

ОТРАСЛЕВАЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА

А. О. Овчаров¹

Нижегородский государственный университет
им. Н. И. Лобачевского (Нижний Новгород, Россия)

А. М. Терехов²

Приволжский филиал
Российского государственного университета правосудия
(Нижний Новгород, Россия)

УДК: 339.172

doi: 10.55959/MSU0130-0105-6-59-3-6

ФИНАНСОВОЕ ЗАРАЖЕНИЕ НА СЫРЬЕВЫХ РЫНКАХ В ПЕРИОД ПАНДЕМИИ COVID-19

В периоды глобальных шоков на разных рынках очень часто наблюдается разрастание кризисных процессов, которое можно рассматривать с позиции теории и методологии финансового заражения. В данной статье поставлена задача исследования особенностей трансмиссии финансового заражения на сырьевых рынках под воздействием пандемического шока. В работе обобщены подходы к пониманию сущности финансового заражения, показаны сложность и разнообразие методов его изучения, обсуждены результаты современных исследований по данной проблематике. Проанализировано распространение финансового заражения по каналам биржевой торговли сырьевыми товарами в условиях пандемического шока, вызванного COVID-19. Получены оценки внутрирыночного и межрыночного заражения на 4-х сырьевых рынках: энергоносителей, драгоценных металлов, металлов как сырья для промышленного производства, продукции сельского хозяйства как сырья для пищевой промышленности. Для парных связок сырьевых товаров строились одномерные GARCH-модели с выделением динамических условных корреляций в кризисный и докризисный периоды. Финансовое заражение фиксировалось при значительном увеличении средних условных корреляций в кризисный период. Сравнительный анализ масштабов заражения позволил сделать выводы о разной устойчивости сырьевых рынков к пандемическому шоку. Оценки внутрирыночного заражения показали, что самыми восприимчивыми к заражению оказались рынки обычных и драгоценных металлов. Наиболее устойчивым оказался рынок энергоносителей, промежуточное положение занял рынок продукции

¹ Овчаров Антон Олегович — д.э.н., профессор, кафедра бухгалтерского учета, Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского; e-mail: anton19742006@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-2356-4533.

² Терехов Андрей Михайлович — к.э.н., доцент, кафедра гуманитарных и социально-экономических дисциплин, Приволжский филиал Российского государственного университета правосудия; e-mail: terehoff.t@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-2356-4533.

© Овчаров Антон Олегович, 2024 

© Терехов Андрей Михайлович, 2024 

сельского хозяйства. Учет эффектов межрыночного заражения подтвердил высокий уровень восприимчивости к заражению рынка драгоценных металлов, а также позволил осуществить ранжирование товарных фьючерсов по степени заражаемости в период COVID-19. На этой основе сделан вывод, что в условиях пандемии COVID-19 инвестиции в золото не являются эффективным средством хеджирования. Диверсификаторами инвестиционного портфеля могут выступить некоторые сельскохозяйственные фьючерсы (на свинину и овес), поскольку тестовая статистика подтвердила минимальное число случаев заражения.

Ключевые слова: сырьевые рынки, финансовое заражение, COVID-19, модель DCC-GARCH, волатильность, передача заражения, динамические условные корреляции.

Цитировать статью: Овчаров, А. О., & Терехов, А. М. (2024). Финансовое заражение на сырьевых рынках в период пандемии COVID-19. *Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика*, 59(3), 123–143. <https://doi.org/10.55959/MSU0130-0105-6-59-3-6>.

A. O. Ovcharov

Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (Nizhny Novgorod, Russia)

A. M. Terekhov

Volga Branch of the Russian State University of Justice (Nizhny Novgorod, Russia)

JEL: G01, O11, C46

FINANCIAL CONTAGION IN RAW MATERIALS MARKETS DURING THE COVID-19 PANDEMIC

During periods of global shocks in different markets, we often observe expansion of crisis processes, which can be considered from theoretical and methodological standpoint of financial contagion. This paper aims to study the features of financial contagion transmission in commodity markets under the influence of the pandemic shock. The authors generalize the approaches to understanding the essence of financial contagion, show the complexity and diversity of methods for its study, and give the results of modern research on this problem. The spread of financial contagion through the channels of exchange trade in commodities in the context of the pandemic shock is analyzed. Estimates of intra-market and inter-market contagion in 4 raw materials markets were obtained: energy carriers, precious metals, metals as raw materials for industrial production, agricultural products as raw materials for food industry. For paired bundles of commodities, one-dimensional GARCH models are constructed with the allocation of dynamic conditional correlations in the crisis and pre-crisis periods. Financial contagion was recorded with a significant increase in the average conditional correlations during the crisis period. A comparative analysis of the scale of infection allows us to draw conclusions on different resilience of commodity markets to a pandemic shock. Estimates of intra-market contagion show that most susceptible to infection are the markets of ordinary

and precious metals. The energy market turned out to be the most stable, the agricultural products market took an intermediate position. Taking into account the effects of inter-market contagion confirmed a high level of susceptibility to contagion of precious metals market, and also allowed for the ranking of commodity futures by the degree of contagion during the COVID-19 period. On this basis, it is concluded that in conditions of a pandemic, investments in gold are not an effective hedging tool. Some agricultural futures (for pork and oats) may act as diversifiers of investment portfolio, since test statistics confirmed a minimum number of cases of contagion.

Keywords: commodity markets, financial contagion, COVID-19, DCC-GARCH model, volatility, transmission of infection, dynamic conditional correlations.

To cite this document: Ovcharov, A. O., & Terekhov, A. M. (2024). Financial contagion in commodity markets during the COVID-19 pandemic. *Lomonosov Economics Journal*, 59(3), 123–143. <https://doi.org/10.55959/MSU0130-0105-6-59-3-6>

Введение

Сырьевые товары являются движущей силой экономики многих стран. Долгое время считалось, что инвестиции в них выгодны и менее рискованны, чем в традиционные активы (акции и облигации). Однако мировой финансовый кризис и последующее развитие экономики поставили под сомнение тезис о безопасности и доходности вложений в сырьевые товары. Во многих исследованиях был проведен анализ взаимосвязей сырьевых товаров и других активов, на основе которого делались выводы о целесообразности использования сырьевых товаров (в первую очередь, золота) в качестве средства хеджирования портфеля. В ряде работ утверждалось, что не всегда такие товары выступают как безопасный объект вложений. Например, согласно (Baguník et al., 2016), золото и нефть могут быть использованы как диверсификаторы портфеля в течение лишь относительно коротких периодов, а согласно (Beckmann et al., 2019), золото служило безопасным активом только до мирового кризиса 2008 г. — крах же низкокачественных ипотечных кредитов эту функцию ограничил.

