



КРИПТОМИР И ЦИФРОВЫЕ ФИНАНСЫ / CRYPTO-WORLD AND DIGITAL FINANCE

Редактор рубрики *Р. А. Григорьев* / Rubric editor *R. A. Grigoryev*

Научная статья

DOI: 10.21202/2782-2923.2023.2.307-326

УДК 336:338.124.4:338.4(470+571):[578.834.1:616-036.21]

JEL: H12, G01, L, R1

М. Ю. МАЛКИНА¹,

Р. В. БАЛАКИН^{1, 2}

¹ Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет имени Н. И. Лобачевского,
г. Нижний Новгород, Россия

² Научно-исследовательский финансовый институт Министерства финансов России, г. Москва, Россия

МЕЖОТРАСЛЕВЫЕ ЭФФЕКТЫ ЗАРАЖЕНИЯ В РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКЕ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПАНДЕМИЧЕСКОГО ШОКА

Контактное лицо:

Малкина Марина Юрьевна, доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник Центра макро- и микроэкономики, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет имени Н. И. Лобачевского

E-mail: mmuri@yandex.ru

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3152-3934>

Web of Science Researcher ID: <http://www.researcherid.com/rid/M-2681-2017>

eLIBRARY ID: SPIN-код: 5055-0218, AuthorID: 375698

Родион Владимирович Балакин, кандидат экономических наук, старший научный сотрудник Центра налоговой политики, Научно-исследовательский финансовый институт Министерства финансов России; Центра макро- и микроэкономики, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет имени Н. И. Лобачевского

E-mail: rodion-balakin@yandex.ru

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0494-9702>

Web of Science Researcher ID: <http://www.researcherid.com/rid/P-9715-2018>

eLIBRARY ID: SPIN-код: 8300-3828, AuthorID: 719724

Аннотация

Цель: идентификация наличия/отсутствия передачи финансового заражения между отраслями российской экономики в период пандемии 2020–2021 гг.

Методы: исследование основано на данных о межсессионной среднедневной доходности шести отраслевых индексов Российской торговой системы за период с 01.01.2019 по 23.02.2022. С помощью расчета скользящего коэффициента вариации для среднеотраслевого индекса Российской торговой системы и скользящего темпа прироста заражения

© Малкина М. Ю., Балакин Р. В., 2023

© Malkina M. Yu., Balakin R. V., 2023



коронавирусной инфекцией выделены три периода пандемического шока: краткосрочный (острая фаза пандемии), среднесрочный (охватывающий первую и вторую волны заражения) и долгосрочный (вплоть до объявления Россией СВО на Украине). Межотраслевое заражение идентифицировалось на основе усиления взаимосвязей между доходностью отраслевых активов с помощью анализа трех моментов распределения: скорректированного на гетероскедастичность коэффициента корреляции (теста Форбс – Ригобона), тестов на коасимметрию и кокуртозис распределения.

Результаты: получены оценки масштабов и направленности финансового заражения между отраслями российской экономики в период пандемии. Во-первых, они свидетельствуют об увеличении подтвержденных случаев межотраслевого заражения в среднесрочном и долгосрочном периодах, что говорит о «долгосрочном следе» пандемии. Во-вторых, количество заражений растет по мере перехода к более высоким моментам распределения. В-третьих, главные отрасли российской экономики (металлургия и нефтяная отрасль), вопреки ожиданиям, оказались в наименьшей степени связанными с другими отраслями российской экономики в период пандемии. Телекоммуникационная сфера продемонстрировала наибольшую склонность к передаче заражения. Вполне ожидаемым является вывод о наибольшей подверженности заражению потребительской сферы и торговли.

Научная новизна: впервые для российской экономики получены оценки межотраслевого финансового заражения в период пандемии, которые свидетельствуют о наличии как краткосрочных, так и долгосрочных эффектов пандемии, а также об усилении роли ряда отраслей (в частности, телекоммуникационной отрасли) в передаче заражения в период цифровизации экономики.

Практическая значимость: полученные данные могут быть полезными при управлении финансовой стабильностью отдельных отраслей в период кризисов пандемического типа.

Ключевые слова: криптомир и цифровые финансы, финансовое заражение, каналы передачи заражения финансовых рынков, отрасли российской экономики, пандемия COVID-19, взаимодействие

Финансирование: исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-28-00453, <https://rscf.ru/project/23-28-00453/>

Статья находится в открытом доступе в соответствии с Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), предусматривающем некоммерческое использование, распространение и воспроизводство на любом носителе при условии упоминания оригинала статьи.

Как цитировать статью: Малкина М. Ю., Балакин Р. В. Межотраслевые эффекты заражения в российской экономике под влиянием пандемического шока // Russian Journal of Economics and Law. 2023. Т. 17, № 2. С. 307–326. DOI: 10.21202/2782-2923.2023.2.307-326

Scientific article

M. Yu. MALKINA¹,

R. V. BALAKIN^{1,2}

¹ Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod, Nizhni Novgorod, Russia

² Financial Research Institute of the Ministry of Finance of the Russian Federation, Moscow, Russia

INTERSECTORAL CONTAGION EFFECTS IN THE RUSSIAN ECONOMY UNDER THE PANDEMIC SHOCK

Contact:

Marina Yu. Malkina, Doctor of Economics, Professor, Chief Researcher, Center for Macro- and Microeconomics, National Research State University of Nizhny Novgorod named after N. I. Lobachevsky

E-mail: mmuri@yandex.ru

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3152-3934>

Web of Science Researcher ID: <http://www.researcherid.com/rid/M-2681-2017>

eLIBRARY ID: SPIN-code: 5055-0218, AuthorID: 375698



Rodion V. Balakin, Candidate of Sciences in Economics, Senior Researcher, Center for Taxation Policy, Scientific-research Financial Institute of the Russian Ministry of Finance, Center for Macro- and Microeconomics, National Research State University of Nizhny Novgorod named after N. I. Lobachevsky
E-mail: rodion-balakin@yandex.ru
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0494-9702>
Web of Science Researcher ID: <http://www.researcherid.com/rid/P-9715-2018>
eLIBRARY ID: SPIN-code: 8300-3828, AuthorID: 719724

Abstract

Objective: to identify the presence/absence of transmission of financial contagion between sectors of the Russian economy during the 2020-2021 pandemic.

Methods: the study is based on data on the inter-session average daily profitability of six industry indices of the Russian trading system for the period from 01.01.2019 to 23.02.2022. Using the calculation of the sliding coefficient of variation for the average industry index of the Russian trading system and the sliding growth rate of coronavirus infection, three periods of pandemic shock were identified: short-term (acute phase of the pandemic), medium-term (covering the first and second waves of infection), and long-term (up to the announcement of the Russian special military operation in Ukraine). Intersectoral contamination was identified on the basis of strengthening the relationships between the profitability of industry assets by analyzing three distribution points: the correlation coefficient adjusted for heteroscedasticity (Forbes–Rigobon test), tests for co-asymmetry and co-kurtosis of the distribution.

Results: estimates of the scale and direction of financial contagion between the Russian economic sectors during the pandemic were obtained. Firstly, they indicate an increase in confirmed cases of intersectoral contagion in the medium and long term, which indicates a “long-term trace” of the pandemic. Secondly, the number of contagions increases closer to higher distribution points. Thirdly, the main branches of the Russian economy (metallurgy and oil industry), contrary to expectations, turned out to be the least connected with other branches of the Russian economy during the pandemic. The telecommunications sector demonstrated the greatest propensity to transmit contagion. The conclusion about the consumer sphere and trade being the most exposed to contagion is rather expected.

Scientific novelty: for the first time, estimates of intersectoral financial contagion for the Russian economy during the pandemic have been obtained, which indicate the presence of both short-term and long-term effects of the pandemic, as well as the strengthened role of certain industries (in particular, the telecommunications industry) in the transmission of contagion under the economy digitalization.

Practical significance: the data obtained can be useful in managing the financial stability of individual industries during pandemic-type crises.

Keywords: Crypto-World and digital finance, Financial contagion, Transmission channels of financial markets contagion, Branches of the Russian economy, COVID-19 pandemic, Interaction

Financial Support: The research was performed with the grant of the Russian Science Foundation No. 23-28-00453, <https://rscf.ru/project/23-28-00453/>

The article is in Open Access in compliance with Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), stipulating non-commercial use, distribution and reproduction on any media, on condition of mentioning the article original.

