по торговле товарами в целом).

Следует отметить, что данные по России и Беларуси, публикация внешнеторговой статистики которых с 2022 г. ограничена, имеют оценочный характер (по сведениям других стран-партнеров). В базе данных СЕРП ВАСИ с 2022 г. для России и Беларуси используются только зеркальные данные стран-партнеров,

<sup>5</sup> Международная база данных о торговле, разработанная французским исследовательским центром СЕРП. Предоставляет высокодетализированные данные о двусторонних потоках товаров между 200 странами, используя 6-значную номенклатуру Гармонизированной системы (HS).

что приводит к недоучету взаимосвязей со странами, которые не предоставили отчетности или по разным причинам не стали отражать фактов торговли с Россией или Беларусью в статистике. Для устранения этой проблемы база данных СЕРП ВАСИ за 2022–2023 гг. дополняется: предполагается, что внешняя торговля России и Беларуси с теми странами, которые фигурировали в российской и белорусской внешнеторговой статистике в 2021 г., но при этом они сами не отчитывались о такой торговле (например, с Алжиром, Бангладеш и Туркменистаном), сохраняется в прежнем объеме.

В связи с тем, что Иран и Вьетнам также пока не отчитались за 2023 г., данные по торговле между Россией и Беларусью, Россией и Ираном, Россией и Вьетнамом, Беларусью и Ираном, Беларусью и Вьетнамом были заполнены на основе информации из открытых источников. Кроме того, в базе данных СЕРП ВАСИ не учтена статистика Южной Кореи за 2023 г., опубликованная на ресурсе UN Comtrade 11 января 2025 г. Эта статистика также была использована для дополнения базы данных.

### 3. Методология

В рамках сетевого анализа страны-партнеры рассматриваются как узлы/вершины (nodes/vertices), внешнеторговые потоки между ними — как связи/ребра (links/edges), а вся совокупность узлов и связей в международной торговле — как направленная сеть/граф (directed network/graph). Простейший показатель в сетевом анализе, который для сети взаимодействий в мировой торговле идентичен географической диверсификации торговли, — *центральность по степени* (degree centrality), которая оценивается для каждого узла  $i$  как относительное число его прямых связей с другими узлами, т.е. относительное число его непосредственных «соседей» (Freeman, 1979):

$$DC_i^{(out)} = \left( \sum_j^N w_{i,j} \right) / (N-1), \quad (1)$$

$$DC_i^{(in)} = \left( \sum_j^N w_{j,i} \right) / (N-1), \quad (2)$$

$$DC_i^{(all)} = 0,5 \left( \sum_j^N w_{i,j} + \sum_j^N w_{j,i} \right) / (N-1), \quad (3)$$

где  $DC_i^{(out)}$  — показатель для исходящих связей;  $DC_i^{(in)}$  — показатель для входящих связей;  $DC_i^{(all)}$  — показатель для всех связей;  $N$  — общее число узлов в сети (стран);  $w_{i,j}$  — вес ребра от узла  $i$  до узла  $j$  (здесь и далее  $w_{i,j}$  принимается равным 1, если связь присутствует, и 0, если связи нет);  $w_{j,i}$  — вес ребра от узла  $j$  до узла  $i$  (определяется аналогично). Показатель принимает значения от 0 (полное отсутствие связей) до 1 (связь со всеми возможными узлами). В международной торговле он интерпретируется как уровень географической диверсификации экспорта (для исходящих связей) или импорта (для входящих связей).

*Центральность по собственному вектору* (eigenvector centrality) позволяет выявить не только непосредственное влияние узла, но и его косвенное влияние в сети — с учетом центральных соседних узлов. Она вычисляется по рекурсивной процедуре на основании идеи о том, что центральность узла  $i$  должна быть пропорциональна сумме центральных соседей (Bonacich, 1987):

$$EC_i = \frac{1}{\lambda} \sum_{j \neq i}^N w_{j,i} EC_j, \quad (4)$$

где  $\lambda$  – коэффициент пропорциональности, определяемый на основе решения системы одновременных уравнений. В общем виде его можно получить не всегда, однако для сетей с высокой связностью<sup>6</sup> этот коэффициент, как правило, определяется и положителен. После получения оценки результат нормируется так, чтобы его максимальное значение составляло 1.

Две другие меры центральности фокусируются на кратчайших путях между узлами. *Центральность по близости* (closeness centrality) показывает, насколько в среднем узел близок ко всем остальным узлам в сети, – рассчитывается как величина, обратная сумме расстояний по кратчайшим путям<sup>7</sup> между узлом  $i$  и другими узлами графа (Freeman, 1979):

$$CC_i^{(out)} = (N-1) / \sum_{j \neq i}^N d_{i,j}, \quad (5)$$

$$CC_i^{(in)} = (N-1) / \sum_{j \neq i}^N d_{j,i}, \quad (6)$$

$$CC_i^{(all)} = (N-1) / \sum_{j \neq i}^N \min(d_{i,j}; d_{j,i}), \quad (7)$$

где  $CC_i^{(out)}$  – показатель для исходящих связей;  $CC_i^{(in)}$  – показатель для входящих связей;  $CC_i^{(all)}$  – показатель для всех связей;  $d_{i,j}$  – расстояние от узла  $i$  до узла  $j$  (число вершин на пути между узлами);  $d_{j,i}$  – расстояние от узла  $j$  до узла  $i$  (определяется по аналогии). Показатель находится в диапазоне от 0,5 (максимальная средняя длина пути, т.е. все связи только через посредника<sup>8</sup>) до 1 (минимальная средняя длина пути). При этом получить идентичный результат (с точностью до минимального порогового значения) можно и путем простого соотношения размеров окрестностей первого и второго порядков, т.е. числа узлов, с которыми узел  $i$  связан напрямую, и числа узлов, с которыми узел  $i$  связан, в том числе, через посредника. Полученная доля прямых связей узла  $i$  принимает значения от близких к нулю (небольшое число прямых связей) до 1 (наличие прямых связей со всеми странами).

Наконец, *центральность по посредничеству* (betweenness centrality) отражает роль узла в качестве посредника для составления кратчайших путей между другими узлами и оценивается как средняя доля кратчайших путей, проходящих через узел  $i$  (Freeman, 1979; Brandes, 2001):

$$BC_i = \frac{1}{\gamma} \sum_{l,k: l \neq k \neq i}^N (g_{l,i,k} / g_{l,k}), \quad (8)$$

где  $g_{l,k}$  – число кратчайших путей между узлами  $l$  и  $k$ ;  $g_{l,i,k}$  – число проходящих через узел  $i$  кратчайших путей между узлами  $l$  и  $k$ ;  $\gamma$  – нормировочный коэффициент, который в общем случае для направленных графов равен  $(N-1)(N-2)$ . Однако для международной торговли подавляющее большинство кратчайших путей представлено прямыми связями, в результате чего применение стандартного нормировочного коэффициента приведет к очень низким значениям показателя даже для стран-лидеров. Поэтому в приложении к торговым данным коэффициент  $\gamma$  полагается равным  $(N-1)$ . Показатель лежит в диапазоне от 0 до 1, где значения, близкие к 1, указывают на то, что страна выступает посредником в торговле для

<sup>6</sup> В международной торговле любые две страны связаны друг с другом не более чем через два ребра, что следует считать очень высокой связностью.