Следует отметить, что часто исследуется совместное движение или скачки цен на сырьевых рынках внутри различных групп биржевых товаров (см., например (Umar et al., 2022)). Однако интерес представляет не просто изучение взаимного влияния активов друг на друга. В теоретическом и практическом плане важны исследования эффектов заражения, т.е. распространения шоков внутри какого-либо рынка или от одного рынка к другому. Финансовое заражение — это своего рода «цепная реакция» на шок, способная привести к нарушению фундаментальных связей. В большинстве работ обсуждаются масштабы и направленность заражения по торговым каналам или по каналам фондового рынка. Вместе с тем работ, посвященных анализу распространения финансового заражения

в ходе биржевой торговли сырьевыми товарами, недостаточно. В данной статье наличие такого заражения тестируется в период COVID-19. В обзорном блоке мы ставим цель показать разнообразие подходов к анализу эффектов заражения и приводим некоторые примеры — результаты исследований из мирового опыта анализа финансового заражения. В эмпирической части нашей работы сформируем выборку данных о ценах на фьючерсы ряда биржевых товаров и на основе методологии DCC-GARCH получим оценки заражения на сырьевых рынках. При этом выделим четыре таких рынка (энергонасителей, обычных и драгоценных металлов, продукции сельского хозяйства) и оценим масштабы заражения на каждом из них, а также сформируем своеобразный «рейтинг заражаемости» всех активов, попавших в выборку.

Финансовое заражение: обзор подходов

Несмотря на широкое использование термина «заражение» для описания трансмиссии финансовых кризисов, существуют значительные разногласия относительно того, что именно означает это понятие. Не вдаваясь в терминологические дискуссии, отметим, что оно применяется для обозначения распространения рыночных потрясений из одной страны в другие (в некоторых случаях — из одного глобального региона, например, азиатского, в другие регионы или страны, либо из одного рынка или сектора экономики на другие рынки или сектора). Понятие «финансовое заражение» тесно связано с понятием «системный риск» — риски заражения совместно с рисками макроэкономических шоков и финансовых дисбалансов образуют три основных формы системного риска (European Central Bank, 2009). Однако если последние две формы носят экзогенный (макроэкономические шоки) и эндогенный (финансовые дисбалансы) характер, то заражение можно рассматривать как специфический механизм, реализующий передачу системного риска по различным каналам между секторами или регионами. При этом нужно учитывать два обстоятельства: передача нестабильности не может происходить без первоначального шока; скорость и сила передачи во время заражения превышают те скорость и силу, которые можно было бы ожидать при «нормальных» рыночных условиях.

В литературе обсуждаются подходы для идентификации тех или иных событий как заражения. При этом авторы расходятся во мнениях относительно того, какой из них имеет решающее значение для выявления случаев заражения. Тем не менее Европейский центральный банк обобщил эти подходы и представил их как пять главных критериев обнаружения заражения (European Central Bank, 2005):

- снижение цены одного актива приводит к снижению цен на другие активы;

- характер взаимосвязей в период заражения отличается от того, что наблюдается в устойчивые периоды, т.е. при заражении нарушаются обычные взаимозависимости;
- возникающие нарушения не могут быть объяснены фундаментальными основами функционирования экономических систем;
- события заражения имеют крайне негативный характер и соответствуют кризисным ситуациям;
- эффекты заражения не вызваны одновременным воздействием различных шоков, поэтому передача заражения — это растянутый во времени процесс.

Для диагностики заражения современной экономической наукой используется ряд методов, которые можно объединить в следующие три основных направления:

1. Анализ динамики коэффициентов корреляции до и после шока. Если связь между рынками после шока усилилась, то это означает, что произошло заражение. В то же время использование стандартных коэффициентов корреляции порождает проблему гетероскедастичности — смещения оценок из-за роста волатильности в кризисный период. Для решения этого вопроса был предложен расчет скорректированных с учетом волатильности коэффициентов корреляции и проведение на этой основе ряда эконометрических тестов на заражение. Классическим тестом считается тест Форбса — Ригобона (Forbes, Rigobon, 2002), однако сегодня активно используются и более продвинутые тесты, в частности, на коасимметрию, кокуртозис и коволатильность (Fry-McKibbin et al., 2014; Овчаров, Терехов, 2023).

2. Использование различных спецификаций VAR-моделей. В них применяется функция импульсного отклика — разница в откликах в докризисные и кризисные периоды позволяет зафиксировать факт заражения и измерить его уровень. Именно такой подход, дополненный методом исторической декомпозиции, был реализован для исследования заражения на мировых фондовых рынках после шока «Черного понедельника» 1987 г. (рекордного обвала промышленного индекса Доу-Джонса за всю его историю) (Yang, Bessler, 2008). Использование VAR-моделей позволило авторам установить передачу заражения от американского фондового рынка рынкам Великобритании, Германии, Гонконга и Австралии.

Появление более продвинутых факторных (FVAR), структурных (SVAR), байесовских (BVAR) моделей дало возможность преодолеть некоторые недостатки и ограничения обычных VAR-моделей. Например, в работе (Bagliano, Morana, 2012) с использованием FVAR-моделей проведено исследование каналов распространения шоков в период Великой рецессии как внутри США, так и на страны с развитыми и развивающимися экономиками. С использованием SVAR-модели исследовались механизмы передачи шоков из США в Мексику за период 2002–2018 гг. (Carrillo et al.,

2020), изучалось влияние колебаний мировых цен на сырую нефть на настроения инвесторов на китайском фондовом рынке (Ding et al., 2017).

3. Использование моделей семейства GARCH. Они позволяют обнаружить переливы волатильностей между рынками. Например, с применением простейшей GARCH-модели была выявлена передача волатильности с фондовых рынков США и Великобритании на японский рынок в 1980-е гг. (Namao et al., 1990). На основе EGARCH модели исследовались структурные разрывы и переливы волатильности с фондового рынка США на фондовые рынки стран ASEAN (Vo, Tran, 2020). С помощью GARCH-BEKK-модели построена своего рода межрегиональная сеть трансмиссии заражения внутри фондового рынка Китая (Li et al., 2021).