For citation: Malkina, M. Yu., & Balakin, R. V. (2023). Intersectoral contagion effects in the Russian economy under the pandemic shock. *Russian Journal of Economics and Law*, 17(2), 307-326. (In Russ.). DOI: 10.21202/2782-2923.2023.2.307-326

Введение

Проблема финансового заражения стала предметом научных исследований после кризиса на азиатских фондовых рынках (1997–1998 гг.). В этот период ученые обнаружили передачу негативных импульсов между рынками разных стран и вскрыли уязвимость экономических систем к экономическим и финансовым по-



трясениям, вызванным событиями, происходящими даже в отдаленных уголках земного шара. Азиатский финансовый кризис, начавшийся в 1997 г., и российский кризис 1998 г. глубоко потрясли регион Латинской Америки. Это заражение произошло по нескольким каналам. Падение спроса в Азии способствовало снижению мировых цен на сырьевые товары, сократив экспортные доходы регионов, ориентированных на экспорт сырья, и подорвав государственные финансы ряда стран. Российская девальвация вызвала угрозу суверенного дефолта, что заставило инвесторов по всему миру более осторожно относиться к оценке рисков своих трансграничных активов [1]. Кроме того, на спреды облигаций стран Латинской Америки повлияли также изменения процентных ставок в США во второй половине 1990-х гг. [2].

В то время ученые пытались ответить на вопрос, почему некоторые финансовые кризисы оказываются заразными для других стран и почему некоторые страны с развивающимися рынками оказываются более уязвимыми к заражению, чем другие [3]. Исследователи пришли к выводу, что, помимо макроэкономического сходства экономик или торговых связей стран, важную, а иногда и определяющую роль в финансовом заражении играют переливы капитала (spillovers) через международные банковские центры [4].

В последующем интерес к проблеме заражения возобновился в связи с мировым финансовым кризисом 2008–2009 гг. Пришло понимание, что степень распространения заражения в значительной степени зависит от объема информации, доступной экономическим агентам, и характера ее интерпретации [5]. В этот период много внимания уделялось изучению влияния мирового финансового кризиса на локальные экономики [6].

Новый виток интереса к теме возник в период пандемии COVID-19. Изучая влияние крушения цен на нефть, падения фондовых активов и девальвации национальных валют в одних странах на другие, авторы приходили к противоречивым умозаключениям. Некоторые делали вывод, что пандемия COVID-19 вызвала более серьезные эффекты заражения и передачи рисков, чем мировой финансовый кризис 2008–2009 гг. [7]. Другие писали о том, что во время пандемии COVID-19 взаимное влияние колебаний нефинансовых рынков и неопределенности цен на нефть существенно возросло, но не превысило уровня 2007 г. – начала глобального финансового кризиса [8]. Также отмечалось, что эффект заражения оказался существенно менее связанным с уровнем глобальной интеграции, например, азиатские рынки доказали большую подверженность заражению со стороны соседних стран – Японии и Китая [9].

За тридцатилетнюю историю теория финансового заражения обрела некоторую целостность и логическое единство. Появилось множество определений и интерпретаций финансового заражения. Учеными исследованы различные импульсы (первопричины), условия, факторы и каналы передачи заражения. Для диагностики, измерения и прогнозирования финансового заражения выработан целый комплекс продвинутых методов и моделей. Кроме межстранового (пространственного) заражения, которому были посвящены пионерные исследования, появилось немало статей, исследующих межрыночное и межотраслевое заражение. Наконец, финансовое заражение анализируется в контексте государственного регулирования экономики и использования его инструментов для нейтрализации или смягчения влияния негативных внешних импульсов на развитие национальных экономик.

Целью настоящего исследования является идентификация наличия/отсутствия передачи финансового заражения между отраслями российской экономики в период пандемии 2020–2021 гг. Реализация этой цели предполагает выполнение следующих задач: раскрытие теоретико-методологических основ процессов финансового заражения; обоснование базы исследования; выработка адекватных подходов к диагностике и измерению заражения (метода моментов распределения); установление с их помощью наличия, направленности и масштабов передачи финансового заражения между шестью основными отраслями российской экономики (нефтегазовой, металлургической и химической отраслями, производством потребительских товаров и розничной торговлей, отраслью телекоммуникаций и электроэнергетикой); объяснение полученных результатов особенностями пандемического кризиса и тенденциями развития российской экономики.

1. Обзор литературы

Согласно словарю Вебстера, заражение определяется как «болезнь, которая может передаваться быстро через прямой или косвенный контакт» [10]. Появление термина «финансовое заражение» было связано



с развитием так называемого эпидемиологического подхода в экономике и переносом известных подходов из сферы медицины в сферу экономики [11].

Исследователи, изучающие процессы интеграции финансовых рынков, разграничивают понятия «взаимосвязь» (*interdependence*), «совместное движение» (*co-movement*), «заражение» (*contagion*), «трансмиссия» (*transmission*) и «вторичный/побочный эффект» (*spillover*). Главными отличиями заражения от других типов финансового взаимодействия является то, что оно происходит за пределами фундаментальных связей и влияния обычных шоков. Заражение обязательно предполагает внешний импульс и происходит в кризисные времена [12].

В самом широком смысле финансовое заражение может определяться как ситуация, при которой шок на рынке одного актива влияет на цены на рынке другого актива [13]. В более узком смысле финансовое заражение – значительное усиление совместного движения цен и объемов на разных рынках при условии, что кризис произошел только на одном рынке или группе рынков. При этом акцент делается либо на географическом принципе – заражение происходит, если волатильность перетекает с финансовых рынков страны происхождения кризиса на финансовые рынки других стран, значительно увеличивая вероятность потрясений на них [14]. Либо исследуются причины самого заражения (совместное движение не может быть объяснено фундаментальными факторами, или канал передачи меняется после шока на одном рынке) [15].

Многие исследователи пишут о том, что речь должна идти именно о некотором «сдвиге» (*shift contagion*), т. е. средняя доходность одного рынка в зависимости от доходности других рынков при заражении должна вести себя иначе во время кризисов по сравнению со спокойными временами [16]. Отдельные исследователи делают акцент на том, что последствия должны быть немедленными – проявляться быстро и развиваться активно в течение нескольких часов или дней [17]. Для некоторых исследователей важен размер этого влияния, и заражением можно считать только значительное увеличение межрыночных сдвигов в период кризиса, которое превышает сдвиги в докризисный период [18]. При регрессионном моделировании заражение определяется как увеличение корреляции между остатками модели, которые не могут быть объяснены изменениями в общих факторах риска [19].

Отмечается важная роль глобализации в создании системной угрозы финансовой стабильности. Международная финансовая интеграция способствует росту уязвимости стран к заражению в период кризиса. Например, страны с низко капитализированными банковскими системами в большей степени зависят от притока внешних финансовых ресурсов и поэтому сильнее подвержены угрозе заражения по каналу банковской ликвидности [20]. Согласно работе Ozkan и Unsal [21], масштаб финансовых переливов из мировой экономики в национальную и открытость торговли являются ключевыми факторами, определяющими тяжесть финансового кризиса для национальной экономики. При этом региональная концентрация финансового заражения объясняется схожей чувствительностью стран одного региона к международным финансовым источникам (общий кредитор) и финансовой хрупкостью национальных систем (недостаточностью собственных резервов) [22]. В то же время следует учитывать, что более высокий уровень финансовой интеграции также способствует развитию внутренних рынков вовлеченных стран, укреплению корпоративной финансовой среды, накоплению капитала и технологическим инновациям, является ключевым фактором экономического роста [15], что в долгосрочном периоде уменьшает риски финансового заражения.

Непосредственным поводом к финансовому заражению может послужить девальвация валюты или объявление дефолта по суверенным долговым обязательствам, что приводит к снижению цен фондовых активов, резкому увеличению стоимости заимствований, нехватке международного капитала, падению производства [17]. Сопутствующими условиями финансового заражения ученые называют асимметрию информации, формирование ожиданий и стадный инстинкт [23]. Финансовое заражение может снижать выгоды от диверсификации инвестиционных портфелей и влиять на оценку богатства, что требует пересмотра подходов к управлению рисками [24]. Для разработки политики оптимизации инвестиционных портфелей в периоды финансовых потрясений необходимо четкое понимание источника и канала передачи возмущения, а также структуры национальной финансовой системы [18].

В широком смысле исследователи разграничивают два основных канала, по которым происходит заражение финансовых рынков: физическое воздействие и асимметрия информации [19]. Физические каналы



передачи заражения в основном связаны с взаимодействием стран по линии двух статей платежного баланса: счета движения капитала (финансовых активов) и счета текущих операций (основной частью которого является торговый баланс). Ряд авторов находят доказательства, что финансовое заражение распространяется в основном через каналы ликвидности и премии за риск, а не через корреляционно-информационный канал [25]. И что действие физических каналов со временем только усиливается: например, в 2000-х гг. оно было значительнее, чем в 1990-х гг. [26].