<sup>7</sup> Путем между узлами  $i$  и  $j$  называется вся последовательность неповторяющихся вершин от одного узла к другому. Расстояние между узлами  $i$  и  $j$  – число вершин, содержащихся в кратчайшем пути.

<sup>8</sup> Минимально возможное значение представляет собой величину, обратную максимальному числу ребер, необходимому для построения пути между любыми двумя странами в сети (для торговли – 0,5).

многих малых стран, у которых невелика доля прямых связей в сети (другими словами, такая страна замыкает на себя эти малые страны).

Еще один показатель – *индекс ограничений Берта* (Burt's constraint) – также имеет отношение к посредничеству. Недостаток связей между соседями узла (или, в терминологии Берта, наличие «структурных дыр») дает этому узлу возможности выступать посредником. Показатель для узла  $i$  принимает высокие значения, если возможности узла  $i$  стать посредником ограничены, т.е. если его соседи сильнее взаимосвязаны друг с другом – индекс рассчитывается как сумма попарных ограничений со стороны всех узлов  $j$  (Burt, 2004):

$$C_i = \sum_{j: j \neq i}^N c_{i,j}, \quad (9)$$

$$c_{i,j} = \left( p_{i,j} + \sum_{q: q \neq j \neq i}^N p_{i,q} p_{q,j} \right)^2, \quad (10)$$

$$p_{i,j} = (w_{i,j} + w_{j,i}) / \sum_{k: k \neq i}^N (w_{i,k} + w_{k,i}), \quad (11)$$

где  $p_{i,j}$  – относительная сила прямой связи между двумя узлами  $i$  и  $j$ ;  $\sum_{q: q \neq j \neq i}^N p_{i,q} p_{q,j}$  – относительная сила косвенных связей между узлами  $i$  и  $j$  через все узлы  $q$ . Минимальное и максимальное значение индекса зависят от числа узлов в сети ( $N$ ), но в подавляющем большинстве случаев (при  $N > 3$ , см. (Everett, Borgatti, 2020)) они лежат глубоко внутри диапазона от 0 до 1 (чем выше значение, тем меньше возможностей для посредничества).

Также рассчитывается ряд показателей, характеризующих сеть в целом.

Во-первых, это коэффициенты кластеризации. *Локальный коэффициент кластеризации* (local clustering coefficient) рассчитывается для каждого отдельного узла – он показывает, в какой степени в среднем связаны между собой другие узлы, выступающие соседями узла  $i$ , и представляет собой число связанных друг с другом узлов-соседей узла  $i$  по отношению к максимально возможному числу таких связей (Watts, Strogatz, 1998):

$$LCC_i = \frac{\sum_{j,k: k \neq j \neq i} w_{i,j} w_{i,k} w_{j,k}}{\sum_{j,k: k \neq j \neq i} w_{i,j} w_{i,k}}, \quad (12)$$

где  $\sum_{j,k: k \neq j \neq i} w_{i,j} w_{i,k} w_{j,k}$  – фактическое число треугольников, включающих узел  $i$  (связей узла  $i$  с взаимосвязанными узлами-соседями):  $\sum_{j,k: k \neq j \neq i} w_{i,j} w_{i,k}$  – потенциальное число таких треугольников. Значение индекса, близкое к 1, указывает на то, что почти все соседние узлы взаимосвязаны между собой. При использовании этого показателя мера кластеризации для сети в целом может быть оценена как простое среднее значение всех локальных коэффициентов кластеризации.

*Глобальный коэффициент кластеризации* (global clustering coefficient) оценивается для сети в целом и показывает, в какой степени узлы сети в среднем объединены в кластеры (Wasserman, Faust, 1994):

$$GCC = \sum_{i,j,k: k \neq j \neq i} w_{i,j} w_{i,k} w_{j,k} / \sum_{i,j,k: k \neq j \neq i} w_{i,j} w_{i,k}, \quad (13)$$

где  $\sum_{i,j,k: k \neq j \neq i} w_{i,j} w_{i,k} w_{j,k}$  – общее число треугольников в сети;  $\sum_{i,j,k: k \neq j \neq i} w_{i,j} w_{i,k}$  – потенциальное число таких треугольников.

Во-вторых, это – показатели связности сети (см., например, (White, Narary, 2001)). *Вершинная связность* (vertex connectivity) определяется как наи-

меньшее число узлов, удаление которых делает граф несвязным (разделяет его на несколько связных графов):

$$K = \min \{ \kappa_{i,j;i \neq j} \}, \quad (14)$$

где  $\{ \kappa_{i,j;i \neq j} \}$  – множество локальных индексов связности между всеми вершинами сети, каждый из которых определяется как наименьшее число узлов, удаление которых разъединяет вершины  $i$  и  $j$ .

*Реберная связность* (edge connectivity) определяется как наименьшее число ребер, удаление которых делает граф несвязным:

$$\Lambda = \min \{ \lambda_{i,j;i \neq j} \}, \quad (15)$$

где  $\{ \lambda_{i,j;i \neq j} \}$  – множество локальных индексов реберной связности, каждый из которых определяется как наименьшее число ребер, удаление которых разъединяет вершины  $i$  и  $j$ .

В-третьих, также целесообразно рассчитывать *индекс ассортативности* (assortativity index), отражающий степень, в какой торгующие страны преимущественно связаны с похожими странами по какому-либо признаку (Newman, 2003):

