

DOI: 10.26794/2587-5671-2024-28-3-194-205

УДК 336.76(045)

JEL G01, O11, C46

Заражение на рынках сырьевых товаров в период финансового стресса

М.Ю. Малкина

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

АННОТАЦИЯ

Актуальность исследования обусловлена тем, что в условиях финансовализации экономики шоки, возникающие на одном рынке, могут достаточно быстро и интенсивно распространяться на другие рынки, порождая эффекты финансового заражения. Это в полной мере относится к рынкам сырья, занимающим большую долю биржевой торговли. Возникающие при этом избыточные риски волатильности необходимо учитывать как игрокам финансового рынка при разработке оптимальных портфельных стратегий, так и государству при корректировке антикризисной политики. **Цель** исследования — идентификация финансового заражения на рынках сырьевых товаров в период финансового стресса, вызванного пандемией и санкциями, определение направленности и масштабов межрыночного заражения. **Новизна** исследования заключается в конструировании индексов стресса для выделения периодов повышенной волатильности сырьевых рынков, в применении статистических тестов на моменты совместного распределения доходности для идентификации передачи финансового заражения между рынками энергии (нефти и газа), благородных и цветных металлов в период пандемии и санкций. **Результатом** исследования является идентификация на основе переломных моментов в индексе стресса, периода повышенной волатильности товарных рынков и разграничение его на два подпериода, установление направленности и масштабов финансового заражения между рынками сырьевых товаров в эти периоды. Сделан **вывод**, что стресс на рынках сырьевых товаров сопровождается интенсивным финансовым заражением. Причем заражение волатильностью оказывается выше, чем заражение доходностью, и даже выше, чем заражение по линии аномалий распределения доходности. Основными источниками и получателями заражения в разные периоды оказываются рынки благородных и некоторых цветных металлов, а в период с февраля 2018 по декабрь 2020 г. также рынок нефти. В то же время рынок газа продемонстрировал относительную независимость от остальных товарных рынков, что позволяет рекомендовать фьючерсы на газ в качестве инструмента хеджирования инвестиционных портфелей в период повышенного финансового стресса.

Ключевые слова: рынки сырьевых товаров; индекс стресса; финансовое заражение; тесты; корреляция; коасимметрия; кокуртозис; коволатильность

Для цитирования: Малкина М.Ю. Заражение на рынках сырьевых товаров в период финансового стресса. *Финансы: теория и практика*. 2023;28(3):194-205. DOI: 10.26794/2587-5671-2023-28-3-194-205

ORIGINAL PAPER

Contagion in Commodity Markets under Financial Stress

M. Yu. Malkina

Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod, Nizhny Novgorod, Russia

ABSTRACT

The **relevance** of the study is due to the fact that in the conditions of the financialization of the economy, shocks arising in one market can spread rapidly and intensively to other markets, generating the effects of financial contagion. This fully applies to the commodity markets, which occupy a large share of exchange trading. The resulting excess volatility risks should be taken into account both by financial market players when developing optimal portfolio strategies, and by the state when adjusting anti-crisis policy. The **purpose** of the study is to identify financial contagion in commodity markets during periods of financial stress caused by the pandemic and sanctions, to determine the direction and extent of intermarket contagion. The **novelty** of the study lies in the construction of stress indices to separate periods of increased volatility in commodity markets, in the application of statistical tests for the co-moments of the return distribution to identify the financial contagion between the markets of energy (oil and gas), precious and non-ferrous metals during the pandemic and sanctions. The **result** of the study is the identification of a period of increased volatility in commodity markets and its division into

two sub-periods based on turning points in the stress index, establishing the direction and extent of financial contagion between commodity markets during these periods. It is **concluded** that stress in commodity markets is accompanied by intense financial contagion. Moreover, volatility contagion turns out to be higher than return contagion and even higher than contagion caused by anomalies in the return distribution. The main sources and receivers of contagion in different periods are the markets of precious and some non-ferrous metals, and in the period from February 2018 to December 2020, also the oil market. At the same time, the gas market before SMO has demonstrated relative independence from other commodity markets, which made it possible to recommend gas futures as a tool for hedging investment portfolios during a period of increased financial stress.

Keywords: commodity markets; stress index; financial contagion; tests; correlation; coskewness; cokurtosis; covolatility

For citation: Malkina M. Yu. Contagion in commodity markets under financial stress. *Finance: Theory and Practice*. 2024;28(3):194-205. (In Russ.). DOI: 10.26794/2587-5671-2024-28-3-194-205

ВВЕДЕНИЕ

Сырьевые товары прямо или косвенно участвуют в производстве большинства других товаров и услуг. Однако их цены формируются не только под влиянием спроса и предложения со стороны реального сектора экономики, но и являются результатом поведения игроков на биржевом рынке. Фьючерсы на сырьевые товары активно участвуют в формировании инвестиционных портфелей, а их доходности зависят от ожиданий, настроений и рыночных стратегий биржевых игроков.

Финансовая глобализация и интеграция финансовых рынков сопровождается финансовизацией большинства биржевых товарных рынков. В таких условиях сырьевые товары все больше приобретают свойства финансовых активов, что сопровождается ростом волатильности их цен и доходности [1, 2]. Усилению взаимодействия и взаимозависимости разных сегментов финансового и товарного рынков с начала 1980-х гг. способствовали такие факторы, как финансовое дерегулирование, развитие новых информационных технологий и финансовых инноваций [3].

В настоящее время на сырье приходится большая часть торгов биржевыми товарами. В товарном индексе Bloomberg 2023 г. целевая доля энергетических ресурсов (нефти, газа и продуктов их переработки) составляет 29,95% (при максимальном значении натурального газа — 7,94%), зерновых — 22,64%, промышленных металлов — 15,94%, драгоценных металлов — 19,44%, «мягких товаров» (типа кофе, сахар, хлопок) — 6,97%, продукции животноводства — 5,06%¹. Согласно данным Банка России, в 2022 г. в России на нефтепродукты

приходилось 92% всех организованных торгов, на долю сельхозпродукции — 5%².