4. Использование вейвлет-моделей. Данный класс моделей позволяет разлагать нестационарные ряды финансовых данных на разные временные шкалы. Вейвлет-преобразования особенно актуальны при анализе финансового заражения, поскольку финансовые шоки могут распространяться в течение определенного периода с колебаниями различной частоты. Рассмотрение процесса заражения в разных временных масштабах позволяет выявить его особенности и закономерности протекания. Например, это было сделано в отношении финансового рынка Китая — авторы на основе вейвлет-преобразований и сетевого анализа построили модели заражения и получили оценки его интенсивности для трех различных экстремальных сценариев, включая краткосрочный кризис ликвидности, среднесрочный крах фондового рынка и долгосрочные шоки денежно-кредитной политики (Wang et al., 2024). В (Bossman et al., 2022) использовались методы двойного, частичного и множественного вейвлет-анализа для оценки влияния случаев заражения COVID-19 на взаимосвязи между доходностью облигаций и акций на африканских финансовых рынках. В отношении бразильского рынка применение вейвлет-анализа позволило обнаружить секторальное заражение в период COVID-19, причем его интенсивность была выше во время первой волны пандемии (Costa et al., 2022).

Многие работы используют комбинацию этих и других подходов с целью получения адекватных и достоверных оценок. В результате получается наиболее полная картина, отражающая масштабы, направленность и интенсивность распространения заражения в разрезе стран, регионов или секторов экономики.

Сырьевые товары как объект финансового заражения в период COVID-19

Существует большое число работ, посвященных анализу динамической взаимосвязи между макроэкономическими показателями и ценами на сырьевые товары или исследованию связей между ценами на акции

и сырьевые товары. Пандемия COVID-19 еще больше обострила интерес к этой проблематике ввиду того, что она усилила риски переливов волатильности на глобальных рынках. Примерами могут выступить исследования, направленные на изучение сдвигов во взаимодействиях между валютными, фондовыми и товарными рынками, вызванных пандемическим шоком (Salisu et al., 2020; Ben-Salha, Mokni, 2022; He, Zhang, 2024). В последнее время стали появляться публикации, в которых высокая волатильность на товарных рынках рассматривается в контексте совокупного влияния двух шоков — пандемического и энергетического, вызванного началом вооруженного конфликта между Россией и Украиной (Kumar et al., 2023; Wu et al., 2023).

Во многих работах исследуются взаимосвязи между сырьевыми товарами (главным образом, золотом) и ценными бумагами, а также связи сырьевых товаров друг с другом (главным образом, между нефтью и золотом). Привлекательность золота в качестве финансового актива основывалась на его способности обеспечивать защиту от инфляции и от колебаний курса тех или иных валют, например, доллара. При этом в исследованиях при анализе взаимосвязей на глобальных рынках авторы часто ставят вопрос: является ли золото безопасным активом (часто используется термин “safe haven asset” — актив-убежище). Ответы различаются в зависимости от характера рыночного шока, имеющихся данных и выбранной методологии. Так, в период пандемии COVID-19 с помощью вейвлет-анализа было показано преимущество использования золота как актива-убежища только в среднесрочной перспективе (Esparcia et al., 2022). Напротив, в (Umar et al., 2023) авторы, используя модель квантильной регрессии и более продолжительную выборку (2010–2021 гг.), утверждают, что золото, а также биткоин, нельзя рассматривать в качестве постоянного убежища. Эту роль играют серебро, нефть, евро и фунт стерлингов, причем независимо от рыночных условий и уровня глобального неприятия риска. В (Lahiani et al., 2021) золото и иные металлы (платина, палладий, медь и алюминий) в период пандемии рассматривались как актив-убежище в зависимости от временного горизонта инвестирования. На основе нелинейной ARDL-модели был сделан вывод, что в долгосрочной перспективе ни один из них не способен играть эту роль, тогда как в краткосрочной перспективе — золото, медь и палладий.

Взаимное влияние цен на сырьевые товары, а также взаимодействия активов на фондовых и товарных рынках, можно исследовать с точки зрения теории финансового заражения. В большинстве работ финансовое заражение рассматривается на фондовых рынках или в связке «фондовый рынок — товарные рынки». Однако с учетом целей нашей статьи интерес представляют работы, посвященные выявлению характеристик заражения по внутренним каналам биржевой торговли сырьевыми товарами в период пандемии. Так, в (Gong et al., 2022) была использована стохастическая модель для изучения эффектов заражения между энергетиче-

скими и неэнергетическими товарными рынками, в частности, рассматривались рынки промышленных и драгоценных металлов, а также рынок сельскохозяйственной продукции. Показано, что с ускорением процесса финансовализации глобального товарного рынка частота и вред от эффектов заражения постепенно увеличиваются. Причем пандемия COVID-19 стала шоком, усугубившим инфекционные последствия между рынками энергоносителей, драгоценных металлов и сельскохозяйственной продукции. Схожие выводы получены и в (Qiao, Han, 2023) — в работе рассматривалось влияние COVID-19 на риск заражения на рынках товарных фьючерсов с использованием сетевого подхода, основанного на методе «копул». Зафиксировано значительное увеличение уровней риска заражения сырьевых товаров после вспышки COVID-19. Кроме того, этот шок привел к усилению кластеризации товарных фьючерсов, т.е. к более высокой степени взаимосвязи между товарами одной категории, например, «мягкими» товарами.

Во многих работах эффекты заражения в период пандемии изучались в контексте анализа переливов волатильности. Так, в (Mensi et al., 2022) рассматривались динамические переливы волатильности между фьючерсами на золото и нефть и европейскими фондовыми индексами. Сделан вывод, что во время COVID-19 наблюдалось усиление реакции колебаний цен одних активов на ценовые шоки других активов. В (Zainudin, Mohamad, 2021) с помощью методов вейвлет-анализа исследовалась трансмиссия финансового заражения на товарных рынках под воздействием глобальных геоэкономических шоков за продолжительный период 2010–2020 гг., включая и первые волны пандемии. Рассматривались переливы волатильности спотовых и фьючерсных цен на рынках металлов, энергоносителей и сельского хозяйства. Основным результатом стал вывод о неоднородности проявления эффектов заражения на таких рынках. В (Tan et al., 2022) на основе модифицированной DCC-GARCH-модели показано, что пандемия усилила волатильность товарных рынков (в фокусе внимания авторов оказались рынки энергоносителей и драгоценных металлов). Интенсивность переливов волатильности между этими рынками менялась во времени и положительно коррелировала с волнами COVID-19. При этом пандемия трансформировала роль отдельных рынков как приемников или передатчиков волатильности. Например, рынок сырой нефти превратился из получателя в источник рисков волатильности, способность золота поглощать эти риски ослабла, а природного газа и серебра, наоборот, усилилась.

Выборка и методы

Наше исследование основано на методологии DCC-GARCH, которая активно используется при оценивании корреляций и передачи волатильности (Amrani, Zeghdoudi, 2021). Ключевое преимущество моделей се-

мейства GARCH для рядов высокочастотных данных заключается в том, что с их помощью можно обрабатывать нелинейные связи между переменными. Они также гораздо лучше справляются с выбросами, чем модели других семейств. Данный класс моделей предоставляет возможность прогнозировать будущую волатильность и риски финансовых активов. Наконец, GARCH-модели позволяют учитывать изменчивость и условную гетероскедастичность в финансовых данных, что важно при обнаружении финансового заражения. Выбранная нами DCC-GARCH-модель расширяет модель GARCH, добавляя динамическую составляющую для моделирования корреляции между различными финансовыми активами.