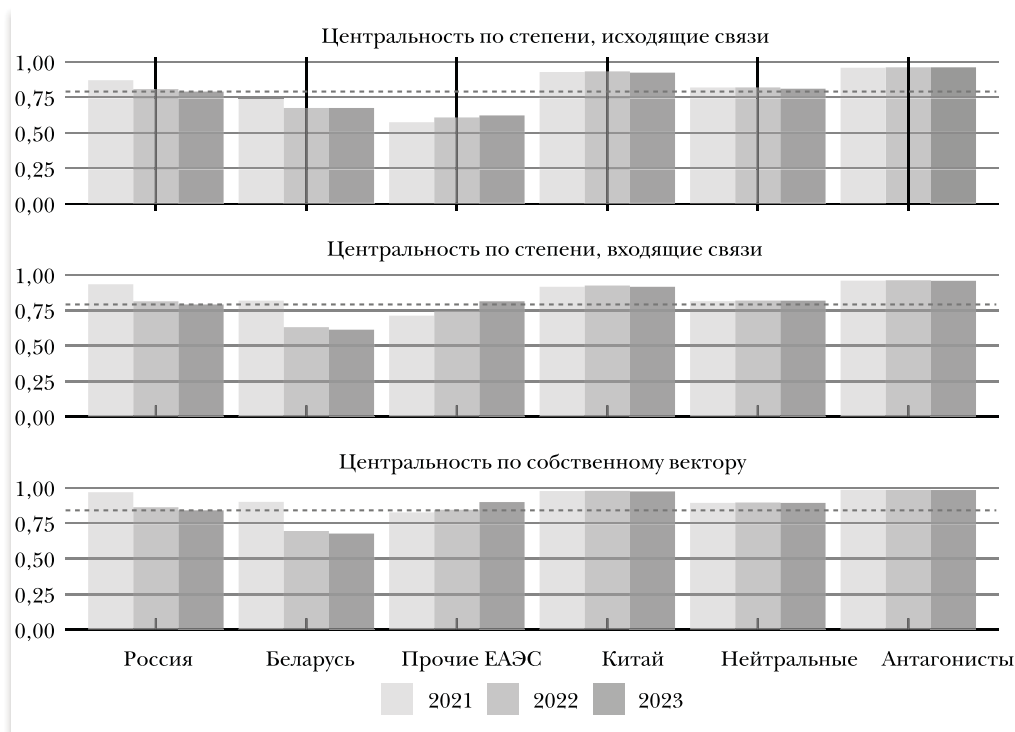
$$r = \left( \sum_a e_{a,a} - \sum_a \left( \sum_b e_{a,b} \sum_a e_{a,b} \right) \right) / \left( 1 - \sum_a \left( \sum_b e_{a,b} \sum_a e_{a,b} \right) \right), \quad (16)$$

где  $e_{a,a}$  – доля ребер, связывающих вершины одинаковых категорий ( $a$ );  $e_{a,b}$  – доля ребер, связывающих вершины разных категорий ( $a$  и  $b$ ). Значения показателя, близкие к 1, указывают на высокую взаимосвязанность похожих узлов, тогда как значения, близкие к -1, напротив, свидетельствуют о том, что непохожие узлы взаимосвязаны сильнее.

#### 4. Эмпирические результаты

Первый и наиболее явный результат изменения сетевых взаимосвязей стран после санкционного шока 2022 г. – заметное сокращение индексов центральности для России и Беларуси (рис. 1), отражающих влияние международной торговой сети. Это объясняется сужением круга их взаимодействий с другими странами мира, что относится как к прямому экспорту и импорту (центральности по степени), так и к косвенным связям (центральность по собственному вектору). Интересно, что на фоне ухудшения метрик сетевых взаимосвязей России и Беларуси с другими странами те же метрики улучшились для прочих стран ЕАЭС, что отражает появление значимого числа новых контактов. В то же время, показательно, что Россия после 2022 г. все равно осталась наиболее связной экономикой из всех стран ЕАЭС по исходящим связям (по экспорту) благодаря большему товарному разнообразию поставок на мировые рынки, но она существенно ослабила позиции по входящим связям (по импорту), т.е. как рынок продаж, поскольку задействование новых маршрутов перевозок через страны ЕАЭС касалось в первую очередь поставок на российский рынок.

Еще один факт, который также следует отметить, – практическая неизменность показателей центральности по степени и собственному вектору для всех прочих стран, что относится как к странам-антагонистам, так и к нейтральным странам, в том числе Китаю. У антагонистов торговая связность максимальна, но Китай несущественно уступает им в этом отношении, чего нельзя сказать о многих других нейтральных странах. Кроме Китая, высокую связность

**Рис. 1.**

Индексы центральности, измеряющие влияние стран в сети

**Примечание.** Центральности по группам стран рассчитаны как взвешенные средние (веса – объемы торговли). К странам-антагонистам отнесены недружественные страны, определенные в соответствии с Распоряжением Правительства РФ от 05.03.2022 г. № 430-р (в ред. от 29.10.2022 г.)<sup>9</sup>. Остальные страны отнесены к числу нейтральных, из которых особо выделяются Китай и страны ЕАЭС.

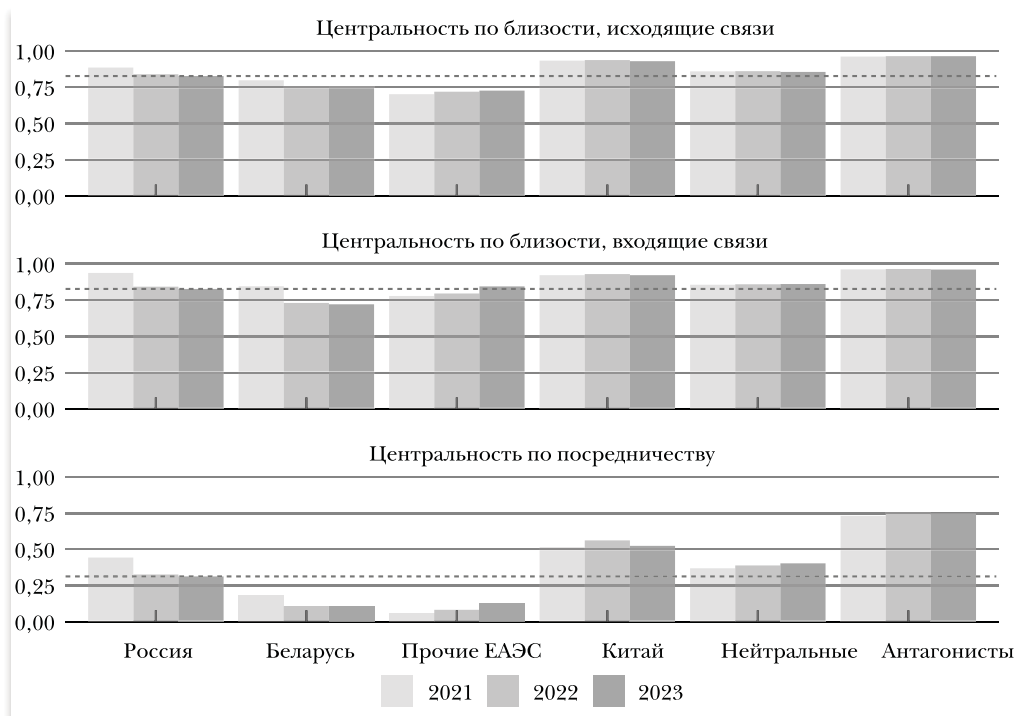
*Источники:* Распоряжение Правительства РФ от 5 марта 2022 № 430-р «Об утверждении перечня иностранных государств и территорий, совершающих недружественные действия в отношении Российской Федерации, российских юридических и физических лиц» во исполнение Указа Президента Российской Федерации от 5 марта 2022 г. Оценки автора по данным СЕРП ВАСИ, UN Comtrade.