Цены сырьевых товаров проявляют существенную чувствительность к разного рода шокам, стрессовым ситуациям в экономике. Эти товары и сами нередко выступают источником потрясений в разных секторах экономики. В частности, они могут вызвать рост издержек в связанных отраслях, изменение спроса на продукцию и альтернативные источники энергии и ресурсов, а также изменения в экономической политике государства (например, повышение процентных ставок в условиях роста инфляционных ожиданий), что также играет роль шока в экономике [4, 5]. Так, существуют эмпирические подтверждения, что волатильность цен на нефть способствует нарастанию финансового стресса в экономике [6]. Создавая общую неопределенность, она влияет на принятие экономических решений и стратегические инвестиции фирм [7, 8].

В условиях взаимосвязанности финансовых рынков (по торговым, инвестиционным, информационным, макроэкономическим, политическим и прочим каналам) потрясения одних рынков могут порождать вторичные эффекты (spill-over effects) на других рынках, вызывая чрезмерную реакцию и повышая общую хрупкость финансовой системы. **Финансовое заражение** характеризуется как значительное усиление совместного движения доходности отдельных рынков [9], в отличие от обычной взаимосвязанности рынков в спокойные времена. Изменение взаимосвязей рынков и усиление их взаимозависимости в условиях финансового заражения требует пересмотра подходов к диверсификации инвестиционных портфелей [10, 11], а также экономической по-

¹ Bloomberg Commodity Index 2023 Target Weights Announced. Bloomberg, October 27, 2022. URL: <https://www.bloomberg.com/company/press/bloomberg-commodity-index-2023-target-weights-announced/> (дата обращения: 09.06.2023).

² Обзор биржевого и внебиржевого товарного рынка. Информационно-аналитический материал. Банк России. 2023. 26 с. С. 8. URL: https://www.tadviser.ru/images/2/21/Reveiw_br_26052023.pdf (дата обращения: 09.06.2023).

литики в части управления рисками, в том числе идущими от глобальных рынков [12–14].

В настоящее время написано немало научных трудов, посвященных финансовому заражению на рынках сырьевых товаров. В них исследуется взаимосвязь рынков энергии, металлов, сельскохозяйственного сырья как в глобальном масштабе [2, 5, 15, 16], так и между странами [17] и в рамках отдельной страны [18]. Немало исследований посвящено также взаимосвязи рынка нефти с фондовыми рынками [19, 20]. Гораздо меньше исследований, раскрывающих финансовое заражение в период пандемии [21, 22] и санкций [11]. При этом в большинстве исследований рассматриваются краткосрочные периоды повышенной волатильности рынков, когда, собственно, и диагностируется заражение. Хотя есть и такие исследования, в которых делается вывод о распространении заражения на более отдаленный период времени, в частности, после прохождения острой фазы пандемии [23]. Важной проблемой всех этих исследований является четкое выделение периода заражения.

Настоящая статья посвящена исследованию взаимосвязи сырьевых рынков (нефти и газа, благородных и цветных металлов) в период воздействия санкционных и пандемических шоков 2014–2022 гг. (до объявления Россией специальной военной операции на Украине). При этом мы впервые рассматриваем заражение в достаточно продолжительном временном интервале, выделяя его на основе построения индекса стресса сырьевого рынка. Целью статьи является диагностика финансового заражения на сырьевых рынках в период финансового стресса, выявление направленности и интенсивности заражения, выработка рекомендаций относительно управления рисками в условиях финансового заражения. Для этого применяется ряд статистических тестов на моменты совместного распределения доходности фьючерсов исследуемых сырьевых товаров.

ДАННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ВЫДЕЛЕНИЕ ПЕРИОДОВ СТРЕССА

В нашем анализе используются дневные данные за 04.01.2010–23.02.2022 о ценах фьючерсов 11 биржевых товаров, торгующихся на международных биржах³:

³ Источник информации: Investing.com. URL: <https://ru.investing.com/?text=> (дата обращения: 09.06.2023).

1. Нефть марки BRENT (долл. за баррель, Intercontinental Exchange = ICE⁴) — OIL⁵.

2. Природный газ (долл. за млн БТЕ⁶, NYMEX⁷) — GAS.

3. Золото (долл. за тройскую унцию, ICE) — GOLD.

4. Серебро (долл. за тройскую унцию, ICE) — SILV.

5. Платина (долл. за унцию, NYMEX) — PLT.

6. Палладий (долл. за унцию, NYMEX) — PAL.

7. Медь (долл. за фунт, COMEX⁸) — COP.

8. Цинк (долл. за тонну, LME⁹) — ZINC.

9. Никель (долл. за тонну, LME) — NICK.

10. Олово (долл. за тонну, LME) — TIN.

11. Свинец (долл. за тонну, LME) — LEAD.

Для отделения кризисных периодов (повышенной волатильности рынка) от периодов относительно спокойного рынка мы использовали построение индексов стресса по методике, ранее предложенной и апробированной в работах [24, 25].

Сведение всех котировок биржевых товаров в единый индекс, при исключении эффекта масштаба и мультиколлинеарности, осуществлялось с помощью метода главных компонент. В этом методе первая главная компонента (PC_1) представляет собой взвешенную сумму нормированных по методу Z-счета котировок частных показателей рынка (P_{it} , $i = 1, n$ — номер частного показателя, $t = 1, T$ — момент времени):

$$PC_1 = \sum_{i=1}^n a_i \cdot (P_{it} - \mu_i) / \sigma_i. \quad (1)$$

где μ_i — межвременное среднее значение цены i -го актива; σ_i — межвременное стандартное отклонение цены i -го актива; a_i — вес i -го актива или нагрузка, определяемая эмпирическим путем на основе максимизации дисперсии первой главной компоненты.