Информационные каналы передачи заражения изучаются с позиции гипотезы «тревожного звонка» (*wake-up-call*) [27] и особенностей поведения инвесторов на финансовом рынке [28], в том числе разных поведенческих аномалий [29]. Некоторые исследователи разграничивают два основных класса информационных каналов. Фундаментальный канал основан на анализе фундаментальных реальных и финансовых связей между экономиками. Канал социального обучения заключается в том, что агенты основывают свои решения на наблюдениях за действиями других агентов на зарубежных рынках [30]. Так, например, распространение потрясений после событий на рынке облигаций SAR в Гонконге в 1997 г. было следствием негативных настроений, вызванных обучением инвесторов, а не просто изменений фундаментальных показателей [31]. При этом идиосинкразические шоки, возникающие на одном рынке, могут передаваться другим рынкам как через межрыночное хеджирование макроэкономических рисков [13], так и по линии межрыночного восстановления балансов [32]. Даже при отсутствии других дефолтов проблемные, но не дефолтные учреждения передают заражение по каналам, отличным от канала платежеспособности. Слабость их баланса снижает стоимость их обязательств, тем самым негативно влияя на межбанковских кредиторов еще до наступления кредитного события [33].

Важной методологической проблемой является правильная диагностика заражения и измерение влияния шока в одной стране (на конкретном рынке или в конкретной отрасли) на другие страны (рынки, отрасли). Для диагностики и измерения заражения современные ученые предлагают целый арсенал подходов, методов и моделей:

1. *Корреляционный анализ*, основанный на сравнении коэффициентов корреляции двух активов до и после шока [34]. Степень заражения при корреляционном методе отражает совпадение экстремальных шоков доходности в странах внутри региона или между регионами [35]. При этом чаще всего используется тест К. Форбс и Р. Ригобона с коррекцией на гетероскедастичность доходности в период повышенной волатильности [36]. Д. Кенургиос и Д. Димитриу [37] основывают исследование заражения на расчете динамической условной корреляции в многомерной дробно-интеграционной модели асимметричной мощности *APARCH* (*multivariate fractional integration asymmetric power ARCH model*). Альтернативным является метод, основанный на непараметрической оценке межрыночной корреляции [38].

2. *Квантильная регрессия* также используется как инструмент для изучения совместных изменений характеристик распределения финансовых доходов, вызванных чрезвычайными потрясениями, что способствует дополнительному пониманию механизма распространения финансовых заражений и их нестабильности [39]. Применяя этот метод к доходности фондового рынка, некоторые ученые обнаруживают, что скачки неопределенности имеют мощный заразительный эффект, отличный от увеличения корреляции рынков [16]. В работе Ye с соавт. [40] предложены квантильные регрессионные модели с Марковскими переключениями для обнаружения взаимозависимости и передачи финансового заражения между рынками США и стран ЕС.

3. *Модели бинарного выбора* *tuna probit* и *logit*, в которых начальным шоком является экстремальное значение индикатора спекулятивного давления. С их помощью выбираются «ведущие индикаторы», формируется простой набор индексов уязвимости системы к внешним или внутренним шокам [41]. Кроме того, биномиальная и мультиномиальная *logit*-модели могут использоваться как инструменты для разработки системы раннего предупреждения, например, банковских кризисов [42].

4. *Модели пространственной эконометрики* позволяют отразить механизмы передачи кризиса при явных динамически-пространственных предположениях. Согласно Villar Frexedas [43], метод может быть дополнен новой процедурой интегрирования, которая устойчива к основным эконометрическим проблемам финансовых временных рядов, в частности, к проблеме гетероскедастичности дисперсии. При этом также используются комбинированные методы. Например, в работе Amaral с соавт. [44] предложена пространственная *probit*-модель для оценки заражения банковских систем азиатских стран в период банковского кризиса 1990-х гг.



5. *Модели векторной авторегрессии (VAR) разных спецификаций.* Такой тип модели основан на анализе разниц реагирования эндогенной переменной в докризисные и кризисные периоды, обнаружении импульсного отклика на шок. Это дает возможность идентифицировать сам факт заражения и количественно его измерить. Так, на основе построения VAR-моделей для рынков деривативов в Индии установлено, что товарные и фондовые рынки являются чистыми передатчиками волатильности, в то время как рынки облигаций, иностранной валюты и золота являются чистыми получателями волатильности [45]. Метод VAR-моделей также использовался для определения направления и размера перелива (*spillover*) риска между европейскими банками, учитывая их размер, географическое положение, источники дохода и системную значимость, и позволил установить важную роль крупных и системно значимых банков в генерировании значительного системного риска [46].

6. *Модели авторегрессионной условной гетероскедастичности (ARCH- и GARCH-модели) и их более продвинутые модификации.* С их помощью выявляется перелив волатильности с одного рынка на другой. Как правило, эти модели используются, чтобы установить факт передачи заражения с одного рынка на другой (например, с рынка США на африканские рынки [47]). Для изучения многомерных явлений строятся модели типа DCC-GARCH, которые также могут комбинироваться с расчетами динамических условных корреляций, построением генерализованных авторегрессий и моделей векторной коррекции ошибок (VECM) и др. [48]. Так, в работе Paskaleva и Stoykova [49] на основе построения моделей DCC-GARCH, TGARCH (пороговой (*threshold*) GARCH-модели) и авторегрессий (AR) исследовалась передача финансового заражения между фондовыми рынками Болгарии и ряда стран – членов ЕЭС, а также США в период глобального финансового кризиса 2008 г.

7. *Модели Марковских переключений (Markov regime-switching model)* используются для определения структурных разрывов в корреляции (*correlation breakdowns*) и позволяют выявить наличие множественных равновесий [14].

8. *Модели «копул»* – специальных функций, используемых для описания совместного распределения нескольких переменных. Этот метод позволяет соединить два направления исследований финансового заражения: финансовое заражение между финансовыми рынками и трансграничное заражение через внутренние рынки капитала глобальных банков [50]. В отличие от имитационных моделей, позволяющих выявить риски для одного конкретного рынка (например, рынка федеральных фондов) или одного конкретного финансового инструмента (например, кредитно-дефолтных свопов), метод «копул» позволяет оценить балансовые риски на основе большого среза финансовых компаний, включая все банковские холдинги, всех брокеров-дилеров и все страховые компании [51].

Отдельным вопросом теории финансовых заражений является межотраслевой аспект. Наиболее часто авторы изучают связи между реальным и финансовым секторами экономики [52], а также передачу заражения от того или иного глобализированного рынка (сырья, электроэнергии, металлов) другим отраслевым рынкам. Например, в работе Fijorek с соавт. [53] изучалась передача финансового заражения от банковского сектора к добывающей отрасли. Исследуя динамику распространения заражения между банковским, страховым и теневым банковским секторами, Franch с соавт. [54] обнаружили, что банковская система оказывается основным источником и передатчиком стресса, а банки и теневые банки сильно взаимосвязаны, при этом страховой сектор вносит меньший вклад в передачу стресса во все периоды, за исключением мирового финансового кризиса. В статье Li с соавт. [55] с помощью сетевого метода и оценки эффекта воздействия (*treatment effect*) изучалось заражение отраслей китайской экономики от распространения коронавирусной инфекции COVID-19.

В настоящем исследовании с помощью метода К. Форбс и Р. Ригобона [36] и ряда сопутствующих тестов, на основе выделения периодов повышенной волатильности фондового рынка в условиях пандемии COVID-19 мы исследуем эффекты передачи заражения между основными отраслями российской экономики.

2. Методология исследования

Для получения оценок межотраслевых эффектов мы используем следующие три теста.

А. Тестирование заражения на основе сравнения коэффициентов корреляции

Как уже отмечалось в теоретической части статьи, одним из наиболее известных методов тестирования финансового заражения является сравнение корреляции доходности двух активов (обозначим эти активы

i и j , а их доходности r_i и r_j) в докризисный (x) и кризисный (y) периоды. Рост корреляции во время кризиса ($\rho_y > \rho_x$) может свидетельствовать о влиянии одного актива на другой и о переносе заражения из одной сферы в другую.

Согласно Форбс [56], для преодоления проблемы гетероскедастичности, коэффициент корреляции кризисного периода следует корректировать с учетом роста волатильности актива i , передающего заражение:

$$v_{y/x} = \frac{\rho_y}{\sqrt{1 + \left(\frac{\sigma_{y,i}^2}{\sigma_{x,i}^2} - 1 \right) \cdot (1 - \rho_y^2)}}, \quad (1)$$

где ρ_y – коэффициент корреляции Пирсона для активов i и j в кризисный период y ; $\sigma_{x,i}^2$ и $\sigma_{y,i}^2$ – вариация (дисперсия) доходности актива i в докризисный и кризисный периоды соответственно.

Если скорректированная корреляция доходностей двух активов в кризисный период выше, чем в докризисный период, т. е. $v_{y/x} > \rho_x$, делается вывод о возможном заражении актива j активом i .