демонстрируют Индонезия, Малайзия, Индия, Таиланд, ОАЭ, Бразилия, Турция и ЮАР.

Индексы центральности, фокусирующиеся на измерении кратчайших путей между странами, для России и Беларуси также заметно сократились в 2022–2023 гг., тогда как для стран ЕАЭС – возросли (рис. 2)<sup>9</sup>. Центральность по посредничеству для нейтральных стран также увеличилась, что подчеркивает усиление их посреднической роли в торговле. Россия по-прежнему имеет достаточно сильные позиции как посредник в международной торговле, несмотря на санкции, что определяется в том числе ее географическим положением.

Немаловажно отметить, что объемы внешней торговли стран и меры центральности в общем случае связаны прямой зависимостью (рис. 3), поскольку малым странам добиться высоких значений центральности труднее. Среди крупных стран (с объемом торговли более 500 млрд долл.) наименьшую связность показывают Вьетнам и Мексика, которые в первую очередь торгуют с США и могут

<sup>9</sup> Индекс ограничений Берта рассчитывался, но не приводится: его изменения минимальны.

**Рис. 2.**

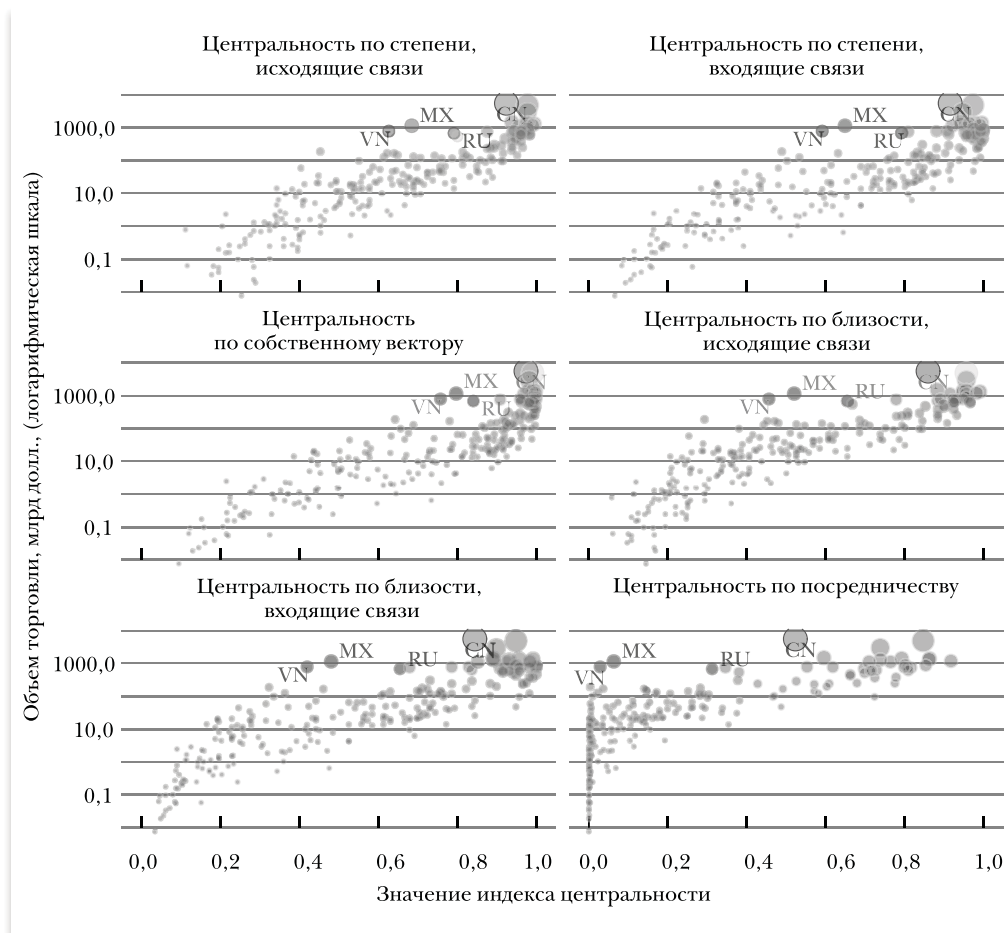
*Индексы центральности, измеряющие кратчайшие пути между странами*

**Примечание.** Центральности по группам стран рассчитаны как взвешенные средние (веса — объемы торговли); к странам-антагонистам отнесены недружественные страны, определенные в соответствии с Распоряжением Правительства РФ от 05.03.2022 г. № 430-р (в ред. от 29.10.2022 г.); остальные страны отнесены к нейтральным странам, из которых особо выделяются Китай и страны ЕАЭС.

*Источники:* оценки автора по данным СЕРП ВАСИ, UN Comtrade.

существенно пострадать при ограничении такой торговли, что дает США козырь в торговых переговорах с этими странами. Россия, до санкций 2022 г. находившаяся ближе к группе стран с высокой центральностью, к 2023 г. переместилась в группу недостаточно связанных экономик (с учетом размера торговли). В то же время все индексы центральности для России остались заметно выше, чем для Вьетнама и Мексики, что следует интерпретировать положительно — даже в условиях санкций страна полностью не замкнулась на узком круге внешнеторговых партнеров, хотя изначально циркулировали опасения слишком сильного замыкания на Китай, особенно в импортных поставках.

Глобальная сеть торговых взаимодействий в целом под влиянием санкций осталась очень стабильной — основные метрики претерпели минимальные изменения (рис. 4). Тем не менее, определенный интерес представляет направление изменений по разным метрикам. Во-первых, коэффициенты кластеризации показывают, что к 2023 г. кластеризация стран в международной торговой сети ослабла, что связано с разрывом старых и появлением новых, нетипичных ранее

**Рис. 3.**

Взаимосвязь индексов центральности и объемов внешней торговли в 2023 г.

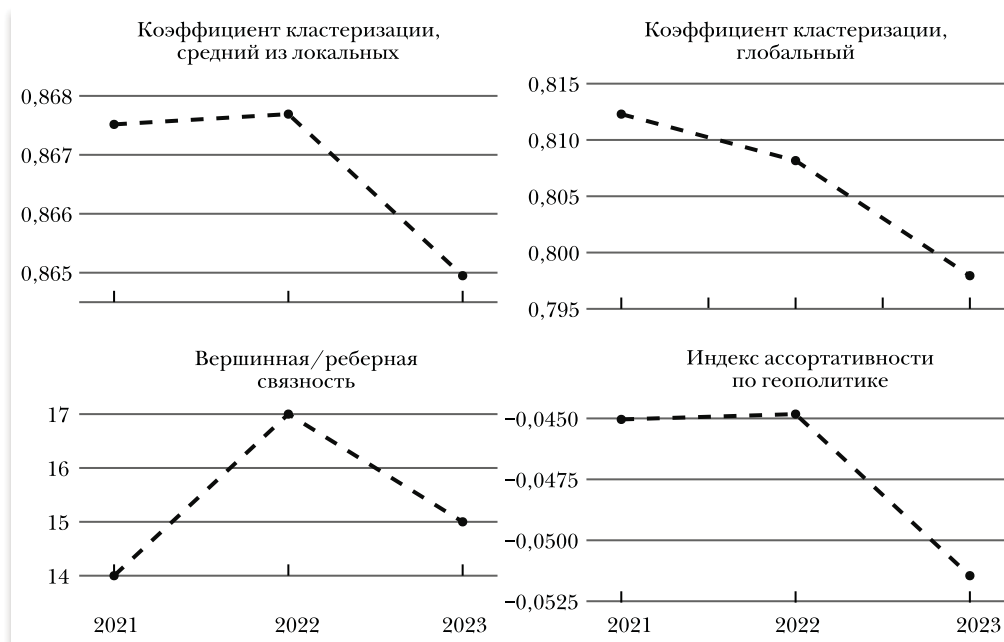
**Примечание.** Индексы центральности по близости приведены к шкале от 0 до 1 для удобства сопоставления.