Индекс стресса (SI_t) рассчитывался в динамике как разница между скользящим стандартным

⁴ Intercontinental Exchange (ICE) — сеть бирж и клиринговых палат для рынков фьючерсов США, Канады и Европы.

⁵ Здесь и далее мы используем собственные более понятные обозначения товаров.

⁶ БТЕ (BTU — British thermal unit) — британская тепловая единица, используемая для измерения энергии в англоязычных странах.

⁷ NYMEX (New York Mercantile Exchange) — Нью-Йоркская товарная (фьючерсная) биржа.

⁸ COMEX (Commodity Exchange) — отделение Нью-Йоркской товарной биржи NYMEX.

⁹ LME (London Metal Exchange) — Лондонская биржа металлов.

Таблица 1 / Table 1

Моменты совместного распределения доходности двух активов / Comoments of the Return Distribution of Two Assets

Тест / Test	Описание / Description	Источник расчета показателя и тестовой статистики / Source of indicator calculations and test statistics
Корреляция (CR)	Связь между доходностями двух активов	[26]
Коасимметрия (CS_{12}, CS_{21})	Связь между доходностью одного актива и квадратом доходности другого актива	[27]
Кокуртозис (CK_{13}, CK_{31})	Связь между доходностью одного актива и кубом доходности другого актива	[28]
Коволатильность (CV)	Связь между квадратами доходности двух активов	[23]

Источник / Source: составлено автором / Compiled by the author.

отклонением первой главной компоненты и ее скользящей средней:

$$SI_t = \sigma_{PC_t} - \mu_{PC_t}. \quad (2)$$

Для расчета скользящего среднего значения (μ_{PC_t}) и скользящего стандартного отклонения (σ_{PC_t}) использовались данные за 10 смежных дат торгов со сдвигом на одну дату. Полученные значения принимались на середину расчетного интервала.

ТЕСТЫ НА МЕЖРЫНОЧНОЕ ЗАРАЖЕНИЕ

В первую очередь определялись дневные (t) логарифмические доходности каждого актива (i):

$$r_{it} = \ln(P_{it}) - \ln(P_{it-1}). \quad (3)$$

На их основе рассчитывались совместные моменты распределения двух активов: i (тестируемый передатчик заражения) и j (тестируемый приемник заражения) в докризисном x и кризисном y периодах. Поскольку во время кризиса наблюдается увеличение дисперсии актива — передатчика заражения, коэффициент корреляции в этом периоде корректируется с учетом гетероскедастичности [9]:

$$v_{y/x} = \frac{\rho_y}{\sqrt{1 + \left(\frac{\sigma_{y,i}^2}{\sigma_{x,i}^2} - 1 \right) \cdot (1 - \rho_y^2)}}, \quad (4)$$

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 период x и кризисный период y соответственно. Рост условной корреляции двух активов в кризисный период по сравнению с докризисным ($v_{y/x} > \rho_x$) позволяет судить о возможном заражении актива j активом i .

Более полноценную картину о заражении дает использование метода совместных моментов распределения (табл. 1). Он включает шесть тестов: один тест на корреляцию, по два теста на коасимметрию и кокуртозис и один тест на коволатильность. Во всех случаях рассчитывалась тестовая статистика. Если она оказывалась выше критического значения при выбранном уровне значимости ($\alpha = 0,05$), делался вывод о возможном заражении.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Рисунок 1 демонстрирует динамику скользящего коэффициента вариации доходности 11 исследуемых биржевых товаров. На нем видны всплески волатильности доходности биржевых товаров в разные периоды времени, наиболее заметные во время пандемии 2020 г. Между тем на основе данного подхода четко выделить периоды повышенной волатильности рынка представляется затруднительным.

Для решения этой проблемы мы использовали метод главных компонент. Определенные с помощью пакета Gretl параметры первой главной