Эмпирическая часть нашего исследования состоит из следующих этапов:

1. Выбор источника информации о сырьевых рынках, отбор данных для исследования.
2. Предварительный анализ исходных данных для оценки возможностей построения GARCH-моделей и выявления заражения.
3. Построение GARCH-моделей с выделением динамических условных корреляций (dynamic conditional correlation — DCC).
4. Оценка средних динамических корреляций и тестирование на наличие заражения.

На первом этапе определена эмпирическая база исследования — использовались высокочастотные данные портала Investing.com о фьючерсных ценах на сырьевые товары. Отобраны исторические данные по следующим сырьевым рынкам:

- рынок металлов как сырья для промышленного производства (алюминий, медь, никель, олово, свинец, цинк);
- рынок драгоценных металлов (золото, серебро, платина, палладий);
- рынок энергоносителей (нефть, природный газ, мазут, бензин, газойль);
- рынок продукции сельского хозяйства как сырья для пищевой промышленности (пшеница, грубый рис, кукуруза, овес, какао, соевые бобы, сахар, живой скот, свинина).

Таким образом, в выборку было включено 24 сырьевых товара. Она охватила период с 1 января 2019 г. по 31 декабря 2020 г. (более 4000 наблюдений, ежедневная периодичность представления).

На втором этапе сначала исходные данные о фьючерсных ценах на сырьевые товары преобразовывались в ряды доходностей путем логарифмирования отношения цены конкретного фьючерса по состоянию на конкретную дату к цене того же фьючерса по состоянию на предыдущую дату. Затем полученные ряды проверялись на стационарность с помощью расширенного теста Дики — Фуллера. Кроме того, на данном этапе осуществлялось разделение периодов на докризисный и кризисный — это необходимо для получения корректных оценок заражения. Такие периоды были выделены на основе анализа графика средней доходности сырьевых то-

варов для каждого рынка в отдельности. В качестве кризисного периода рассматривался период первых двух волн распространения COVID-19, когда наблюдалось усиление волатильности средней доходности, в качестве докризисного — период низкой волатильности средней доходности, продолжительность которого сопоставима с продолжительностью кризисного периода.

На третьем этапе для получения оценок в отношении взаимосвязей доходностей сырьевых товаров использовалась модель DCC-GARCH, впервые описанная в (Engle, 2002):

$$H_t = D_t R_t D_t, \quad (1)$$

где H_t — условная ковариационная матрица;

R_t — матрица, содержащая условные корреляции;

$$D_t = \text{diag}\{\sqrt{h_{ij,t}}\}.$$

Выражения для h рассматриваются как одномерные модели GARCH.

Матрица R_t вычисляется по формуле:

$$R_t = Q_t^{*-1} Q_t Q_t^{*-1}, \quad (2)$$

где $Q_t^* = \text{diag}\{\sqrt{q_{ij,t}}\}$ — матрица, состоящая из квадратных корней диагональных элементов.

$$Q_t = (1 - \alpha - \beta) \cdot \bar{Q} + \alpha \cdot (\varepsilon_{t-1} \cdot \varepsilon'_{t-1}) + \beta \cdot Q_{t-1}, \quad (3)$$

где α и β — параметры модели ($\alpha > 0$ и $\beta > 0$, $0 < \alpha + \beta < 1$);

ε_t — стандартизованные остатки;

$\bar{Q} = \text{Cov}(\varepsilon_t \varepsilon'_t)$ — безусловная ковариация стандартизованных остатков.

Динамические условные корреляции рассчитываются по формуле:

$$\rho_{ij,t} = \frac{q_{ij,t}}{\sqrt{q_{ii,t} \cdot q_{jj,t}}}. \quad (4)$$

На четвертом этапе проведена оценка средних динамических корреляций и осуществлено тестирование на наличие заражения в период COVID-19. Во-первых, это было сделано отдельно по каждому сырьевому рынку — тестировались внутрирыночные парные связки вида «товар 1 — товар 2». Во-вторых, заражение выявлялось по всей выборке — это позволило получить «рейтинг» заражаемости различных товаров на сырьевых рынках в период пандемии и сделать вывод в отношении того, какие фьючерсы могут рассматриваться инвесторами в качестве диверсификатора портфеля.

Для оценки заражения средние динамические условные корреляции были выделены из модели DCC-GARCH. Нулевая гипотеза заключалась в том, что заражение фиксируется в том случае, когда среднее значение ди-

намических корреляций доходностей сырьевых фьючерсов в кризисный период по сравнению с докризисным периодом увеличивается. В случае снижения этой корреляции нулевая гипотеза отклоняется, заражение не фиксируется. Формально гипотезы о проверке заражения можно записать как:

$$H_0 : \bar{\rho}^{crisis} > \bar{\rho}^{pre-crisis}, \quad (5)$$

$$H_1 : \bar{\rho}^{crisis} < \bar{\rho}^{pre-crisis}, \quad (6)$$

где $\bar{\rho}^{crisis}$ и $\bar{\rho}^{pre-crisis}$ — средние динамические коэффициенты условной корреляции доходностей сырьевых фьючерсов в кризисный и докризисный периоды, соответственно.

Вслед за (Асатуров, Теплова, 2014) гипотеза о наличии заражения подтверждалась/отвергалась по итогам проведения двух тестов: t -теста Стьюдента и теста Уилкоксона. С помощью теста Стьюдента была оценена статистическая значимость различия средних двух выборок. Наличие эффекта заражения подтверждалось в случае значимости различия в средних значениях условных корреляций в докризисном и кризисном периодах ($t_{calc} > t_{crit}$, где t_{calc} — расчетное значение t -статистики; t_{crit} — критическое значение одностороннего теста Стьюдента для уровня значимости $p = 0,05$). С помощью теста Уилкоксона было оценено различие медианных значений. Наличие эффекта заражения подтверждалось в случае значимости различий медианных значений условных динамических корреляций в докризисном и кризисном периодах ($p_{value} < 0,05$).

Обсуждение результатов

В табл. 1 представлены результаты разделения динамических рядов средней доходности фьючерсных цен сырьевых товаров на кризисный и докризисный периоды по каждому из рассматриваемых рынков.