*Источники:* оценки автора по данным CEPPI WACI, UN Comtrade.

торговых потоков. Во-вторых, связность графа международной торговли повысилась, что указывает на расширение внешнеторговых контактов стран, которые ранее взаимодействовали с минимальным числом партнеров<sup>10</sup>. Наконец, индекс ассортативности, рассчитанный в контексте санкционного давления на Россию, сократился, т.е. страны, относящиеся к разным блокам (антагонисты и нейтральные страны), увеличили число торговых связей (что объясняется возросшей ролью нейтральных стран-посредников).

При интерпретации полученных результатов нужно учитывать, что все обсуждаемые индикаторы рассчитаны без учета объема торговых потоков, так что связи с небольшими странами считаются такими же важными, как и связи

<sup>10</sup> Показатели связности графа устроены так, что фокусируются на наименее связных узлах, разрыв взаимодействия которых с другими узлами может привести к их абсолютной изоляции. На практике такая постановка вопроса в контексте международной торговли неактуальна, но для наименее связных стран рост этих показателей отражает рост включенности в мировую торговлю.

**Рис. 4.**

*Динамика мер связности глобальной торговой сети в целом*

**Примечание.** Индекс ассортативности по геополитике учитывает две категории стран с разной санкционной политикой в отношении России — нейтральные страны и антагонисты, к которым отнесены недружественные страны, определенные в соответствии с Распоряжением Правительства РФ от 05.03.2022 г. № 430-р (в ред. от 29.10.2022 г.). Оценки вершинной и реберной связности совпадают.

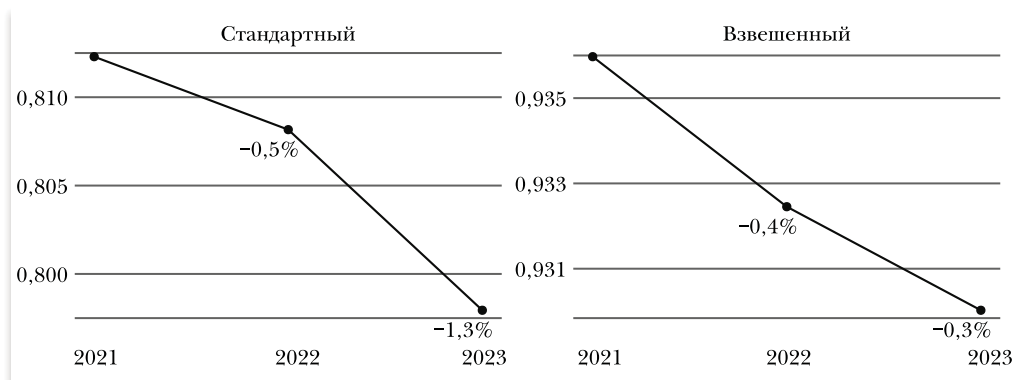
*Источники:* оценки автора по данным CEPII BACI, UN Comtrade.

с крупнейшими странами. С одной стороны, такой подход может недоучитывать того факта, что разрыв связей с несколькими странами может быть компенсирован наращиванием торговли с одной крупной страной. С другой стороны, после санкций полного разрыва связей России даже со странами-антагонистами не произошло — фактически список торговых партнеров сохранился, хоть объемы торговли существенно перераспределились. Поэтому примененная в статье методология в большей степени отвечает на вопрос о том, как изменилась сеть торговых взаимодействий России и других стран с периферийными странами-партнерами — за счет прекращения торговли с одними или начала взаимодействия с другими. Такие эффекты сложно оценить с помощью стандартного анализа торговой статистики, тогда как сетевой анализ естественным образом позволяет учесть весь комплекс торговых взаимодействий.

Использование взвешенных метрик центральности, как представляется, будет давать результаты, в гораздо большей степени схожие со стандартными оценками, основанными на статистике внешней торговли. В частности, взвешенная центральность по степени (strength centrality), предложенная в работе (Barrat et al., 2004) как генерализация стандартной центральности по степени

для случая взвешенных связей, представляет собой сумму весов ребер. Так, если весами выступают объемы торговли между всеми парами стран, то для каждой страны взвешенная центральность по степени для исходящих связей будет равна экспорту, а для входящих – импорту. Очевидно, что такие метрики будут отражать в первую очередь размер стран и лишь во вторую очередь – их связность в международной торговой сети. Кроме того, при анализе динамики проблемой становится высокая волатильность мировых цен (подробнее – см. Приложение). В литературе даже представлены промежуточные метрики нескольких индексов центральности, позволяющие с помощью параметра задавать относительную значимость числа связей и их весов (Opsahl, Agneessens, Skvoretz, 2010). Однако экономический смысл использования такого рода показателей для анализа международной торговли, на наш взгляд, незначителен<sup>11</sup>.

Отметим, однако, что применение взвешенных метрик для сети в целом представляется более целесообразным. В частности, глобальный коэффициент кластеризации позволяет получить взвешенную, или генерализованную, оценку (Opsahl, Panzarasa, 2009), пригодную для динамического анализа и сопоставимую со стандартной версией коэффициента. Авторы генерализованного глобального коэффициента кластеризации отмечают, что, как правило, он имеет более высокие значения, чем стандартный коэффициент, что подтверждается и данными о глобальной торговле (рис. 5). Это указывает на то, что страны с небольшими объемами внешней торговли реже формируют полностью связанные треугольники в сети глобальных торговых взаимодействий. Показательно различие в динамике стандартного и взвешенного коэффициентов: экономики с небольшими объемами торговли в первый год действия санкций против России отреагировали сопоставимо с крупными странами. Однако уже на второй год они вступили на путь более интенсивной трансформации своих внешнеторговых связей. Представляется, что это связано с возникшей в 2023 г. угрозой введения вторичных санкций против стран, торгующих с Россией.