Для проверки нулевой гипотезы (о равенстве корреляций: $v_{y/x} = \rho_x$) рассчитывается тестовая статистика Форбс – Ригобона:

$$FR_1(i \rightarrow j) = \frac{\ln \left(\frac{1 + \tilde{v}_{y/x}}{1 - \hat{v}_{y/x}} \right) - \ln \left(\frac{1 + \hat{\rho}_x}{1 - \hat{\rho}_x} \right)}{2 \cdot \sqrt{\frac{1}{T_y - 3} + \frac{1}{T_x - 3}}}, \quad (2)$$

где T_x означает оценки, полученные на основе выборочных совокупностей, T_x и T_y – размер выборки (число наблюдений) в докризисном и кризисном периодах соответственно.

Для принятия нулевой гипотезы FR_1 должно быть ниже критического значения стандартизированного параметра z при соответствующем уровне значимости α (при $\alpha = 0,05$; $z = 1,645$). Если же $FR_1 > z$, нулевая гипотеза отклоняется и делается вывод о возможном заражении.

Б. Тестирование заражения на основе совместной асимметрии распределения

Некоторые исследователи обнаружили, что корреляции доходностей отражают лишь первый момент распределения и поэтому не показывают всего масштаба заражения. Для полноценной картины необходимо рассчитывать более высокие моменты распределения. Так, Harvey и Siddique [57] предложили учитывать взаимодействие между первым и вторым моментами распределения, т. е. проводить тестирование на так называемую коасимметрию доходностей. В работе Fry с соавт. [58] представлен соответствующий тест (*coskewness test*), включающий два этапа:

1) расчет асимметричной ковариации двух активов отдельно для докризисного и кризисного периодов:

$$\hat{\psi}_x(r_i^m, r_j^n) = \frac{1}{T_x} \sum_{t=1}^T \left(\frac{r_{i,t} - \hat{\mu}_i}{\hat{\sigma}_{x,i}} \right)^m \left(\frac{r_{j,t} - \hat{\mu}_j}{\hat{\sigma}_{x,j}} \right)^n, \quad (3)$$

$$\hat{\psi}_y(r_i^m, r_j^n) = \frac{1}{T_y} \sum_{t=1}^T \left(\frac{r_{i,t} - \hat{\mu}_i}{\hat{\sigma}_{y,i}} \right)^m \left(\frac{r_{j,t} - \hat{\mu}_j}{\hat{\sigma}_{y,j}} \right)^n, \quad (4)$$

где $\hat{\mu}_i$ и $\hat{\mu}_j$ – оценка математического ожидания доходности активов i и j в соответствующем периоде; m и n – степени, соответствующие моментам распределения;

2) расчет тестовых статистик право- и левосторонней коасимметрии:

$$CS_1(i \rightarrow j; r_i^1, r_j^2) = \left(\frac{\hat{\psi}_y(r_i^1, r_j^2) - \hat{\psi}_x(r_i^1, r_j^2)}{\sqrt{\frac{4 \cdot \hat{v}_{y/x}^2 + 2}{T_y} + \frac{4 \cdot \hat{p}_x^2 + 2}{T_x}}} \right)^2, \quad (5)$$

$$CS_2(i \rightarrow j; r_i^2, r_j^1) = \left(\frac{\hat{\psi}_y(r_i^2, r_j^1) - \hat{\psi}_x(r_i^2, r_j^1)}{\sqrt{\frac{4 \cdot \hat{v}_{y/x}^2 + 2}{T_y} + \frac{4 \cdot \hat{p}_x^2 + 2}{T_x}}} \right)^2. \quad (6)$$

При нулевой гипотезе, свидетельствующей об отсутствии заражения, приведенная выше тестовая статистика имеет асимптотически нормальное распределение: $CS_1(i \rightarrow j), CS_2(i \rightarrow j) \xrightarrow{d} \chi^2$. Альтернативная гипотеза говорит о наличии заражения. Нулевая гипотеза отвергается, если тестовая статистика выше определяемого табличным путем критического значения, которое при уровне значимости $\alpha = 0,05$ равно 3,84. В таком случае делается вывод о передаче заражения от актива i активу j .

3. Тестирование заражения на основе совместного куртозиса распределения

В работе Hui и Chan [59] было предложено увеличить момент распределения еще на один уровень и в дополнение к совместной асимметрии рассчитывать кокуртозис (совместный эксцесс) как еще одно свидетельство заражения. Проведение данного теста (*cokurtosis test*) также включает два этапа:

- 1) расчет асимметричной ковариации двух активов по формулам 3 и 4 для $m = 1$ и $n = 3$;
- 2) расчет тестовых статистик:

$$CK_1(i \rightarrow j; r_i^1, r_j^3) = \left(\frac{\hat{\psi}_y(r_i^1, r_j^3) - \hat{\psi}_x(r_i^1, r_j^3)}{\sqrt{\frac{2 \cdot (7 + 13 \cdot \hat{v}_{y/x}^2 - 8 \cdot \hat{v}_{y/x}^4)}{T_y} + \frac{2 \cdot (7 + 13 \cdot \hat{p}_x^2 - 8 \cdot \hat{p}_x^4)}{T_x}}} \right)^2, \quad (7)$$

$$CK_2(i \rightarrow j; r_i^3, r_j^1) = \left(\frac{\hat{\psi}_y(r_i^3, r_j^1) - \hat{\psi}_x(r_i^3, r_j^1)}{\sqrt{\frac{2 \cdot (7 + 13 \cdot \hat{v}_{y/x}^2 - 8 \cdot \hat{v}_{y/x}^4)}{T_y} + \frac{2 \cdot (7 + 13 \cdot \hat{p}_x^2 - 8 \cdot \hat{p}_x^4)}{T_x}}} \right)^2. \quad (8)$$

При нулевой гипотезе, свидетельствующей об отсутствии заражения, приведенная выше тестовая статистика имеет асимптотически нормальное распределение: $CK_1(i \rightarrow j), CK_2(i \rightarrow j) \xrightarrow{d} \chi^2$. Альтернативная гипотеза говорит о наличии заражения. Она не отвергается, если тестовая статистика оказывается выше определяемого табличным путем критического значения, которое при уровне значимости $\alpha = 0,05$ равно 3,84.



Все расчеты проводились в среде *Microsoft Excel*.

В заключение этой части отметим, что впервые описанные выше методы для российской экономики были применены в работе Malkina и Ovcharov [60], где анализировалось влияние рынка нефти на заражение российских компаний в период воздействия пандемических и санкционных шоков. В настоящем исследовании мы используем эти методы для анализа межотраслевых эффектов заражения под влиянием пандемии *COVID-19*.

4. Данные и выбор периодов

Для исследования нами были выбраны данные по шести отраслевым индексам Российской торговой системы (далее – РТС):

1. Нефть и газ (*RTSOG*).
2. Металлы и добыча (*RTSMM*).
3. Потребительские товары и розничная торговля (*RTSCR*).
4. Телекоммуникации (*RTSTL*).
5. Химия и нефтехимия (*RTSch*).
6. Электроэнергетика (*RTSEU*).

В расчетах использовались данные о среднесуточных индексах по итогам торгов в РТС с 01.01.2019 по 23.02.2022 (до политического и экономического шока, вызванного военной операцией и введением масштабных санкций против России). На рис. 1 представлены временные ряды волатильности, рассчитанные на основе скользящего коэффициента вариации индексов за 10 смежных дат торгов:

$$CV = \frac{\tilde{\sigma}_{P_i}}{\tilde{\mu}_{P_i}}, \quad (9)$$

где $\tilde{\sigma}_{P_i}$ – скользящее среднее квадратическое отклонение индекса, $\tilde{\mu}_{P_i}$ – скользящее среднее значение индекса за тот же период.

Совместная динамика коэффициентов вариации разных индексов позволила четко разграничить допандемический период (01.01.2019 – 27.01.2020, $T_x = 267$) и пандемический период (28.01.2020 – 23.02.2022, $T_y = 526$). При этом границей разделения явился рост волатильности фондовых индексов выше медианы. Следует заметить, что эта волатильность начала повышаться еще до официального объявления пандемии: распространение коронавирусной инфекции сопровождалось ростом турбулентности фондовых рынков уже с конца января 2020 г. На основе такого же принципа (изменения в волатильности) внутри пандемического периода был выделен период первой (острой) фазы пандемии (28.01.2020 – 26.05.2020, $T_{y1} = 82$), когда наблюдался взлет волатильности фондовых индексов. Этот период, охватывающий четыре первых месяца пандемии, мы назовем краткосрочным. Также выделим среднесрочный пандемический период, охватывающий первую и вторую волны заражения (28.01.2020 – 26.01.2021, $T_{y2} = 251$). Наконец, долгосрочный пандемический период включает весь период пандемии вплоть до политического шока 24.02.2022 (28.01.2020 – 23.02.2022, $T_{y3} = 526$).

На рис. 2 показана связь скользящего среднего коэффициента вариации индексов РТС и скользящего темпа прироста заражения населения России коронавирусной инфекцией. Последний определялся на основе среднего количества новых случаев заражения за 10 смежных дат со сдвигом на одно наблюдение. Также на этом рисунке вертикальными пунктирными линиями разделены допандемический и три пандемических периода, в которые попадают одна или несколько новых волн заражения.