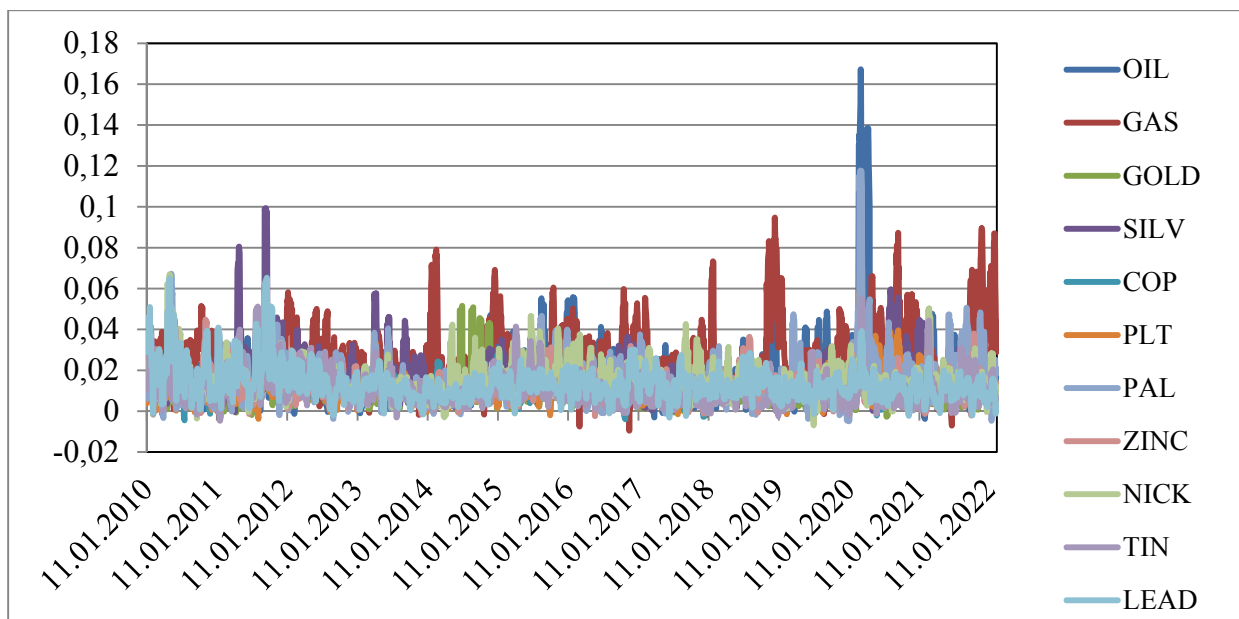


Рис. 1 / Fig. 1. Скользящие коэффициенты вариации доходности 11 исследуемых товаров / Moving Coefficients of Variation of Returns of 11 Studied Commodities

Источник / Source: построено автором / Completed by the author.

Таблица 2 / Table 2

Параметры первой главной компоненты (PC 1) для котировок биржевых товаров / Parameters of the First Principal Component (PC 1) of Commodity Quotes

Товары / Commodities	Собственный вектор (нагрузка) / Eigenvector (component loading)	Среднее значение / Mean value	Среднее квадратическое отклонение / Standard deviation	Коэффициент вариации / Coefficient of variation
OIL	0,339	76,37	25,76	0,337
GAS	0,283	3,26	0,89	0,272
GOLD	0,214	1433,64	238,51	0,166
SILV	0,353	21,48	6,65	0,310
PLT	0,322	1206,10	318,95	0,264
PAL	0,027	1073,76	628,57	0,585
COP	0,409	3,18	0,63	0,197
ZINC	0,091	2349,28	464,95	0,198
NICK	0,380	15 564,57	4469,68	0,287
TIN	0,344	21 287,98	5284,70	0,248
LEAD	0,302	2098,47	248,41	0,118
Собственный вектор для матрицы корреляций / Eigenvalue for the correlation matrix			5,3024	
Доля объясненной вариации / Percentage of Variation Explained			0,4820	

Источник / Source: рассчитано автором / Calculated by the author.

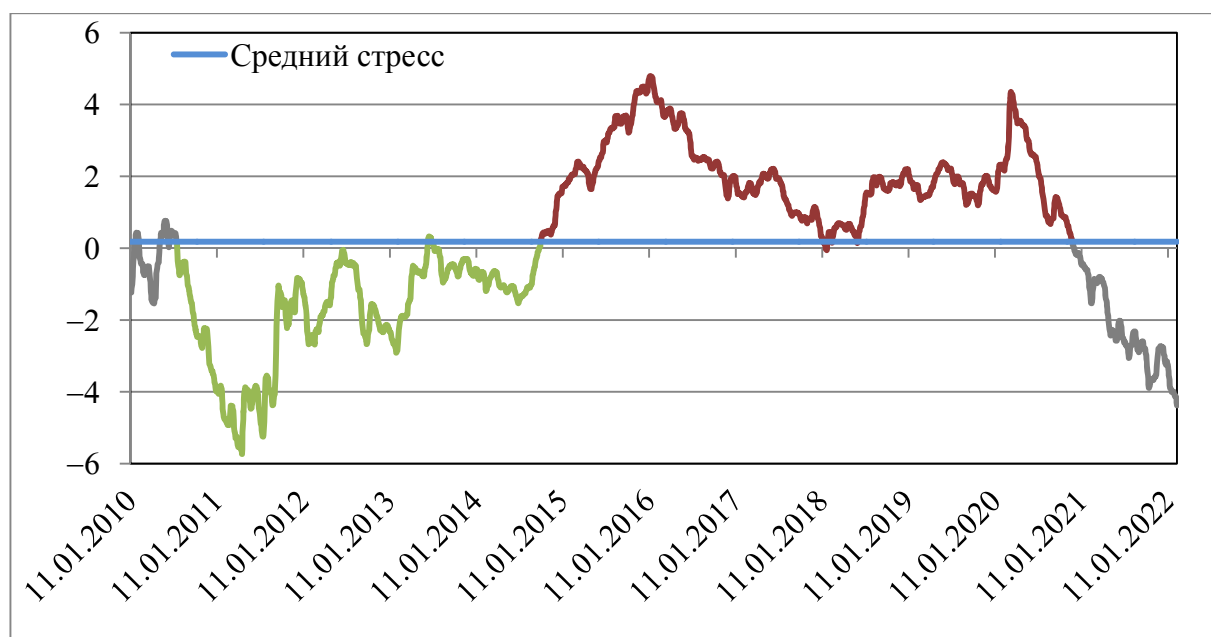


Рис. 2 / Fig. 2. Индекс стресса товарных рынков на основе первой главной компоненты / Commodity Market Stress Index on the First Principal Component

Источник / Source: разработано автором / Designed by the author.

компоненты для котировок 11 биржевых товаров за период с начала 2010 по 23.02.2022 г. представлены в табл. 2.

На их основе с использованием формулы (1) рассчитаны значения временного ряда первой главной компоненты. Далее по формуле (2) определен индекс стресса рынка биржевых товаров, он отражен в динамике на рис. 2. Его сопоставление со средним уровнем стресса в рассматриваемом интервале позволяет выделить два периода исследования:

1. Период относительно спокойного рынка (предкризисный период): 26.07.2010–09.10.2014 (на рис. 2 представлено зеленой линией).

2. Период повышенной волатильности (кризисный период): 10.10.2014–01.12.2020 (на рис. 2 представлено красной линией). Заметим, что этот период охватывает как несколько волн введения санкций против российской экономики, так и период первой и второй волны пандемии 2020 г.