Таблица 1

Результаты выделения докризисных и кризисных периодов на исследуемых рынках

Наименование рынка	Докризисный период		Кризисный период	
	Продолжительность	Стандартное отклонение средней доходности по рынку	Продолжительность	Стандартное отклонение средней доходности по рынку
Рынок металлов	05.09.2019 — 21.01.2020	0,006	22.01.2020 — 16.06.2020	0,012
Рынок драгоценных металлов	01.04.2019 — 14.02.2020	0,009	19.02.2020 — 31.12.2020	0,023

Наименование рынка	Докризисный период		Кризисный период	
	Продолжи- тельность	Стандартное отклонение средней доходности по рынку	Продолжи- тельность	Стандартное отклонение средней доходности по рынку
Рынок энергоносителей	30.09.2019 — 04.03.2020	0,015	05.03.2020 — 02.07.2020	0,050
Рынок продукции сельского хозяйства	01.04.2019 — 14.02.2020	0,013	19.02.2020 — 22.09.2020	0,021

Источник: составлено авторами.

Как мы видим, начало и продолжительность кризисного и докризисного периодов различны. Это указывает на более высокую устойчивость некоторых рынков к последствиям экономического кризиса, вызванного пандемией COVID-19. При этом последствия пандемии на отдельных рынках проявились быстрее и длились более продолжительное время, чем на других. Отложенный эффект проявления кризиса может быть обусловлен межрыночным заражением за счет перетекания волатильности от одних рынков к другим.

На рис. 1 на примере рынка металлов показана смена периода с докризисного на кризисный. Она была получена на основе модели марковского переключения режимов. Вероятность нахождения переменной в каждом режиме составляет 0,994.

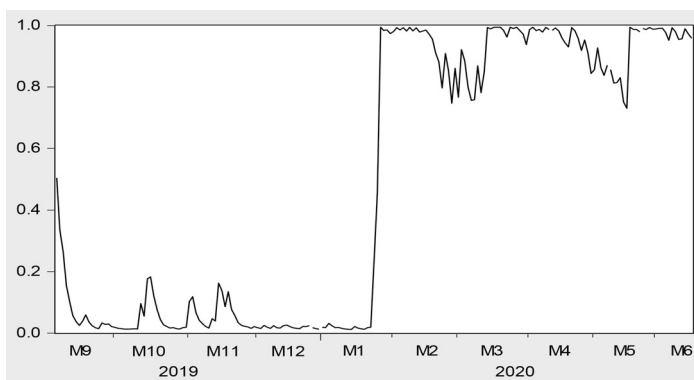


Рис. 1. График перехода от докризисного периода к кризисному периоду на рынке металлов

Источник: составлено авторами в эконометрическом пакете EViews 8.

В табл. 2 представлены результаты построения DCC-GARCH моделей — приведены примеры только для одной парной связки для каждого

из четырех рынков. Сумма параметров ($\alpha + \beta$) меньше единицы, что удовлетворяет условиям стабильности приведенных моделей. Кроме того, эта сумма по представленным связкам (0,963, 0,778, 0,935 и 0,960) свидетельствует о хорошей устойчивости в докризисный период, в то время как в кризисный период — о более низкой устойчивости по отдельным связкам товаров (0,854, 0,984, 0,630 и 0,856).

Таблица 2

Оценки параметров одномерных DCC-GARCH моделей

Связка сырьевых товаров	Докризисный период		Кризисный период	
	α	β	α	β
Алюминий — медь	0,045 (0,375)	0,918 (0,000)	0,026 (0,550)	0,828 (0,000)
Золото — серебро	0,085 (0,136)	0,693 (0,000)	0,024 (0,112)	0,960 (0,000)
Нефть — газ	0,043 (0,344)	0,892 (0,000)	0,024 (0,769)	0,606 (0,599)
Кукуруза — свинина	0,022 (0,424)	0,938 (0,000)	0,009 (0,867)	0,847 (0,050)

Примечание: в скобках указано р-значение коэффициента модели.

Источник: рассчитано авторами в эконометрическом пакете EVIEWS 8.

Построение одномерных моделей для всех парных связок позволило получить ряды DCC. Их средние значения рассчитывались для докризисного и кризисного периодов и оценивались с использованием одностороннего *t*-теста Стьюдента и теста Уилкоксона. Критическое значение *t*-статистики Стьюдента по выборке сырьевых товаров по всем рынкам составляло 1,65. Мы провели анализ по всем четырем рынкам, однако в табл. 3 показали результаты расчетов средних DCC и оценки наличия или отсутствия финансового заражения на примере только первых двух рынков (металлов и драгоценных металлов). Именно эти рынки оказались самыми подверженными заражению, поскольку из 21 связки тестовая статистика зафиксировала заражение в 19 случаях. Наоборот, наименее восприимчивым к заражению оказался рынок энергоносителей — из 10 пар лишь в одной обнаружен рост DCC («нефть — газойль»). Вероятно, в этой связке нефть выступает источником заражения, поскольку газойль является продуктом нефтепереработки. В свою очередь, он является компонентом для производства высокооктанового бензина. Рынок продукции сельского хозяйства в наших оценках занимает промежуточное положение, так как заражение было обнаружено почти в 50% случаев (17 случаев в 36 парных связках). Наиболее активными участниками заражения на этом рынке оказались пшеница и живой скот. При этом значительного

усиления динамических корреляций не установлено ни по одной из рассмотренных связей.

Таблица 3

Результаты оценки попарных условных корреляций в связках на рынке металлов и драгоценных металлов

Связка сырьевых товаров	$\bar{\rho}^{pre-crisis}$	$\bar{\rho}^{crisis}$	t_{calc}	p_{value}	Заражение
Рынок металлов					
Алюминий — медь	0,243	0,507	26,66	0,000	+
Алюминий — никель	0,101	0,385	10,67	0,000	+
Алюминий — олово	−0,141	0,450	43,17	0,000	+
Алюминий — свинец	0,251	0,339	6,89	0,000	+
Алюминий — цинк	0,123	0,239	7,17	0,000	+
Медь — никель	0,139	0,719	82,80	0,000	+
Медь — олово	−0,123	0,753	47,52	0,000	+
Медь — свинец	0,157	0,369	10,63	0,000	+
Медь — цинк	0,208	−0,417	−9,78	0,000	−
Никель — олово	0,077	0,638	30,57	0,000	+
Никель — свинец	0,250	0,292	3,98	0,000	+
Никель — цинк	0,172	0,547	18,46	0,000	+
Олово — свинец	−0,039	0,469	18,92	0,000	+
Олово — цинк	−0,043	0,434	24,58	0,000	+
Свинец — цинк	0,355	0,491	7,13	0,000	+
Рынок драгоценных металлов					
Золото — палладий	−0,002	0,412	136,03	0,000	+
Золото — платина	0,341	0,565	62,72	0,000	+
Золото — серебро	0,765	0,832	17,99	0,000	+
Палладий — платина	0,804	0,577	−39,38	0,000	−
Палладий — серебро	0,059	0,490	159,20	0,000	+
Платина — серебро	0,458	0,650	73,90	0,000	+