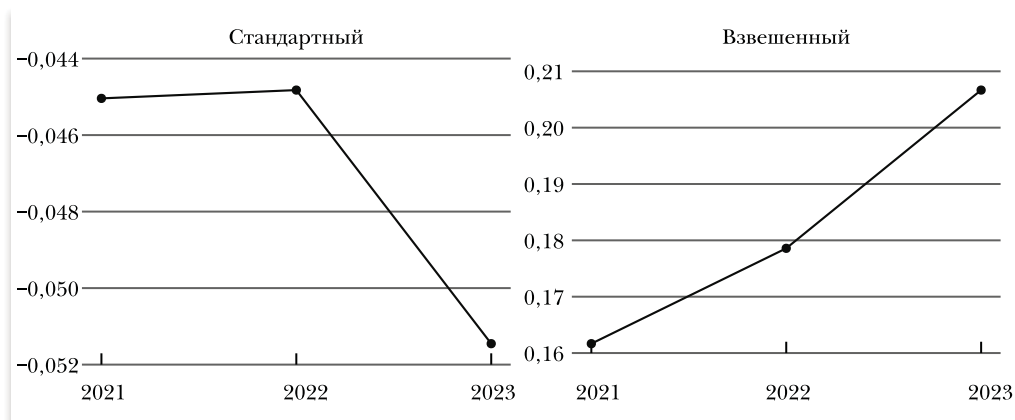
**Рис. 5.**

Динамика глобального коэффициента кластеризации с учетом объемов торговли

**Примечание.** Стандартный коэффициент – (Wasserman, Faust, 1994), взвешенный – (Opsahl et al., 2009).

Источники: оценки автора по данным СЕРП ВАСИ, UN Comtrade.

<sup>11</sup> Фактически они представляют собой нелинейным образом усредненные оценки по числу связей и объемам торговли, что трудно корректно интерпретировать.

**Рис. 6**

Динамика индекса ассортативности по геополитике с учетом объемов торговли

**Примечание.** Стандартный коэффициент – (Newman, 2003), взвешенный – (Farine, 2014).

Источники: оценки автора по данным СЕРП ВАСИ, UN Comtrade.

Еще одной метрикой для сети в целом, по которой есть смысл учитывать объемы торговли, выступает взвешенный индекс ассортативности (Farine, 2014). Результаты оценки по такому индексу отличаются от результатов расчетов, согласно стандартному подходу, как в уровнях, так и в динамике (рис. 6). Так, если стандартный индекс ассортативности по геополитике показывает, что страны, относящиеся к разным блокам, имеют большее число торговых связей и дополнительно расширили их в 2023 г., то взвешенный индекс указывает на обратное – с учетом объемов торговли страны внутри блоков связаны друг с другом сильнее, чем страны между блоками, и этот разрыв лишь усилился после введения санкций против России, что соответствует выводам экономистов, полученным на основании данных внешнеторговой статистики (см., например, (Blanga-Gubbay, Rubinova, 2024; Attinasi, Mancini, Voeckelmann, 2024)). Такое различие в результатах подчеркивает, что сетевой подход может указать на неочевидные закономерности и тренды в международной торговле.

## 5. Заключение и прикладное значение результатов

В настоящей статье сетевой подход используется для оценки изменений, которые произошли как в международной торговле, так и во внешней торговле России в контексте западных санкций, вызвавших резкие структурные сдвиги в российском экспорте и импорте в 2022–2023 гг. Рассчитаны разнообразные метрики центральности как для России, так и для других стран и страновых групп – Беларуси, прочих стран ЕАЭС, Китая, нейтральных стран и государств-антагонистов. Оценены метрики, учитывающие характеристики глобальной сети внешнеторговых взаимодействий.

Полученные результаты указывают на то, что основные изменения в архитектуре мировой торговли в 2022–2023 гг. были связаны с реструктуризацией торговых потоков в связи с антироссийскими санкциями, т.е. фактически были

направлены на сохранение устойчивости глобальной торговой системы. Этот вывод подтверждается тем фактом, что большинство индексов центральности после введения санкций скорректировалось только для России, Беларуси и прочих стран ЕАЭС; исключение – повышение центральности по посредничеству для нейтральных стран. Это обстоятельство связано с их подключением к новым схемам поставок, что, впрочем, не отразилось в повышении их общей связности. Все показатели центральности для Китая в 2022–2023 гг. почти не изменились по отношению к 2021 г., хотя априори можно было бы ожидать их ухудшения на фоне обострения противостояния между Китаем и странами Запада.

С этим выводом согласуются и результаты анализа динамики индексов, которые характеризуют глобальную сеть международной торговли: ослабление кластеризации стран в процессе разрыва старых и возникновения новых торговых потоков (наиболее интенсивно – в странах с небольшими объемами торговли на второй год действия санкций), расширение торговых контактов стран с небольшим числом связей, увеличение частоты взаимодействия стран-антагонистов и нейтральных стран на фоне реструктуризации маршрутов поставок товаров (в то же время, интенсивность связей стран с учетом объемов торговли, напротив, быстрее росла внутри страновых блоков, чем между ними).

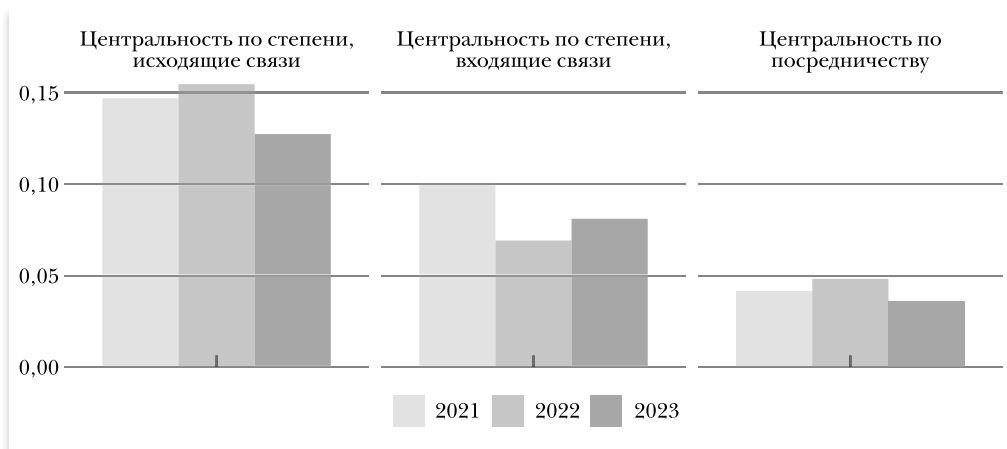
Для России полученные выводы означают, что, несмотря на сокращение числа торговых связей, потребности экономики за счет гибкости глобальной торговой системы в целом обеспечиваются. Конечно, страна несет издержки из-за реконфигурации торговли, связанные с появлением дополнительных звеньев в цепочке поставок продукции, однако эти издержки несопоставимы с такими ранними прогнозами зарубежных экономистов о коллапсе российской экономики в результате санкций, как прогноз о падении ВВП России на 14% (Mahlstein et al., 2022). Подобные прогнозы очевидно принципиально недоучитывали роли стран-посредников в реструктуризации торговли, хотя к тому моменту уже было немало свидетельств того, что нейтральные страны способны существенно смягчить эффект от таких событий, как, например, первая торговая война США и Китая 2018–2019 гг.