Поскольку в стрессовом периоде мы видим две волны роста и снижения стресса, выделим в нем два кризисных подпериода:

- 1) 10.10.2014–30.01.2018;
- 2) 31.01.2018–01.12.2020.

Таблица 3 содержит данные о средней доходности и ее стандартном отклонении в четырех рассматриваемых периодах. В стрессовом периоде среднедневная текущая доходность товаров незначительно повысилась (+0,001%), что может быть

связано с влиянием инфляционной составляющей, однако стандартное отклонение доходности выросло в гораздо большей степени (+0,071%). При этом в первом стрессовом подпериоде и доходность, и ее разброс в среднем заметно снизились по сравнению с дострессовым периодом (–0,001 и –0,025% соответственно). А во втором стрессовом подпериоде доходность и ее стандартное отклонение, напротив, выросли (+0,004 и +0,160% соответственно).

Результаты табл. 3 подтверждают, что кризисные периоды в основном сопровождаются падением цен на нефть и ростом волатильности текущей доходности нефтяного фьючерса. Для других биржевых товаров снижения доходности не наблюдается, однако увеличивается волатильность доходности фьючерсов таких биржевых товаров, как природный газ, платина, палладий, никель.

В табл. 4 представлена корреляционная матрица доходностей биржевых товаров в дострессовом и стрессовом периодах. Влияние оценивается по линии $i \rightarrow j$. Корреляции в дострессовом периоде x представлены в верхнем левом углу каждой ячейки, а скорректированные корреляции в стрессовом периоде y — в нижнем правом углу ячейки. Серым цветом покрашены ячейки, для которых условные корреляции в кризисном периоде выше, чем в докризисном периоде, и есть подозрение на заражение по линии $i \rightarrow j$.

Таблица 3 / Table 3

Описательные статистики текущей доходности биржевых товаров в дострессовом и стрессовом периодах / Descriptive Statistics of Commodity Returns in the Pre-Stress and Stress Periods

Товары / Commodities	Дострессовый период / Pre-stress period		Стрессовый период / Stress period					
			общий / joint		первый подпериод / 1st sub-period		второй подпериод / 2nd sub-period	
	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ
OIL	0,02	1,40	-0,04	2,72	-0,03	2,38	-0,05	3,07
GAS	-0,02	2,62	-0,02	3,07	-0,02	2,84	-0,02	3,31
GOLD	0,01	1,36	0,02	1,05	0,00	1,11	0,04	0,97
SILV	0,00	2,18	0,02	1,73	0,00	1,54	0,04	1,93
PLT	-0,02	1,14	-0,02	1,52	-0,03	1,17	0,00	1,84
PAL	0,05	1,71	0,07	2,01	0,03	1,69	0,11	2,32
COP	0,00	1,41	0,01	1,22	0,01	1,22	0,01	1,22
ZINC	0,02	1,55	0,01	1,47	0,05	1,52	-0,03	1,40
NICK	-0,02	1,70	0,00	1,77	-0,02	1,91	0,03	1,60
TIN	0,01	1,58	-0,01	1,18	0,01	1,24	-0,02	1,12
LEAD	0,01	1,71	0,00	1,40	0,03	1,45	-0,03	1,34

Источник / Source: рассчитано автором / Calculated by the author.

Анализ данных табл. 4 позволяет сделать ряд выводов. Во-первых, в обоих периодах наблюдаются значительные корреляции доходностей драгоценных металлов (золота, серебра, платины и палладия). В дострессовом периоде их доходности также заметно коррелируют с доходностью меди. Во-вторых, отмечается сильное взаимодействие друг с другом доходностей цветных металлов (меди, цинка, никеля, олова и свинца). В-третьих, доходность нефти в дострессовом периоде слабо коррелирует с доходностью серебра, платины, палладия, меди, олова и свинца. Наконец, практически отсутствуют корреляции доходности рынка природного газа с рынками других биржевых товаров.

Сравнение корреляций в дострессовом периоде со скорректированными корреляциями в стрессовом периоде свидетельствует о том, что во время стресса рынок природного газа, возможно, начинает передавать и принимать заражение от рынков других биржевых товаров. Исключение составляют рынки платины и палладия, которые практически не взаимодействуют с рынком газа. Однако корреляции сырьевых рынков с рынком газа сами по себе очень слабые, и их значимость будет выяснена при проведении теста Форбс-Ри-

гобона на заражение по линии первого момента распределения. Также следует отметить возможную передачу заражения между рынками золота и серебра и их совместное влияние на рынок платины. На уровне расчета корреляций другие эффекты заражения не диагностируются.

Далее представим результаты тестов на заражение для разных моментов распределения доходности, выполненные на основе источников, указанных в табл. 1. Они свидетельствуют о том, что с повышением момента распределения количество подтвержденных заражений увеличивается. Так, для всего стрессового периода на уровне первого момента распределения (корреляции) заражение наблюдается в 4,1% исследуемых пар, на уровне коасимметрии — 55,8% пар, кокуртозиса — 71,9% пар, коволатильности — 72,7% пар.