Источник: рассчитано авторами в эконометрическом пакете EViews 8

Подверженность финансовому заражению рынков металлов обусловлена их высокой степенью чувствительности к различным шокам. Цены на металлы, такие как золото, серебро, медь и платина, могут сильно колебаться в зависимости от множества факторов, включая и ухудшение эпидемиологической обстановки. Кроме того, вероятность возник-

новения торговых или политических споров, влияющих на поставки драгоценных металлов для промышленности (для производства электроники, солнечных панелей и т.д.), также способствует колебаниям цен на них. Необходимо учитывать, что рынки металлов тесно связаны с мировой экономикой. Любой шок способен трансформировать спрос на продукцию черной и цветной металлургии и, следовательно, изменить структуру мирового производства и торговли. В период COVID-19 наблюдался общемировой спад производства, в том числе на продукцию металлоемких отраслей. В результате сократилось потребление металлов в качестве сырья для производства, наблюдалось падение цен. При этом рынки металлов привлекают большое количество спекулянтов, которые пытаются заработать на колебаниях цен. Это способствует необоснованным изменениям в ценах, которые не отражают реальный спрос и предложение на рынке металлов. Наконец, высокая восприимчивость рынков металлов к финансовому заражению объясняется сильной взаимосвязанностью с другими рынками, такими как фондовые и валютные рынки.

Относительно невысокая восприимчивость аграрных рынков к финансовому заражению может быть объяснена особенностями сельскохозяйственной продукции как базового товара, активным государственным регулированием этих рынков и меньшей зависимостью от мировой экономики. Действительно, сельскохозяйственная продукция является основной потребительской товарной категорией, которая всегда востребована населением. Поэтому даже в условиях финансового кризиса спрос на нее не сокращается, либо сокращается незначительно. Кроме того, часто производство сельскохозяйственной продукции локализовано на местном уровне, что делает ее менее зависимой от глобальных шоков. Фермеры могут обеспечить сами себя и своих потребителей, не полагаясь на мировые рынки и инвесторов. Наконец, поддержка этих рынков со стороны государства снижает риски негативного воздействия на них. Государственные программы субсидирования, страхования и льготного кредитования, активно работавшие в период пандемии, помогли аграрным рынкам противостоять финансовому заражению.

С целью развития результатов, полученных при исследовании внутрирыночных взаимодействий, мы получили оценки заражения по всей выборке товарных фьючерсов, т.е. к оцениванию внутрирыночных эффектов добавили оценки по межрыночному заражению. Фактически мы построили DCC-GARCH-модели для всех парных связок и провели полное тестирование на заражение. В результате получен своеобразный рейтинг заражаемости 24 отобранных фьючерсов на сырьевые товары (рис. 2). Учет межрыночных взаимодействий доходностей сырьевых фьючерсов немного скорректировал ранее полученные результаты. В целом наиболее устойчивыми активами оказались фьючерсы на сельскохозяй-

ственном рынке, а не рынке энергоносителей. Драгоценные металлы, также как и ранее, продемонстрировали высокий уровень восприимчивости к заражению.

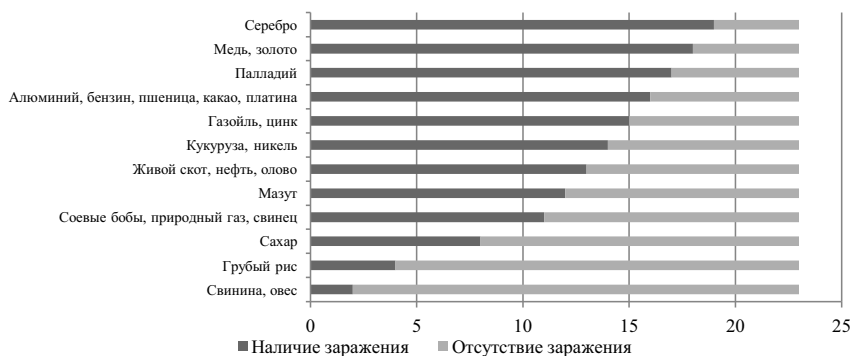


Рис. 2. Рейтинг заражаемости фьючерсов на сырьевые товары

Источник: составлено авторами.

Следует отметить, что наши отдельные результаты схожи с результатами других исследований. Так, согласно выводам (Qiao, Han, 2023) сельскохозяйственные товары в пандемию оказались значительно менее заразными, чем металлы и энергоносители. В частности, инвестиции в «мягкие» товары могут демонстрировать значительные преимущества диверсификации. Наши оценки это подтверждают. Кроме того, в данной работе выявлено несколько основных сырьевых товаров (в первую очередь, медь), являющихся хорошими передатчиками шоков. Портфельные инвесторы к ним должны относиться с осторожностью. Это согласуется с нашими результатами — медь, например, выступила передатчиком в 17 связках из 23.

Палладий и платина являются наиболее уязвимыми к шокам металлами как в до пандемический, так и пандемический периоды, что подтверждается многими исследованиями (см., например, (Chalid, Handika, 2022; Tan et al., 2022)) и нашими выводами. В паре с этими металлами практически все другие товары демонстрируют значительное увеличение коэффициента как условной, так и безусловной корреляции в периоды высокой волатильности рынков. С другой стороны, шок COVID-19 повысил способность рынка природного газа (в отличие от золота) воспринимать риски, а также усилил его роль в стабилизации риска волатильности цен (Tan et al., 2022). Нами также была зафиксирована относительно невысокая волатильность рынков нефти и газа, что, как правило, не характерно для кризисных периодов. При этом данный факт может быть обусловлен дальнейшей стабилизацией цен на энергоносители ввиду спада мирового производства.

Есть примеры исследований, результаты которых в определенном смысле отличаются от наших результатов. Так, в (Nguyen et al., 2020) показано, что золото в отличие от многих других сырьевых товаров является надежным инструментом хеджирования инвестиций. Однако этот вывод был сделан благодаря оценкам корреляции не между доходностями самих биржевых товаров, а между доходностями товарных фьючерсов и акций. Для золота была зафиксирована отрицательная корреляция с фондовыми активами, тогда как для всех других биржевых товаров из выборки — положительная. Схожие выводы были сделаны и в других работах — в них утверждается, что золото является хорошим средством защиты от колебаний доходности акций. Согласно (Mensi et al., 2022) во время COVID-19 инвесторам было предпочтительнее использовать золото, чем нефть, для диверсификации портфеля из европейских акций. Мы же золото рассматриваем как основной приемник или передатчик заражения, поскольку оно вместе с медью находится на втором месте нашего рейтинга (см. рис. 2). Поэтому по критерию восприимчивости к финансовому заражению мы не можем рекомендовать инвесторам использовать его как средство хеджирования или как актив-убежище. Мы не можем также рекомендовать и серебро, хотя этот актив в период пандемии часто рассматривался как актив-убежище (Umar et al., 2023; Tan et al., 2022). В нашем случае диверсификаторами портфеля могут выступить фьючерсы на свинину или овес, поскольку в период COVID-19 они оказались менее заразными активами по сравнению с другими активами.