Результаты проведенного нами исследования могут быть также интересны и в контексте будущих изменений в глобальной сети торговых взаимодействий, связанных с нарастающей напряженностью между США и Китаем. Естественный эксперимент в форме масштабных санкций против России показал, что возможности построения альтернативных торговых маршрутов в современной глобальной торговой системе очень широки. Стимулы к обходу санкций присутствуют у большинства участников международного обмена – компании из вводящих санкции стран не заинтересованы в потере рынка, компании в подсанкционной стране не могут себе позволить перебоев в поставках критически важных комплектующих и оборудования, а посредники из нейтральных стран не против дополнительного заработка на торговых и логистических операциях. В случае полномасштабного ухудшения отношений между США и Китаем такие стимулы будут еще выше, так как рынки этих стран гораздо крупнее российского. Представляется, что подстройка к такому шоку займет не менее двух лет и в наибольшей степени скажется на небольших странах, многим из которых придется существенно переформатировать внешнеторговую логистику.

Затягивание конфликта США и Китая привело бы к существенному усилению роли стран-посредников в среднесрочном периоде. Влияние инвестиций и политики по переносу производств возможно, но лишь в долгосрочном периоде, что требует отдельных исследований.

#### ПРИЛОЖЕНИЕ

Взвешенные индексы центральности, которые учитывают объемы торговых потоков между странами, не добавляют ценности по сравнению со стандартным анализом внешней торговли на основании объемных показателей. На примере России видно, что взвешенные индексы центральности напрямую соотносятся с динамикой экспорта и импорта (рис. А) – и, соответственно, в значительной мере отражают динамику мировых цен на энергоресурсы (для экспорта) или спроса на зарубежные товары со стороны экономики (для импорта), тогда как изменение сетевых взаимосвязей со странами-партнерами остается в тени. Из-за этого интерпретация таких показателей в их исходном смысле оказывается затрудненной – например, сложно объяснить рост центральности по посредничеству для России в 2022 г. Конечно, ценовые факторы важны и существенно влияют на доходы экономики (например, ценовые дисконты после 2022 г. занижают потенциально возможные доходы), однако они в незначительной мере связаны с предметом настоящего исследования и должны изучаться другими методами.



**Рис. А**

*Динамика нормированных взвешенных индексов центральности для России*

**Примечание.** Расчеты произведены согласно (Opsahl, Agneessens, Skvoretz, 2010) в пакете `tnet` на языке R; нормирование всех показателей производится путем отнесения к максимальному значению по странам.

*Источники:* оценки автора по данным СЕРП ВАСИ, UN Comtrade.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Alamsyah A., Ramadhani D., Mulyani L.** (2023). Rise or fall? Discovering the global world trade network rise and fall under major situations. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 9 (1), 100009. DOI: 10.1016/j.joitmc.2023.100009
- Amador J., Cabral S.** (2017). Networks of value-added trade. *The World Economy*, 40 (7), 1291–1313. DOI: 10.1111/twec.12469
- Attinasi M., Mancini M., Boeckelmann L.** et al. (2024). Navigating a fragmenting global trading system: Insights for central banks. *European Central Bank, Occasional Paper*, 2024/365, December 2024.
- Barrat A., Barthelemy M., Pastor-Satorras R., Vespignani A.** (2004). The architecture of complex weighted networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 101 (11), 3747–3752. DOI: 10.1073/pnas.0400087101
- Benedictis L. de, Tajoli L.** (2011). The world trade network. *The World Economy*, 34 (8), 1417–1454. DOI: 10.1111/j.1467-9701.2011.01360.x
- Blanga-Gubbay M., Rubinova S.** (2024). Is the global economy fragmenting? *WTO, Staff Working Paper*, ERSD-2023–10, October 2024 (updated version).
- Bolivar L., Casanueva C., Castro I.** (2019). Global foreign direct investment: A network perspective. *International Business Review*, 28 (4), 696–712. DOI: 10.1016/j.ibusrev.2019.01.007
- Bonacich P.** (1987). Power and centrality: A family of measures. *American Journal of Sociology*, 92 (5), 1170–1182. DOI: 10.1086/228631
- Brandes U.** (2001). A faster algorithm for betweenness centrality. *Journal of Mathematical Sociology*, 25 (2), 163–177.
- Braun E., Braun E., Gyimesi A., Iloskics Z., Sebestyen T.** (2023). Exposure to trade disruptions in case of the Russia–Ukraine conflict: A product network approach. *The World Economy*, 46 (10), 2950–2982. DOI: 10.1111/twec.13417
- Braun E., Sebestyen T., Kiss T.** (2021). The strength of domestic production networks: An economic application of the Finn cycling index. *Applied Network Science*, 6, 69. DOI: 10.1007/s41109-021-00411-5
- Burt R.** (2004). Structural holes and good ideas. *American Journal of Sociology*, 110 (2), 349–399. DOI: 10.1086/421787
- Cerina F., Zhu Z., Chessa A., Riccaboni M.** (2015). World input-output network. *PLoS ONE*, 10 (7), e0134025. DOI: 10.1371/journal.pone.0134025
- Everett M., Borgatti S.** (2020). Unpacking Burt’s constraint measure. *Social Networks*, 62, 50–57. DOI: 10.1016/j.socnet.2020.02.001
- Farine D.** (2014). Measuring phenotypic assortment in animal social networks: Weighted associations are more robust than binary edges. *Animal Behaviour*, 89, 141–153.
- Freeman L.** (1979). Centrality in social networks: Conceptual clarification. *Social Networks*, 1 (3), 215–239. DOI: 10.1016/0378-8733 (78)90021-7
- Garlaschelli D., Loffredo M.** (2005). Structure and evolution of the world trade network. *Physica A*, 335 (1), 138–144. DOI: 10.1016/j.physa.2005.02.075
- Gaulier G., Zignano S.** (2010). BACI: International trade database at the product-level. The 1994–2007 version. *CEPII, Working Paper*, 2010–23, October 2010.