В табл. 5 сведены результаты тестов на заражение как в большом стрессовом периоде, так и в двух его подпериодах. В целом они свидетельствуют о том, что заражение подтверждается для 57,3% тестов. В первом подпериоде таких подтверждений больше (61,0%), чем во втором подпериоде (55,9%). В наибольшей степени подтвержденными заражению оказались рынки серебра (66,2%), золота (63,1%), палладия (63,1%), свинца

Таблица 4 / Table 4

**Условные корреляции доходностей биржевых товаров в дострессовом (P_x)
и стрессовом ($v_{y/x}$) периодах / Conditional Correlations of Commodities Returns
in the Pre-Stress (P_x) and Stress ($v_{y/x}$) Periods**

OIL	0,071 0,058	0,203 0,026	0,359 0,090	0,363 0,112	0,391 0,122	0,423 0,142	0,274 0,107	0,295 0,114	0,335 0,082	0,339 0,054
0,071 0,096	GAS	-0,001 0,014	0,046 0,038	0,052 0,039	0,069 0,038	0,031 0,047	0,002 0,056	0,024 0,070	0,030 0,065	0,022 0,059
0,203 0,065	-0,001 0,022	GOLD	0,672 0,757	0,572 0,576	0,405 0,355	0,357 0,108	0,264 0,094	0,224 0,108	0,223 0,083	0,260 0,043
0,359 0,217	0,046 0,056	0,672 0,748	SILV	0,653 0,710	0,550 0,502	0,528 0,342	0,387 0,261	0,349 0,283	0,340 0,253	0,392 0,192
0,363 0,163	0,052 0,035	0,572 0,378	0,653 0,516	PLT	0,717 0,409	0,511 0,208	0,398 0,178	0,357 0,209	0,379 0,131	0,377 0,117
0,391 0,200	0,069 0,038	0,405 0,242	0,550 0,365	0,717 0,453	PAL	0,562 0,247	0,418 0,225	0,390 0,223	0,398 0,199	0,431 0,175
0,423 0,305	0,031 0,063	0,357 0,096	0,528 0,315	0,511 0,309	0,562 0,325	COP	0,668 0,601	0,597 0,565	0,583 0,371	0,672 0,513
0,274 0,216	0,002 0,069	0,264 0,076	0,387 0,220	0,398 0,245	0,418 0,274	0,668 0,566	ZINC	0,585 0,508	0,549 0,308	0,788 0,620
0,295 0,210	0,024 0,079	0,224 0,080	0,349 0,219	0,357 0,263	0,390 0,249	0,597 0,496	0,585 0,474	NICK	0,556 0,323	0,571 0,376
0,335 0,207	0,030 0,101	0,223 0,085	0,340 0,266	0,379 0,227	0,398 0,302	0,583 0,419	0,549 0,380	0,556 0,428	TIN	0,573 0,344
0,339 0,127	0,022 0,084	0,260 0,041	0,392 0,186	0,377 0,188	0,431 0,246	0,672 0,535	0,788 0,676	0,571 0,458	0,573 0,319	LEAD

Источник / Source: рассчитано автором / Calculated by the author.

(62,6%) и олова (60,6%). Эти же рынки оказались основными передатчиками заражения (в частности, для рынка свинца получено 77,6% положительных тестов, серебра — 77,0%, золота — 75,2%, палладия — 73,9%, олова — 73,9%). Автономным и малосвязанным с этими рынками оказался рынок газа. Для него как источника потенциального заражения подтверждены лишь 34,8% тестов, а как приемника заражения — 44,2% тестов. Также менее связанными с остальными рынками оказались рынки меди и цинка. Включенность рынка нефти в процессы межрыночного заражения оказалась средней (58,1% положительных тестов на передачу заражения и столько же — на его прием).

Что касается передачи заражения между конкретными биржевыми рынками, максимальное число положительных тестов (95,8%) наблюдается во взаимодействии рынков серебра и золота. На втором месте по уровню межрыночного заражения оказались рынки золота, платины и палладия (85,4% положительных тестов). Также высокую степень взаимосвязи демонстрируют рынки никеля и свинца (83,3%). Для нефти и платины, нефти и палладия также отмечается по 83,3% подтвержденных заражений.

При этом невелико распространение заражения между рынком газа, с одной стороны, и нефти, серебра и платины, с другой стороны, (только

Таблица 5 / Table 5

Количество подтвержденных заражений в общем стрессовом периоде и двух его подпериодах /
Number of Confirmed Contagions in the Overall Stress Period and Its Two Sub-Periods

$i \rightarrow j$	Прием заражения / Contagion reception											N
Передача заражения / Contagion transmission		3 2	1 3	3 5	5 5	5 5	3 4	3 3	3 5	5 5	3 4	34 41 41
	OIL	2	4	4	5	5	5	4	4	3	5	
	3 2 2		2 2 4	1 2 2	3 1 3	2 4 2	2 3 2	2 5 2	1 3 2	1 2 2	3 3 2	20 27 23
	1 3 4	2 2 4		5 5 6	5 5 6	5 5 5	4 5 4	4 4 3	4 3 4	5 5 4	5 4 4	40 41 44
	3 5 4	1 2 2	5 6 6		5 6 4	4 5 3	5 5 4	5 5 4	5 4 5	4 5 3	5 5 5	42 48 40
	5 5 5	3 1 3	4 5 5	4 5 4		5 5 5	1 4 5	2 3 2	2 3 4	4 5 5	4 5 3	34 41 38
	5 5 5	2 4 2	5 5 5	4 5 3	5 5 5		3 4 4	3 4 3	4 3 4	5 5 4	5 5 4	41 45 39
	3 4 5	2 3 2	4 5 4	5 5 4	2 4 2	3 4 4		3 3 3	3 3 4	4 4 3	5 5 3	34 40 34
	3 3 4	3 5 2	4 4 3	5 5 4	2 3 2	3 4 3	3 3 3		4 3 4	4 4 3	5 4 3	36 38 31
	3 5 4	1 3 2	4 3 4	5 4 5	2 3 4	4 3 4	3 2 4	4 3 4		5 5 5	5 5 5	36 36 41
	4 4 5	4 2 3	5 5 4	5 5 4	2 3 3	4 4 3	4 4 6	5 5 3	3 4 3		5 5 4	41 41 38
	5 5 3	2 2 3	5 5 4	4 5 3	4 5 5	5 5 4	4 4 3	4 4 3	5 5 5	4 5 4		42 45 37
N	35 41 41	23 26 25	39 43 43	41 46 39	35 40 39	40 44 38	32 38 37	35 39 31	34 36 39	41 45 36	45 45 38	400 443 406

Источник / Source: рассчитано автором / Calculated by the author.