5. Результаты исследования

Для расчета дневной доходности индексов РТС мы использовали формулу:

$$r_{it} = \ln(P_{it}) - \ln(P_{it-1}), \quad (10)$$

где P_{it} и P_{it-1} – значение индекса в периоды t и $t-1$ соответственно.

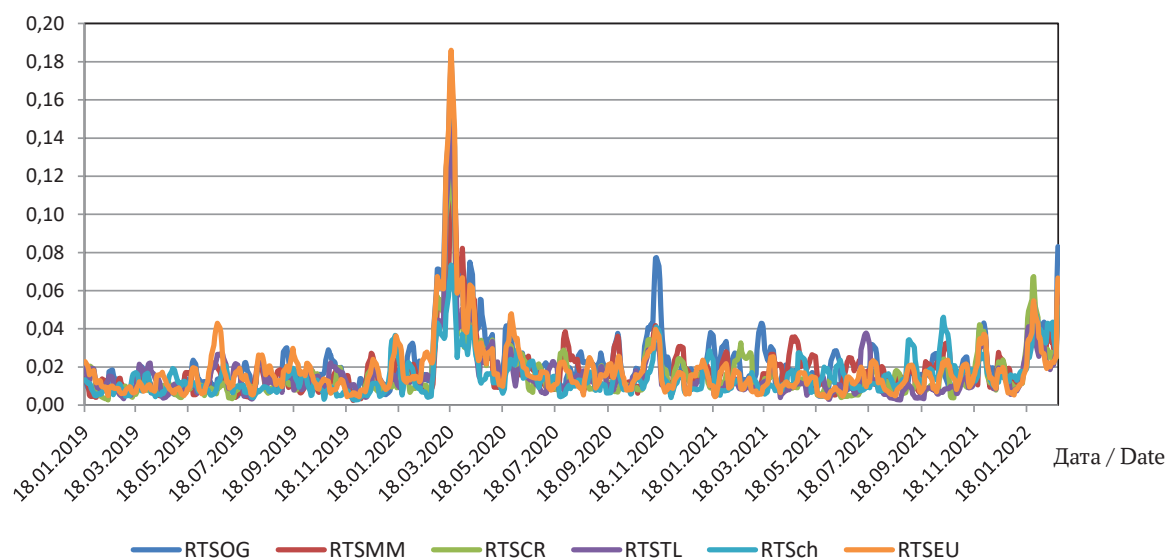


Рис. 1. Скользящий коэффициент вариации отраслевых индексов РТС

Источник: составлено авторами.

Fig. 1. Rolling variation coefficient of the Russian Trading System (RTS) sectoral indices

Source: compiled by the authors.

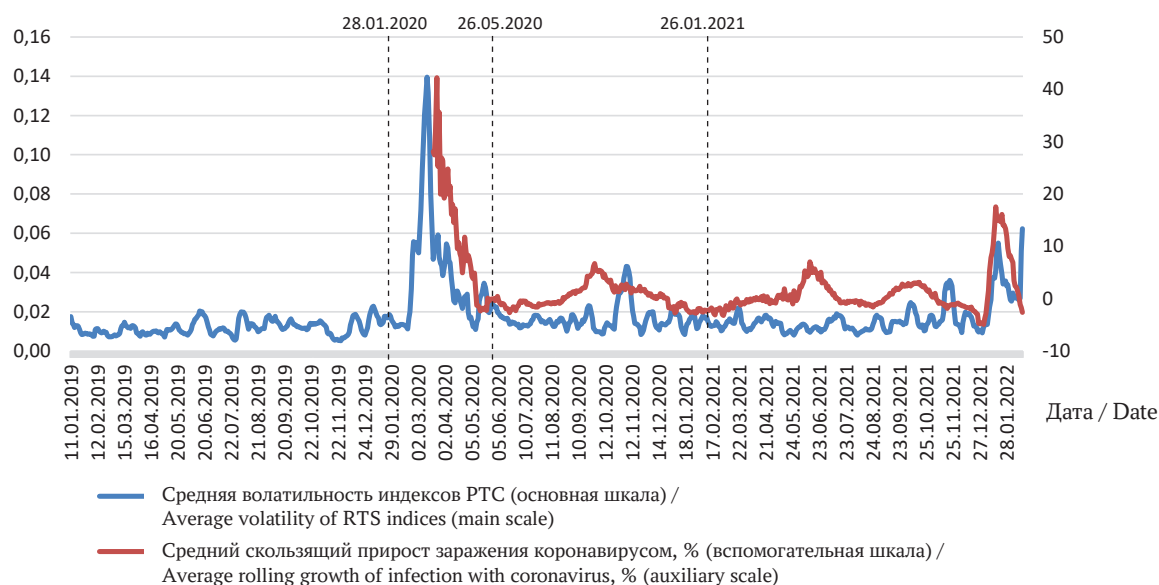


Рис. 2. Связь между средней волатильностью индексов РТС и темпом прироста заражения коронавирусом

Источник: составлено авторами.

Fig. 2. Relation between the average volatility of RTS indices and the growth rate of infection with coronavirus

Source: compiled by the authors.



В табл. 1 приведены основные описательные статистики доходностей отраслевых индексов в рассматриваемых периодах. Прежде всего они свидетельствуют о существенном снижении доходности отраслевых индексов РТС в краткосрочном пандемическом периоде (острой фазе пандемии) и выходе всех среднесрочных доходностей в отрицательную зону. В среднесрочном периоде наблюдался рост индексов и доходность выросла по сравнению с краткосрочным периодом пандемии. Что касается долгосрочного периода, по отдельным индексам наблюдался восстановительный рост (нефть и газ – *RTSOG*, химия и нефтехимия – *RTSch*), по другим – снижение.

Таблица 1 также свидетельствует о существенном росте волатильности доходности индексов (измеряемой стандартным отклонением) в краткосрочном пандемическом периоде по сравнению с допандемическим периодом. В среднесрочной перспективе вариация доходности снижалась для большинства индексов. В долгосрочном периоде это падение продолжилось. Исключение составляет индекс химии и нефтехимии (*RTSch*), волатильность доходности которого в долгосрочном пандемическом периоде оказалась несколько выше, чем в среднесрочном пандемическом периоде. При этом абсолютно по всем отраслевым индексам она оказалась выше, чем в допандемическом периоде.

Таблица 1

Основные описательные статистики доходностей отраслевых индексов РТС, %

Table 1. Main descriptive statistics of the profitability of RTS sectoral indices, %

Показатель / Indicator	<i>RTSOG</i>	<i>RTSMM</i>	<i>RTSCR</i>	<i>RTSTL</i>	<i>RTSch</i>	<i>RTSEU</i>
Допандемический период / Pre-pandemic period						
Математическое ожидание (μ) / Mathematical expectation (μ)	0,11	0,09	0,08	0,14	0,05	0,15
Стандартное отклонение (σ) / Standard deviation (σ)	1,05	0,85	0,82	1,06	0,82	1,04
Краткосрочный пандемический период / Short-term pandemic period						
Математическое ожидание (μ) / Mathematical expectation (μ)	-0,36	-0,08	-0,23	-0,14	-0,03	-0,18
Стандартное отклонение (σ) / Standard deviation (σ)	4,34	3,29	3,11	3,27	2,13	3,98
Среднесрочный пандемический период / Middle-term pandemic period						
Математическое ожидание (μ) / Mathematical expectation (μ)	-0,12	0,06	0,05	-0,05	0,01	-0,05
Стандартное отклонение (σ) / Standard deviation (σ)	2,91	2,29	2,08	2,16	1,57	2,59
Долгосрочный пандемический период / Long-term pandemic period						
Математическое ожидание (μ) / Mathematical expectation (μ)	-0,07	0,02	-0,03	-0,10	0,06	-0,10
Стандартное отклонение (σ) / Standard deviation (σ)	2,47	2,01	1,85	1,80	1,70	2,15

Источник: составлено авторами.

Source: compiled by the authors.

В табл. 2 представлены коэффициенты корреляции доходности отраслевых индексов РТС в допандемическом периоде (ρ_x). В табл. 3 показаны скорректированные коэффициенты корреляции ($v_{y/x}$), рассчитанные для краткосрочного, среднесрочного и долгосрочного периодов с использованием формулы (1) (для трех указанных периодов они отделены в каждой ячейке таблицы сдвигами вниз и вправо). В тех случаях, когда скорректированные коэффициенты корреляции во время пандемии оказались выше, чем до нее, можно заподозрить наличие заражения. Соответствующие ячейки в табл. 3 закрашены серым цветом. Для тех случаев, когда коэффициенты корреляции в период пандемии оказались ниже, можно сделать вывод об отсутствии заражения. При этом направление заражения трактуется по линии $i \rightarrow j$. В дополнение табл. 3 содержит информацию о количестве подтверждаемых случаев заражения между отраслями в трех исследуемых периодах.