В завершение отметим, что используемая в нашем исследовании методология не позволяет четко определить основной источник заражения. Могут наблюдаться случаи двустороннего заражения при перетекании волатильности от товара 1 к товару 2 и наоборот. Эффекты перетекания волатильности могут не проявляться, а заражение подтверждаться оценочными тестами. В данном случае мы можем говорить о косвенном заражении товара 1 и товара 2 другим товаром, что способствует росту корреляции между ними. Такой подход следует учитывать, например, при выявлении заражения на рынке сельскохозяйственных товаров, поскольку отдельные товары на нем не являются источниками заражения, хотя выявляется усиление средней динамической корреляции с другими товарами. С учетом этого можно свести к минимуму ошибки, связанные с принятием простых скачков во взаимозависимостях за эффекты заражения.

Заключение

В статье методология обнаружения финансового заражения была реализована на примере сырьевых рынков. Данная концепция активно используется в исследованиях взаимного влияния доходностей традиционных активов (акций и облигаций) в страновом и секторальном аспек-

тах. Однако в отношении сырьевых товаров эта концепция не получила широкого распространения. При этом не вызывает сомнений тот факт, что инвестиции в сырьевые фьючерсы могут быть рискованны. Сегодня сырьевые рынки интегрированы в мировую финансовую систему. Финансовые и иные шоки с большой скоростью передаются на сырьевые рынки, приводя к росту их волатильности и заражению. В свою очередь, сами сырьевые рынки могут выступать не только реципиентом, но и источником этого заражения, тем самым участвуя в «цепной реакции» распространения кризисов и нестабильности.

В эмпирической части статьи была решена задача получения оценок по финансовому заражению, распространявшемуся на сырьевых рынках в период первых двух волн пандемии COVID-19. Пандемический шок имеет неэкономическую природу, однако он привел к финансовому заражению на самых разных рынках, чему имеются многочисленные подтверждения в современной литературе. Мы эти подтверждения получили в отношении четырех сырьевых рынков (энергоносителей, обычных и драгоценных металлов, сельскохозяйственных товаров). Выборка включала данные о фьючерсах на 24 сырьевых товара и более 4000 наблюдений. Использовалась методология DCC-GARCH, позволившая выделить динамические условные корреляции между доходностями сырьевых товаров и на этой основе провести тесты на заражение. Для каждой парной связки вида «товар 1 — товар 2» была построена одномерная модель GARCH, рассчитаны средние значения DCC, получена тестовая статистика Стьюдента и Уилкоксона.

Результаты были проинтерпретированы в двух аспектах. Во-первых, рассмотрен внутрирыночный аспект, т.е. для каждого сырьевого рынка в отдельности оценивались попарные условные корреляции на наличие или отсутствие заражения. Здесь самыми восприимчивыми к заражению оказались рынки обычных и драгоценных металлов, поскольку 90% тестов дали положительный результат. Самым устойчивым оказался рынок энергоносителей, промежуточное положение занял рынок продукции сельского хозяйства. В работе объяснены возможные причины такого эффекта. Во-вторых, рассмотрен совокупный аспект, т.е. к оценкам внутрирыночных эффектов были добавлены оценки по межрыночному заражению. Это позволило осуществить ранжирование всех товарных фьючерсов по степени заражаемости в период COVID-19 и скорректировать ранее полученные результаты. Так, если рынок драгоценных металлов вновь подтвердил высокий уровень восприимчивости к заражению, то самыми устойчивыми активами оказались сельскохозяйственные, а не энергетические фьючерсы. Данное обстоятельство позволило сформулировать вывод для инвесторов — в период пандемии золото не является эффективным средством диверсификации инвестиционного портфеля. По критерию восприимчивости к заражению (пандемической стрессоу-

стойчивости) лучшим вариантом для вложений были фьючерсы на свинину или овес.

Список литературы

Асатуров, К. Г., & Теплова, Т. В. (2014). Эффекты перетекания волатильности и заражения на фондовых рынках: определение глобальных и локальных лидеров (часть 2). *Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика*, 6, 3–34.

Овчаров, А. О., & Терехов, А. М. (2023). Финансовое заражение на рынке сельскохозяйственных товаров в период зернового кризиса 2022 года. *Экономика сельского хозяйства России*, 4, 92–99. <https://doi.org/10.32651/231-92>

Amrani, M., & Zeghdoudi, H. (2021). Benefit of GARCH multivariate models: Application to the energy market. *Asian Journal of Probability and Statistics*, 13(4), 1–11. <https://doi.org/10.9734/ajpas/2021/v13i430312>

Bagliano, F. C., & Morana, C. (2012). The Great Recession: US dynamics and spillovers to the world economy. *Journal of Banking & Finance*, 36(1), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2011.06.002>

Baruník, J., Kočenda, E., & Vácha, L. (2016). Gold, oil, and stocks: Dynamic correlations. *International Review of Economics & Finance*, 42, 186–201. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2015.08.006>

Beckmann, J., Berger, T., Czudaj, R., & Hoang, T. H. V. (2019). Tail dependence between gold and sectorial stocks in China: Perspectives for portfolio diversification. *Empirical Economics*, 56(3), 1117–1144. <https://doi.org/10.1007/s00181-017-1381-8>

Ben-Salha, O., & Mokni, K. (2022). Detrended cross-correlation analysis in quantiles between oil price and the US stock market. *Energy*, 242, 122918. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122918>

Bossmann, A., Adam, A. M., Junior, P. O., & Agyei, S. K. (2022). Assessing interdependence and contagion effects on the bond yield and stock returns nexus in Sub-Saharan Africa: Evidence from wavelet analysis. *Scientific African*, 16, Article e01232. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2022.e01232>

Carrillo, J. A., Elizondo, R., & Hernández-Román, L. G. (2020). Inquiry on the transmission of U. S. aggregate shocks to Mexico: A SVAR approach. *Journal of International Money and Finance*, 104, 102148. <https://doi.org/10.1016/j.jimonfin.2020.102148>

Chalid, D. A., & Handika, R. (2022). Comovement and contagion in commodity markets. *Cogent Economics & Finance*, 10(1), 2064079. <https://doi.org/10.1080/23322039.2022.2064079>