Примечание / Note: первый ряд данных для каждого актива относится к общему стрессовому периоду, второй ряд – к первому подпериоду, третий ряд – ко второму подпериоду / The first row of data for each asset refers to the joint stress period, the second row – to the 1st sub-period, the third row – to the 2nd sub-period.

треть положительных тестов). Слабо выражена передача заражения между рынками газа и олова (37,5% положительных тестов).

Также интересно сравнить между собой два малых периода заражения 10.10.2014–30.01.2018 и 31.01.2018–01.12.2020. В первом периоде основными носителями и реципиентами заражения оказались рынки серебра, палладия, олова и свинца. Во втором периоде активными участниками заражения оказались рынки золота, нефти, никеля и серебра.

ВЫВОДЫ

В условиях финансовой глобализации и интеграции сырьевые товары все больше приобретают свойства финансовых активов. Результатом является рост их доходности и волатильности, а также большая чувствительность к потрясениям в экономике и сопровождающему их новостному фону. Фьючерсы на сырьевые товары стали активным инструментом биржевых портфелей, а сделки с ними вовлечены в реализацию биржевых стратегий. В условиях взаимосвязанности финансовых и биржевых рынков сырьевые товары становятся как источником, так и передатчиком финансового заражения.

В настоящем исследовании анализировалась передача заражения между такими сырьевыми товарами, как нефть и газ, благородные и цветные металлы. С помощью авторского индекса стресса был выявлен период повышенной волатильности сырьевого рынка, выделены две волны стресса (10.10.2014–30.01.2018 и 31.01.2018–01.12.2020).

Тестирование заражения проводилось на основе четырех моментов совместного распределения доходности: корреляции (с коррекцией на гетероскедастичность), коасимметрии, кокуртозиса и коволатильности. По мере повышения моментов распределения количество подтвержденных случаев заражения росло. Выявлена наибольшая взаимосвязь в паре «золото-серебро». Передача заражения между всеми благородными металлами оказалась одной из наиболее интенсивных, но также отмечается высокое заражение в отдельных парах цветных металлов (никель и свинец) и взаимосвязь рынка нефти с рынками платины и палладия. Рынок нефти продемонстрировал большую включенность в процессы заражения во втором периоде, охватывающем пандемию.

Рынок газа в исследуемом периоде оказался наименее подверженным заражению и не склонным к его передаче. Корреляции его доходности с доходностями других товаров оказались незначительными как в спокойном, так и в стрессовом периоде. Это означает, что до февраля 2022 г. фьючерсы на газ могли служить надежным инструментом хеджирования инвестиционных портфелей. Однако именно в период специальной военной операции (СВО) рынок газа подвергся наибольшему негативному воздействию и вполне мог стать источником межрыночного заражения после 24 февраля 2022 г. Анализ изменений в финансовом заражении на рынках сырьевых ресурсов в период СВО может стать предметом будущих исследований.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23–28–00453, <https://rscf.ru/project/23-28-00453/> Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия.

ACKNOWLEDGMENTS

The study was supported by the Russian Science Foundation grant No. 23–28–00453, <https://rscf.ru/project/23-28-00453/> Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod, Nizhny Novgorod, Russia.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Ding S., Cui T., Zheng D., Du M. The effects of commodity financialization on commodity market volatility. *Resources Policy*. 2021;73:102220. DOI: 10.1016/j.resourpol.2021.102220
2. Liao J., Zhu X., Chen J. Dynamic spillovers across oil, gold and stock markets in the presence of major public health emergencies. *International Review of Financial Analysis*. 2021;77:101822. DOI: 10.1016/j.irfa.2021.101822
3. Gamba-Santamaria S., Gomez-Gonzalez J.E., Hurtado-Guarin J.L., Melo-Velandia L. F. Volatility spillovers among global stock markets: Measuring total and directional effects. *Empirical Economics*. 2019;56(3):1581–1599. DOI: 10.1007/s00181-017-1406-3
4. Hammoudeh S., Yuan Y. Metal volatility in presence of oil and interest rate shocks. *Energy Economics*. 2008;30(2):606–620. DOI: 10.1016/j.eneco.2007.09.004