Предварительный анализ позволяет сделать вывод о неравномерности передачи заражения между отраслями во времени. Большее количество заражений (17) отмечается в среднесрочном периоде.



Таблица 2

Корреляции доходностей отраслевых индексов РТС в допандемическом периоде (ρ_x)

Table 2. Correlation of the profitability of RTS sectoral indices in pre-pandemic period (ρ_x)

RTSOG	0,633	0,573	0,571	0,491	0,614
0,633	RTSMM	0,590	0,506	0,488	0,606
0,573	0,590	RTSCR	0,543	0,431	0,607
0,571	0,506	0,543	RTSTL	0,429	0,592
0,491	0,488	0,431	0,429	RTSch	0,483
0,614	0,606	0,607	0,592	0,483	RTSEU

Источник: составлено авторами.

Source: compiled by the authors.

Таблица 3

Скорректированные корреляции доходностей отраслевых индексов РТС ($v_{y/x}$)

и количество заражений в краткосрочном, среднесрочном и долгосрочном пандемических периодах

Table 3. Adjusted correlations of the profitability of RTS sectoral indices ($v_{y/x}$)
and the number of infections in short-term, middle-term and long-term pandemic periods

$i \rightarrow j$	Прием заражения / Receipt of infection						Количество случаев / Number of cases
Передача заражения / Transfer of infection	RTSOG	0,379 0,456 0,489	0,482 0,518 0,536	0,493 0,545 0,559	0,396 0,463 0,425	0,533 0,595 0,644	0 0 1
	0,404 0,470 0,489	RTSMM	0,394 0,449 0,463	0,406 0,448 0,475	0,427 0,444 0,428	0,414 0,475 0,531	0 0 0
	0,516 0,555 0,554	0,399 0,469 0,480	RTSCR	0,570 0,615 0,579	0,438 0,471 0,420	0,644 0,647 0,642	3 3 2
	0,608 0,664 0,684	0,486 0,549 0,600	0,649 0,696 0,685	RTSTL	0,487 0,558 0,514	0,648 0,710 0,736	4 5 5
	0,569 0,605 0,472	0,574 0,569 0,476	0,580 0,577 0,450	0,553 0,582 0,442	RTSch	0,603 0,606 0,494	5 5 3
	0,563 0,637 0,692	0,415 0,500 0,580	0,639 0,652 0,673	0,564 0,636 0,666	0,455 0,504 0,493	RTSEU	1 4 4
	2 3 2	1 2 1	3 3 3	2 3 3	2 3 2	3 3 4	13 17 15

Источник: составлено авторами.

Source: compiled by the authors.

В краткосрочном периоде основным источником заражения оказываются химия и нефтехимия (*RTSch*), а также отрасль телекоммуникаций (*RTSTL*). Главные реципиенты заражения – производство потребительских товаров и торговля (*RTSCR*), а также электроэнергетика (*RTSEU*). Неожданным результатом является отсутствие влияния на другие отрасли со стороны нефтегазового сектора (*RTSOG*) и металлургии (*RTSMM*).

В среднесрочном периоде основные источники заражения (*RTSch* и *RTSTL*) сохраняются, и к ним добавляется энергетика (*RTSEU*). Заражение более равномерно распространяется на все отрасли, однако наименее подверженной заражению оказывается металлургия (*RTSMM*).

В долгосрочном периоде основными источниками заражения остаются телекоммуникационная сфера (*RTSTL*) и энергетика (*RTSEU*). Энергетика выступает и главным реципиентом заражения, а также к числу преемников заражения относятся производство потребительских товаров, торговля (*RTSCR*) и отрасль телекоммуникаций (*RTSTL*). Относительно независимо ведут себя нефтяная отрасль и особенно металлургия, хотя на них оказывают влияние отрасль телекоммуникаций и энергетика.

Далее в табл. 4 представлены статистики теста Форбс – Ригобона для оценки значимости найденных взаимосвязей в краткосрочном, среднесрочном и долгосрочном пандемических периодах. В таблице серым цветом закрашены ячейки, для которых $FR_1(i \rightarrow j) > z$, значит, нельзя отрицать наличие заражения по линии $i \rightarrow j$.

Таблица 4

Статистики теста Форбс – Ригобона FR_1 для доходностей отраслевых индексов РТС
(критическое значение $z = 1,645$ при уровне значимости $\alpha = 0,05$)

Table 4. Statistics of Forbes-Rigobon test FR_1 for the profitabilities of RTS sectoral indices
(critical value $z = 1.645$ at significance level $\alpha = 0.05$)

$i \rightarrow j$	Прием заражения / Receipt of infection						Количество случаев / Number of cases
Передача заражения / Transfer of infection	<i>RTSOG</i>	-2,707 -2,875 -2,803	-0,989 -0,879 -0,707	-0,850 -0,442 -0,241	-0,920 -0,406 -1,107	-0,940 -0,333 0,656	0 0 0
	-2,477 -2,666 -2,795	<i>RTSMM</i>	-2,040 -2,191 -2,335	-0,986 -0,854 -0,538	-0,611 -0,647 -1,008	-2,040 -2,101 -1,473	0 0 0
	-0,629 -0,302 -0,363	-1,986 -1,904 -2,046	<i>RTSCR</i>	0,300 1,222 0,682	0,073 0,576 -0,176	0,474 0,732 0,750	0 0 0
	0,433 1,690 2,475	-0,210 0,676 1,797	1,279 2,830 3,044	<i>RTSTL</i>	0,579 1,940 1,457	0,713 2,348 3,469	0 4 4
	0,847 1,853 -0,320	0,931 1,266 -0,223	1,575 2,231 0,313	1,280 2,344 0,211	<i>RTSch</i>	1,333 1,978 0,185	0 4 0
	-0,603 0,425 1,819	-2,029 -1,721 -0,515	0,405 0,833 1,480	-0,326 0,802 1,627	-0,285 0,311 0,177	<i>RTSEU</i>	0 0 1
	0 2 2	0 0 1	0 2 1	0 1 0	0 1 0	0 2 1	0 8 5

Источник: составлено авторами.

Source: compiled by the authors.



Результаты теста Форбс – Ригобона несколько отличаются от результатов, полученных при простом сравнении коэффициентов корреляции. Прежде всего они подтверждают меньшее количество заражений. Более того, в краткосрочном периоде ни одно из предполагаемых заражений не является статистически значимым. Снова наибольшее количество вариантов заражения оказывается в среднесрочном периоде. Наиболее агрессивными сферами являются химия и отрасль телекоммуникаций, наиболее чувствительными к заражению – нефтяная отрасль, потребительская сфера и торговля, электроэнергетика. Металлургия опять оказывается относительно независимой отраслью, она не подтверждает ни одного эпизода заражения других отраслей и сама проявляет чувствительность только к состоянию телекоммуникационной отрасли в долгосрочном периоде.

Таким образом, использование первого момента распределения (по линии взаимосвязи доходностей) подтверждает весьма умеренное и ограниченное (по направленности) заражение между отраслевыми секторами фондового рынка. Для получения более полноценной картины перейдем к анализу более высоких моментов распределения.

В табл. 5 и 6 приведены результаты теста на совместную асимметрию доходностей. Они отчетливо свидетельствуют в пользу большей вероятности передачи заражения по каналу асимметрии, нежели в рамках первого момента распределения (84 эпизода заражения по тесту CS_1 и 86 эпизодов по тесту CS_2 , против 13 по FR_1 – в сумме за три периода). Другое отличие состоит в том, что при анализе асимметрии с расширением периода исследования количество заражений растет (24 и 26 случаев в краткосрочном периоде, по 30 случаев в среднесрочном и долгосрочном периодах).

Таблица 5

Статистики 1-го теста на коасимметрию доходностей отраслевых индексов РТС
(*coskewness test* CS_1 ; критическое значение 3,84 при уровне значимости $\alpha = 0,05$)

Table 5. Statistics of coskewness test 1 of the profitabilities of RTS sectoral indices
(*coskewness test* CS_1 ; critical value 3.84 at significance level $\alpha = 0.05$)

$i \rightarrow j$	Прием заражения / Receipt of infection						Количество случаев / Number of cases
Передача заражения / Transfer of infection	RTSOG	1,39	17,65	24,16	10,42	8,34	4
		7,36	64,93	72,04	18,19	37,14	5
		27,23	104,68	117,12	40,90	85,10	5
	RTSMM	1,91	7,04	13,35	12,56	6,43	4
		9,76	29,17	40,18	20,51	26,24	5
		35,72	54,39	71,50	40,23	64,94	5
	RTSCR	0,22	11,13	6,35	81,86	2,86	3
		3,98	32,56	21,39	160,41	14,68	5
		18,34	61,45	54,61	159,12	78,76	5
	RTSTL	13,35	2,76	16,05	17,08	17,34	4
		42,83	10,78	62,38	29,70	62,68	5
		85,20	30,44	92,67	45,08	117,53	5
	RTSch	4,13	13,34	19,89		12,42	5
		11,53	39,93	48,88		38,53	5
		39,70	69,11	79,81		78,09	5
	RTSEU	6,61	16,34	21,34	17,76		4
		27,53	67,71	68,31	33,94		5
		67,44	108,68	111,60	53,47		5
Количество случаев / Number of cases	3	2	5	5	5	4	24
	5	5	5	5	5	5	30
		5	5	5	5	5	30

Источник: составлено авторами.