Costa, A., Silva, C., & Matos, P. (2022). The Brazilian financial market reaction to COVID-19: A wavelet analysis. *International Review of Economics & Finance*, 82, 13–29. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2022.05.010>

Ding, Zh., Liu, Zh., Zhang, Y., & Long, R. (2017). The contagion effect of international crude oil price fluctuations on Chinese stock market investor sentiment. *Applied Energy*, 187, 27–36. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.11.037>

Engle, R. (2002). Dynamic Conditional Correlation: A simple class of multivariate generalized autoregressive conditional heteroskedasticity models. *Journal of Business & Economic Statistics*, 20(3), 339–350. <https://doi.org/10.1198/073500102288618487>

Esparcia, C., Jareño, F., & Umar, Z. (2022). Revisiting the safe haven role of Gold across time and frequencies during the COVID-19 pandemic. *The North American Journal of Economics and Finance*, 61, 101677. <https://doi.org/10.1016/j.najef.2022.101677>

- European Central Bank (2005). *Financial market contagion*. Financial Stability Review.
- European Central Bank. (2009). *The concept of systemic risk*. Financial Stability Review.
- Forbes, K., & Rigobon, R. (2002). No contagion, only interdependence: Measuring stock market comovements. *Journal of Finance*, 57(5), 2223–2261. <https://doi.org/10.1111/0022-1082.00494>
- Fry-McKibbin, R., Hsiao, C. Y. -L., & Tang, C. (2014). Contagion and Global Financial Crises: Lessons from Nine Crisis Episodes. *Open Economies Review*, 25, 521–570. <https://doi.org/10.1007/s11079-013-9289-1>
- Gong, X., Jin, Y., & Sun, C. (2022). Time-varying pure contagion effect between energy and nonenergy commodity markets. *Journal of Futures Markets*, 42, 1960–1986. <https://doi.org/10.1002/fut.22366>
- Hamao, Y., Masulis, R. W., & Ng, V. (1990). Correlations in price changes and volatility across international stock markets. *The Review of Financial Studies*, 3(2), 281–307.
- He, Zh., & Zhang, Sh. (2024). Risk contagion and diversification among sovereign CDS, stock, foreign exchange and commodity markets: Fresh evidence from G7 and BRICS countries. *Finance Research Letters*, 62(PB), 105267. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2024.105267>
- Kumar, S., Jain, R., Balli, F., & Billah M. (2023). Interconnectivity and investment strategies among commodity prices, cryptocurrencies, and G-20 capital markets: A comparative analysis during COVID-19 and Russian-Ukraine war. *International Review of Economics & Finance*, 88, 547–593. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2023.06.039>
- Lahiani, A., Mefteh-Wali, S., & Vasbieva, D.G. (2021). The safe-haven property of precious metal commodities in the COVID-19 era. *Resources Policy*, 74, 102340. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102340>
- Li, Y., Zhuang, X., & Wang, J. (2021). Analysis of the cross-region risk contagion effect in stock market based on volatility spillover networks: Evidence from China. *The North American Journal of Economics and Finance*, 56, 101359. <https://doi.org/10.1016/j.najef.2020.101359>
- Mensi, W., Yousaf, I., Vo, X. V., & Kang, S. H. (2022). Asymmetric spillover and network connectedness between gold, BRENT oil and EU subsector markets. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 76, 101487. <https://doi.org/10.1016/j.intfin.2021.101487>
- Nguyen, D. K., Sensoy, A., Sousa, R. M., & Uddin, G. S. (2020). Usequity and commodity futures markets: Hedging or financialization? *Energy Economics*, 86, 104660. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2019.104660>
- Qiao, T., & Han, L. (2023). COVID-19 and tail risk contagion across commodity futures markets. *The Journal of Futures Markets*, 43, 242–272. <https://doi.org/10.1002/fut.22388>
- Roy, R. P., & Roy, S. S. (2017). Financial contagion and volatility spillover: An exploration into Indian commodity derivative market. *Economic Modelling*, 67, 368–380. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2017.02.019>
- Salisu, A. A., Ebuh, G. U., & Usman, N. (2020). Revisiting oil-stock nexus during COVID-19 pandemic: Some preliminary results. *International Review of Economics & Finance*, 69, 280–294. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2020.06.023>
- Tan, X., Wang, X., Ma, S., Wang, Z., Zhao, Y., & Xiang, L. (2022). COVID-19 shock and the time-varying volatility spillovers among the energy and precious metals markets: Evidence from a DCC-GARCH-CONNECTEDNESS approach. *Frontiers in Public Health*, 10, 906969. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.906969>
- Umar, Z., Bossman, A., Choi, S., & Teplova, T. (2023). The relationship between global risk aversion and returns from safe-haven assets. *Finance Research Letters*, 51, 103444. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2022.103444>

Umar, Z., Zaremba, A., & Olson, D. (2022). Seven centuries of commodity co-movement: A wavelet analysis approach. *Applied Economics Letters*, 29(4), 355–359. <https://doi.org/10.1080/13504851.2020.1869151>

Vo, X. V., & Tran, T. T. A. (2020). Modelling volatility spillovers from the US equity market to ASEAN stock markets. *Pacific-Basin Finance Journal*, 59, 101246. <https://doi.org/10.1016/j.pacfin.2019.101246>

Wang, X., Xu, X., Rong, X., & Xuan, S. (2024). Identification of the contagion effect in China's financial market uncertainties: A multiscale and dynamic perspective. *International Review of Economics & Finance*. In Press. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2024.03.074>

Wu, Y., Ren, W., Wan, J., & Liu X. (2023). Time-frequency volatility connectedness between fossil energy and agricultural commodities: Comparing the COVID-19 pandemic with the Russia-Ukraine conflict. *Finance Research Letters*, 55(A), 103866. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.103866>

Yang, J., & Bessler, D. A. (2008). Contagion around the October 1987 stock market crash. *European Journal of Operational Research*, 184, 291–310. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.04.046>

Zainudin, A. D., & Mohamad, A. (2021). Financial contagion in the futures markets amidst global geo-economic events. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 81, 288–308. <https://doi.org/10.1016/j.qref.2021.06.021>

References

Asaturov, K. G., Teplova, T. V. (2014). Effects of Volatility Spillover and Contagion in Stock Markets: Identifying Global and Local Leaders (Part 2). *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seria 6, Ekonomika*, 6, 3–34.

Ovcharov, A. O., Terekhov, A. M. (2023). Financial contagion in the agricultural market during the grain crisis of 2022. *Ekonomika sel'skogo hozjajstva Rossii*, 4, 92–99. <https://doi.org/10.32651/231-92>