5. Ahmadi M., Behmiri N.B., Manera M. How is volatility in commodity markets linked to oil price shocks? *Energy Economics*. 2016;59:11–23. DOI: 10.1016/j.eneco.2016.07.006
6. Sheng X., Kim W.J., Gupta R., Ji Q. The impacts of oil price volatility on financial stress: Is the COVID-19 period different? *International Review of Economics & Finance*. 2023;85:520–532. DOI: 10.1016/j.iref.2023.02.006
7. Henriques I., Sadorsky P. The effect of oil price volatility on strategic investment. *Energy Economics*. 2011;33(1):79–87. DOI: 10.1016/j.eneco.2010.09.001
8. Nazlioglu S., Soytas U., Gupta R. Oil prices and financial stress: A volatility spillover analysis. *Energy Policy*. 2015;82:278–288. DOI: 10.1016/j.enpol.2015.01.003
9. Forbes K.J., Rigobon R. No contagion, only interdependence: Measuring stock market comovements. *The Journal of Finance*. 2002;57(5):2223–2261. DOI: 10.1111/0022–1082.00494
10. Silvennoinen A., Thorp S. Financialization, crisis and commodity correlation dynamics. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*. 2013;24:42–65. DOI: 10.1016/j.intfin.2012.11.007
11. Amar A.B., Bouattour M., Bellalah M., Goutte S. Shift contagion and minimum causal intensity portfolio during the COVID-19 and the ongoing Russia-Ukraine conflict. *Finance Research Letters*. 2023;55(A):103853. DOI: 10.1016/j.frl.2023.103853
12. Di Maggio M., Kermani A., Song Z. The value of trading relations in turbulent times. *Journal of Financial Economics*. 2017;124(2):266–284. DOI: 10.1016/j.jfineco.2017.01.003
13. Liu S., Gao H., Hou P., Tan Y. Risk spillover effects of international crude oil market on China's major markets. *AIMS Energy*. 2019;7(6):819–840. DOI: 10.3934/energy.2019.6.819
14. Boroumand R.H., Porcher T. Volatility contagion and connectedness between WTI and commodity markets. *Finance Research Letters*. 2023;58(A):103959. DOI: 10.1016/j.frl.2023.103959
15. Wang X., Liu H., Huang S., Lucey B. Identifying the multiscale financial contagion in precious metal markets. *International Review of Financial Analysis*. 2019;63:209–219. DOI: 10.1016/j.irfa.2019.04.003
16. Gong X., Jin Y., Liu T. Analyzing pure contagion between crude oil and agricultural futures markets. *Energy*. 2023;269:126757. DOI: 10.1016/j.energy.2023.126757
17. Yang Y., Ma Y.-R., Hu M., Zhang D., Ji Q. Extreme risk spillover between Chinese and global crude oil futures. *Finance Research Letters*. 2021;40:101743. DOI: 10.1016/j.frl.2020.101743
18. Mishra A.K., Arunachalam V., Olson D., Patnaik D. Dynamic connectedness in commodity futures markets during Covid-19 in India: New evidence from a TVP-VAR extended joint connectedness approach. *Resources Policy*. 2023;82:103490. DOI: 10.1016/j.resourpol.2023.103490
19. Xiao J., Hu C., Ouyang G., Wen F. Impacts of oil implied volatility shocks on stock implied volatility in China: Empirical evidence from a quantile regression approach. *Energy Economics*. 2019;80:297–309. DOI: 10.1016/j.eneco.2019.01.016
20. Wen F., Liu Z., Dai Z., He S., Liu W. Multi-scale risk contagion among international oil market, Chinese commodity market and Chinese stock market: A MODWT-Vine quantile regression approach. *Energy Economics*. 2022;109:105957. DOI: 10.1016/j.eneco.2022.105957
21. Chatziantoniou I., Gabauer D., Perez de Gracia F. Tail risk connectedness in the refined petroleum market: A first look at the impact of the COVID-19 pandemic. *Energy Economics*. 2022;111:106051. DOI: 10.1016/j.eneco.2022.106051
22. Guru B.K., Pradhan A.K., Bandaru R. Volatility contagion between oil and the stock markets of G7 countries plus India and China. *Resources Policy*. 2023;81:103377. DOI: 10.1016/j.resourpol.2023.103377
23. Fry-McKibbin R., Greenwood-Nimmo M., Hsiao C.Y.-L., Qi L. Higher-order comoment contagion among G20 equity markets during the COVID-19 pandemic. *Finance Research Letters*. 2022;45:102150. DOI: 10.1016/j.frl.2021.102150
24. Малкина М.Ю., Овчаров А.О. Индекс финансового стресса как обобщающий индикатор финансовой нестабильности. *Научно-исследовательский финансовый институт. Финансовый журнал*. 2019;(3):38–54. DOI: 10.31107/2075–1990–2019–3–38–54
Malkina M. Yu., Ovcharov A. O. Financial stress index as a generalized indicator of financial instability. *Nauchno-issledovatel'skii finansovyi institut. Finansovyi zhurnal = Financial Research Institute. Financial Journal*. 2019;(3):38–54. (In Russ.). DOI: 10.31107/2075–1990–2019–3–38–54

25. Малкина М.Ю., Моисеев И.А. Взаимосвязь промышленного и финансового стресса в российской экономике в условиях смены монетарного режима. *Финансы: теория и практика*. 2023;27(2):140–151. DOI: 10.26794/2587–5671–2023–27–2–140–151
Malkina M. Yu., Moiseev I. A. The relationship between industrial and financial stress in the Russian economy in the context of a change in the monetary regime. *Finance: Theory and Practice*. 2023;27(2):140–151. DOI: 10.26794/2587–5671–2023–27–2–140–151
26. Dungey M., Fry R., González-Hermosillo B., Martin V.L. Empirical modelling of contagion: A review of methodologies. *Quantitative Finance*. 2005;5(1):9–24. DOI: 10.1080/14697680500142045
27. Fry R., Martin V.L., Tang C. A new class of tests of contagion with applications. *Journal of Business & Economic Statistics*. 2010;28(3):423–437. DOI: 10.1198/jbes.2010.06060
28. Hui E. C.M., Chan K.K.K. Are the global real estate markets contagious? *International Journal of Strategic Property Management*. 2012;16(3):219–235. DOI: 10.3846/1648715X.2011.645904

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ / ABOUT THE AUTHOR



Марина Юрьевна Малкина — доктор экономических наук, профессор кафедры экономической теории и методологии, руководитель Центра макро- и микроэкономики, Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия

Marina Yu. Malkina — Dr. Sci. (Econ.), Prof., Department of Economic Theory and Methodology, Head of the Center for Macro and Microeconomics, Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod, Nizhny Novgorod, Russia
<https://orcid.org/0000-0002-3152-3934>
mmuri@yandex.ru

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflicts of Interest Statement: The author has no conflicts of interest to declare.

Статья поступила в редакцию 12.06.2023; после рецензирования 12.07.2023; принята к публикации 15.07.2023.

Автор прочитала и одобрила окончательный вариант рукописи.

The article was submitted on 12.06.2023; revised on 12.07.2023 and accepted for publication on 15.07.2023.

The author read and approved the final version of the manuscript.