- Ge J., Wang X., Guan Q., Li W., Zhu H., Yao M.** (2016). World rare earths trade network: Patterns, relations and role characteristics. *Resources Policy*, 50, 119–130. DOI: 10.1016/j.resourpol.2016.09.002
- Gopinath G., Gourinchas P., Presbitero A., Topalova P.** (2024). Changing global linkages: A new Cold War? *IMF, Working Paper*, WP/24/76, April 2024.
- Gutierrez-Moya E., Lozano S., Adenso-Diaz B.** (2023). A pre-pandemic analysis of the global fertiliser trade network. *Resources Policy*, 85 (B), 103859. DOI: 10.1016/j.resourpol.2023.103859
- Hausmann R., Hidalgo C.** (2011). The network structure of economic output. *Journal of Economic Growth*, 16, 309–342. DOI: 10.1007/s10887-011-9071-4
- Hausmann R., Klinger B.** (2007). The structure of the product space and the evolution of comparative advantage. *CID at Harvard University, Working Paper*, 146, April 2007.
- Joshi S., Mahmud A., Nandy A., Sarangi S.** (2024). Sanctions in directed trade networks. *Review of International Economics*, 32 (1), 72–108. DOI: 10.1111/roie.12699
- Kali R., Reyes J.** (2011). The architecture of globalization: A network approach to international economic integration. *Journal of International Business Studies*, 38, 595–620. DOI: 10.1057/palgrave.jibs.8400286
- Kiyota K.** (2022). The COVID-19 pandemic and the world trade network. *Journal of Asian Economics*, 78, 101419. DOI: 10.1016/j.asieco.2021.101419
- Kiyota K.** (2023). The COVID-19 pandemic and the world machinery trade network. *Keio Economic Observatory. Discussion Paper*, 176, August 2023.
- League of Nations (1942). *The world trade network*. Princeton: Princeton University Press.
- Mahlstein K., McDaniel C., Schropp S., Tsigas M.** (2022). Estimating the economic effects of sanctions on Russia: An allied trade embargo. *World Economy*, 45 (11), 3344–3383. DOI: 10.1111/twec.13311
- Newman M.** (2003). Mixing patterns in networks. *Physical Review E*, 67 (2), 026126. DOI: 10.1103/PhysRevE.67.026126
- Opsahl T., Agneessens F., Skvoretz J.** (2010). Node centrality in weighted networks: Generalizing degree and shortest paths. *Social Networks*, 32 (3), 245–251. DOI: 10.1016/j.socnet.2010.03.006
- Opsahl T., Panzarasa P.** (2009). Clustering in weighted networks. *Social Networks*, 31 (2), 155–163. DOI: 10.1016/j.socnet.2009.02.002
- Peterson T.** (2020). Reconsidering economic leverage and vulnerability: Trade ties, sanction threats, and the success of economic coercion. *Conflict Management and Peace Science*, 37 (4), 409–429. DOI: 10.1177/0738894218797024
- Reyes J., Wooster R., Shirrell S.** (2014). Regional trade agreements and the pattern of trade: A networks approach. *The World Economy*, 37 (8), 1128–1151. DOI: 10.1111/twec.12121
- Schetter U., Diodato D., Protzer E., Neffke F., Hausmann R.** (2024). From products to capabilities: Constructing a genotypic product space. *Growth Lab at Harvard University, Working Paper*, 230, June 2024.
- Serrano M., Boguna A.** (2003). Topology of the world trade web. *Physical Review E*, 68, 015101. DOI: 10.1103/PhysRevE.68.015101
- Sopranzetti S.** (2018). Overlapping free trade agreements and international trade: A network approach. *The World Economy*, 41 (6), 1549–1566. DOI: 10.1111/twec.12599

- Telarico F.** (2023). Are sanctions for losers? A network study of trade sanctions. *Novi Ekonomist*, 17 (33), 4–11. DOI: 10.7251/noeen2333004t
- Vidya C., Mummidi S., Adarsh B.** (2023). Effect of the COVID-19 pandemic on world trade networks and exposure to shocks: A cross-country examination. *Emerging Markets Finance and Trade*, 59 (3), 863–879. DOI: 10.1080/1540496X.2022.2108699
- Wasserman S., Faust K.** (1994). *Social network analysis: Methods and applications*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Watts D., Strogatz S.** (1998). Collective dynamics of ‘small-world’ networks. *Nature*, 393, 440–442. DOI: 10.1038/30918
- White D., Harary F.** (2001). The cohesiveness of blocks in social networks: Node connectivity and conditional density. *Sociological Methodology*, 31 (1), 305–359. DOI: 10.1111/0081-1750.00098
- Yang Y., Poon J., Liu Y., Bagchi-Sen S.** (2015). Small and flat worlds: A complex network analysis of international trade in crude oil. *Energy*, 93 (1), 534–543. DOI: 10.1016/j.energy.2015.09.079
- Zhao G., Li W., Geng Y., Bleischwitz R.** (2023). Uncovering the features of global antimony resource trade network. *Resources Policy*, 85 (A), 103815. DOI: 10.1016/j.resourpol.2023.103815

*Поступила в редакцию 27.03.2025*

*Received 27.03.2025*

A.A. Gnidchenko

Center for Macroeconomic Analysis and Short-Term Forecasting; Institute of Economic Forecasting of the Russian Academy of Sciences; National Research University “Higher School” of Economics, Moscow, Russia

## Transformation of network connections in global merchandise trade in the context of structural shifts in Russia’s foreign trade<sup>12</sup>

**Abstract.** The paper aims at estimating the changes in world merchandise trade network in 2022–2023, with an emphasis on three aspects – changes in the positions of Russia, neutral partner countries, and antagonists in the network. The analysis relies on aggregated CEPII BACI data. Network approach is the center of the methodology: partner countries are considered as vertices, bilateral trade flows are marked as edges, and the set of vertices and edges represents a directed graph. Network metrics are calculated for Russia, Belarus, other EAEU countries, China, neutral and antagonist countries, as well as for the whole network. The range of both direct and indirect interactions of Russia and Belarus with other countries after 2022 decreased, whereas it improved for the rest of EAEU. Importance of Russia as an intermediary decreased, though it still remains quite high, and the intermediary role of neutral countries increased. Sanctions did not force Russia to totally shrink its trade ties. The world trade network showed a great deal of stability: artificial barriers to trade in the form of sanctions are actively circumvented, that is reflected in the increase in the number of trade ties between antagonist and neutral countries.

**Keywords:** *network connections, world trade, products, Russia.*

JEL Classification: F14, F51, C63.

For reference: **Gnidchenko A.A.** (2026). Transformation of network connections in global merchandise trade in the context of structural shifts in Russia’s foreign trade. *Journal of the New Economic Association*, 1 (70), 96–114 (in Russian).

DOI: 10.31737/22212264\_2026\_1\_96-114

EDN: URTFTW

---

<sup>12</sup> This study was supported by the Basic Research Program of the ‘Higher School of Economics’ in 2025 (Grant no. FI-2025-63). The earlier versions of the paper were presented at the XXV Yasin (April) International Academic Conference on Economic and Social Development at HSE University (April 16<sup>th</sup>, 2025) and at the Mathematical Economics Seminar at CEMI RAS (May 13<sup>th</sup>, 2025). The author thanks the anonymous reviewer and participants of the noted events for helpful comments.