Source: compiled by the authors.

Source: compiled by the authors.

Тестирование финансового заражения по линии более высокого момента распределения (кокуртозиса) привело к однозначному выводу о наличии заражения по всем взаимодействующим парам во всех периодах. Из-за отсутствия значимых различий конкретные значения тестов на совместный эксцесс в данной работе мы опускаем. Отметим лишь, что значения тестовых статистик снова оказываются меньше в краткосрочном периоде, чем в среднесрочном и долгосрочном периодах, что свидетельствует о долгосрочных последствиях пандемии. Тест на кокуртозис выявил в среднем меньшее по силе заражение от металлургии, химической и нефтяной отраслей. Наиболее масштабными носителями заражения выступают энергетика, отрасль телекоммуникаций, производство потребительских товаров и торговля. Наиболее мощным реципиентом заражения по линии третьего момента распределения оказывается энергетика, далее с большим отрывом идет отрасль телекоммуникаций. Химия и металлургия оказываются наименее восприимчивыми к заражению.



Выводы

В настоящее время концепция финансового заражения превратилась в самостоятельную, логически связанную область исследований со своими собственными теоретико-методологическими подходами. Опираясь на багаж накопленных знаний в данной области, в настоящей работе мы исследовали малоизученный аспект межотраслевого финансового заражения на примере передачи финансовых возмущений между основными отраслями российской экономики в период распространения коронавирусной инфекции COVID-19. Для этого использовались данные о динамике доходности шести отраслевых индексов РТС. На основе расчета скользящих коэффициентов вариации индексов РТС и темпов прироста заражения населения коронавирусной инфекцией проведено разделение периода исследования на допандемический и три пандемических периода: краткосрочный, среднесрочный и долгосрочный. Использование трех типов тестов на моменты совместного распределения доходностей (основанных на расчетах коэффициентов корреляции с коррекцией на гетероскедастичность, коасимметрии и кокуртозиса) позволило оценить не только направленность, но и масштабы межотраслевого заражения в российской экономике в краткосрочном, среднесрочном и долгосрочном периодах.

Исследование в целом подтвердило усиление взаимосвязи между отраслями российской экономики в период пандемии, причем наибольшее влияние оказалось в среднесрочном периоде. В то же время исследование привело к смешанным результатам. Вопреки распространенному мнению, главные отрасли российской экономики (нефтегазовая и металлургическая) оказались в меньшей степени связанными с другими отраслями. Сферой, в наибольшей степени склонной к передаче заражения, оказалась телекоммуникационная сфера. Это свидетельствует в пользу значимости цифровой экономики в современном мире, что особенно проявилось в условиях пандемии. Чистым источником заражения также оказалась химическая отрасль (для нее количество выходящих связей оказалось больше количества входящих). В то же время совершенно ожидаемым представляется результат о наибольшей подверженности заражению потребительской сферы. Эта сфера связана с доходами населения, которые зависят от ситуации в основных производственных отраслях. В условиях пандемии именно потребительская сфера оказалась наиболее уязвимой к пандемическому кризису: введение и отмена ограничений на мобильность населения, закрытие ряда бизнесов, временное поражение сферы услуг вызвало волны спада и ажиотажа на потребительском рынке, что не могло не повлиять на состояние соответствующего сегмента фондового рынка.

Таким образом, цель исследования достигнута – финансовое заражение отраслей российской экономики в период пандемии эмпирически подтверждено. Задачи исследования выполнены: на основе комплекса тестов на моменты распределения доходности отраслевых индексов РТС установлены направленность и масштаб заражения между отраслями российской экономики, специфические проявления межотраслевого заражения объяснены цифровизацией российской экономики и потребительскими эффектами пандемии.

Заметим, что проведенное исследование имеет ряд ограничений. Во-первых, примененный подход не учитывает лагов взаимодействия разных сфер. Для этого в будущем предполагается проведение теста Грейнджера на причинность, выявление направленности взаимодействия отраслей и расчет лаговых показателей корреляции, коасимметрии и кокуртозиса. Во-вторых, данный подход не объясняет механизмов влияния одного сектора на другой и не раскрывает каналов заражения. В-третьих, он не учитывает влияния разных отраслевых и макроэкономических факторов на доходность отраслевых индексов и поэтому может содержать проблему эндогенности. Для решения этих проблем требуется построение более продвинутых эконометрических моделей, речь о которых шла в теоретической части работы, его мы также оставляем на будущее. В целом проведенное исследование представляет вполне понятный и легко реализуемый на практике инструментарий для выявления взаимного заражения отраслей в периоды кризисов разного типа.

Список литературы / References

1. Gavin, M., & Hausmann, R. (1999). Preventing crisis and contagion: fiscal and financial dimensions. *IDB Working Paper*, 332, 13.



2. Bustillo, I., & Velloso, H. (2002). United States interest rates, Latin American debt and financial contagion. *CEPAL Review*, 78, 82–99.
3. Lowell, J. F., Neu, C., & Tong, D. (1998). *Financial Crises and Contagion in Emerging Market Countries*.
4. Van Rijckeghem, C., & Weder, B. (1999). Financial contagion: spillovers through banking centers. *Center for financial studies working paper*, 1999/17, 32.
5. Visentin, G., Battiston, S., & D'Errico, M. (2016). Rethinking financial contagion. *SSRN Electronic Journal*, 2831143.
6. Kilic, O., Chelikani, S., & Coe T. (2014). Financial crisis and contagion: the effects of the 2008 financial crisis on the Turkish financial sector. *International Journal of Applied Economics*, 11(2), 19–37.
7. Gunay, S., & Can, G. (2022). The source of financial contagion and spillovers: An evaluation of the covid-19 pandemic and the global financial crisis. *PLoS ONE*, 17(1), e0261835. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0261835>
8. Apostolakis, G., Floros, C., Gkillas, K., & Wohar M. (2021). Financial stress, economic policy uncertainty, and oil price uncertainty. *Energy Economics*, 104, 105686.
9. Nguyen, T. N., Hoa, P., Nguyen, T. L., & McMillan, D. (2022). Financial contagion during global financial crisis and Covid-19 pandemic: the evidence from Dcc-Garch model. *Cogent Economics & Finance*, 10(1), 2051824–205
10. Webster's Third New International Dictionary of the English Language, Unabridged. (2002). Springfield, Mass.: Merriam-Webster.
11. Marsiglio, S., Bucci, A., La Torre, D., & Liuzzi, D. (2019). Financial contagion and economic development: an epidemiological approach. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 162, 211–228.
12. Grigoryev, R. (2010). *The interdependence between stock markets of BRIC and developed countries and the impact of oil prices on this interdependence*. University of Portsmouth.
13. Kodres, L., & Pritsker, M. (1998). A rational expectations model of financial contagion. *Board of governors of the Federal Reserve Finance and Economics Discussion Series*, 98–48, 57.
14. Pericoli, M., & Sbracia, M. (2003). A primer on financial contagion. *Journal of Economic Surveys*, 17, 571–608.
15. Oprea, O.-R. (2017). Financial integration and financial contagion, a problem for financial stability?. *Journal of Public Administration, Finance and Law*, 11, 121–136.
16. Cominetta, M. (2016). Financial contagion: a new perspective (and a new test). *SSRN Electronic Journal*, 14, 34.
17. Reinhart, C., Kaminsky, G., & Vegh, C. (2003). The unholy trinity of financial contagion. *Journal of Economic Perspectives*, 17, 51–74.
18. Gajurel, D. P. (2015). *Essays on financial contagion and financial crises*: PhD thesis. University of Tasmania.
19. European Central Bank. (2005). *Financial stability review*.
20. OECD. Financial contagion in the era of globalised banking? (2012). *OECD Economics Department Policy Notes*, 14, 10.
21. Ozkan, F. G., & Unsal, D. F. (2012). Global financial crisis, financial contagion, and emerging markets. *IMF Working Paper*, 12/293, 39.
22. Caramazza, F., Ricci, L. A., & Salgado, R. M. (2000). Trade and financial contagion in currency crises. *IMF Working Papers*, 00(55), 46.
23. Cheung, L., Tam, C. S., & Szeto, J. (2009). Contagion of financial crises: a literature review of theoretical and empirical frameworks. *Hong Kong Monetary Authority*, 02/2009, 18.
24. Kyle, A. S., & Xiong, W. (2001). Contagion as a wealth effect. *Journal of Finance*, 56, 1401–1440.
25. Longstaff, F. (2010). The subprime credit crisis and contagion in financial markets. *Journal of Financial Economics*, 97, 436–450.
26. Didier, T., Mauro, P., & Schmukler, S. (2008). Vanishing financial contagion? *Journal of Policy Modeling*, 30(5), 24–48.
27. Ludwig, A. (2014). A unified approach to investigate pure and wake-up-call contagion: Evidence from the Eurozone's first financial crisis. *Journal of International Money and Finance*, 48, A, 125–146.
28. Yuan, Y., Wang, H., & Jin, X. (2022). Pandemic-driven financial contagion and investor behavior: Evidence from the COVID-19. *International Review of Financial Analysis*, 102315.
29. Da Gama Silva, P. V. J., Klotzle, M. C., Pinto, A. C. F., & Gomes, L. L. (2019). Herding behavior and contagion in the cryptocurrency market. *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, 22, 41–50.
30. Treviño, I. (2020). Informational channels of financial contagion. *Econometrica*, 88, 297–335.
31. Basu, R. (2002). Financial contagion and investor "learning": an empirical investigation. *IMF Working Papers*, 02/218, 38.
32. Kodres, L., & Pritsker, M. (2002). A rational expectation model of financial contagion. *Journal of Finance*, 57, 769–799.
33. Battiston, S., di Iasio, G., Infante, L., & Pierobon, F. (2015). Capital and contagion in financial networks. *IFC Bulletins*, 39, 23.



34. Calvo, S. G., & Reinhart, C. M. (1996). Capital flows to Latin America: is there evidence of contagion effects? *World Bank Policy Research Working Paper*, 1619, 36.
35. Bae, K.-H., Karolyi, G., & Stulz, R. (2003). A new approach to measuring financial contagion. *Review of financial studies*, 16, 717–763.
36. Forbes, K., & Rigobon, R. (2002). No contagion, only interdependence: measuring stock market comovements. *Journal of Finance*, 57, 5, 2223–2261.
37. Kenourgios, D., & Dimitriou, D. (2015). Contagion of the Global Financial Crisis and the real economy: a regional analysis. *Economic Modelling*, 44, 283–293.
38. Li, F. (2009). Testing for financial contagion with applications to the Canadian banking system. *Bank of Canada Staff Working Papers*, 09-14, 47.
39. Baur, D., & Schulze, N. (2005). Coexceedances in financial markets – a quantile regression analysis of contagion. *Emerging Markets Review*, 6(1), 21–43.
40. Ye, W., Zhu, Y., Wu, Y., & Miao, B. (2016). Markov regime-switching quantile regression models and financial contagion detection. *Insurance: Mathematics and Economics*, 67, 21–26.
41. Jing, Z., Elhorst, J. P., Jacobs, J. P., & de Haan, J. (2018). The propagation of financial turbulence: interdependence, spillovers, and direct and indirect effects. *Empirical Economics*, 55, 169–192.
42. Caggiano, G., Calice, P., Leonida, L., & Kapetanios, G. (2016). Comparing logit-based early warning systems: Does the duration of systemic banking crises matter? *Journal of Empirical Finance*, 37, 104–116.
43. Villar Frexedas, Ó. (2015). *Crisis and financial contagion: new evidences and new methodological approach*: PhD Thesis. University of Barcelona.
44. Amaral, A., Abreu, M., & Mendes, V. (2014). The spatial Probit model - an application to the study of banking crises at the end of the 1990's. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 415, 251–260.
45. Roy, R. P., & Sinha Roy, S. (2017). Financial contagion and volatility spillover: an exploration into Indian commodity derivative market. *Economic Modelling*, 67(C), 368–380.
46. Andries, A., & Galasan, E. (2020). Measuring financial contagion and spillover effects with a state-dependent sensitivity value-at-risk model. *Risks*, 8, 5–25.
47. Aderajo, O. M., & Olaniran, O. D. (2021). Analysis of financial contagion in influential African stock markets. *Future Business Journal*, 7(1), 1–9.
48. Mollah, S., Zafirov, G., & Quoreshi, A. S. (2014). Financial market contagion during the global financial crisis. *Center for Innovation and Technology Research Electronic Working Paper Series*, 2014/05, 39.
49. Paskaleva, M., & Stoykova, A. (2021). Globalization effects on contagion risks in financial markets. *SHS Web of conferences "Globalization and its socio-economic consequences 2020"*, 92, 03021.
50. Radev, D. (2022). Economic crises and financial contagion. *Financial market contagion through the internal capital markets of global banks*.
51. Duarte, F., & Collin, J. (2019). Empirical network contagion for U.S. financial institutions. *Federal Reserve Bank of New York Staff Reports*, 826, 61.
52. Dungey, M., Luciani, M., Matei, M., & Verdas, D. (2015). Surfing through the GFC: Systemic risk in Australia. *Discussion Paper Series of Tasmanian School of Business and Economics University of Tasmania*, 2015-01, 19.
53. Fijorek, K., Jurkowska, A., & Jonek-Kowalska, I. (2021). Financial contagion between the financial and the mining industries – Empirical evidence based on the symmetric and asymmetric CoVaR approach. *Resources Policy*, 70, 101965.
54. Franch, F., Nocciola, L., & Vouldis, A. (2022). Temporal networks in the analysis of financial contagion. *ECB Working Paper*, 2667, 53.
55. Li, Z., Zhou, Q., Chen, M., & Liu, Q. (2021). The impact of COVID-19 on industry-related characteristics and risk contagion. *Finance Research Letters*, 39, 101931.
56. Forbes, K. J. (2012). The “Big C”: Identifying contagion. *NBER Working Paper Series*, 18465.
57. Harvey, C. R., & Siddique, A. (2000). Conditional skewness in asset pricing tests. *Journal of Finance*, 55(3), 1263–1295.
58. Fry, R., Martin, V. L., & Tang, C. (2010). A new class of tests of contagion with applications. *Journal of Business and Economic Statistics*, 28(3), 423–437.
59. Hui, E. C. M., & Chan, K. K. K. (2012). Are the global real estate markets contagious? *International Journal of Strategic Property Management*, 16(3), 219–235.
60. Malkina, M. Yu., & Ovcharov, A. O. (2022). Financial Contagion of Russian Companies from the Oil Market under the Influence of Sanctions and Pandemic Shock. *Financial Journal*, 14(4), 8–28. (In Russ.).



Вклад авторов

М. Ю. Малкина – разработка концепции статьи, описание методологии, сбор баз данных, проведение расчетов, анализ результатов, выводы, общее редактирование.

Р. В. Балакин – анализ теоретических подходов, обзор литературы, общее оформление.

The author's contributions

M. Yu. Malkina – developed the article concept, described the methodology, compiled databases, performed calculations, analyzed the results, made conclusions, performed general editing.

R. V. Balakin – analyzed theoretical approaches, reviewed literature, performed general article completion.

Конфликт интересов: авторами не заявлен.

Conflict of Interest: No conflict of interest is declared by the authors.

Дата поступления / Received 16.04.2023

Дата принятия в печать / Accepted 28.05.2023

ПОЗНАНИЕ

Цифровые технологии и право: сборник научных трудов I Международной научно-практической конференции (г. Казань, 23 сентября 2022 г.) / под ред. И. Р. Бегишева, Е. А. Громовой, М. В. Залоило, И. А. Филиповой, А. А. Шутовой. В 6 т. – Казань: Изд-во «Познание» Казанского инновационного университета, 2022.

Вошедшие в сборник научные труды приурочены к Международной научно-практической конференции «Цифровые технологии и право», состоявшейся 23 сентября в Казани в рамках Международного форума Kazan Digital Week 2022, организуемого Кабинетом Министров Республики Татарстан под эгидой Правительства Российской Федерации.

Широкий круг рассмотренных на конференции теоретико-методологических и практикоориентированных, междисциплинарных и отраслевых вопросов связан с приоритетами правового развития цифровых технологий, перспективами правового регулирования цифрового профилирования, экспериментальными и специальными правовыми режимами в сфере создания цифровых инноваций, интеллектуальными правами, трудовыми и связанными с ними отношениями, блокчейн-технологиями, криптовалютой, децентрализованными финансами в правовых реалиях, искусственным интеллектом, робототехникой и др.

Нашедшие отражение в сборнике идеи и предложения в своей совокупности являются ключом к пониманию интеллектуальной карты смыслов, которые будут интересны ученым-правоведам и экспертам в области цифровых технологий, практикующим юристам, представителям правотворческих и правоприменительных органов, государственным служащим и участникам реального сектора экономики, молодым исследователям-студентам, магистрантам и аспирантам, всем интересующимся вопросами взаимовлияния цифровых технологий и права.