



Списки содержания доступны в [ScienceDirect](#)

Экономика энергетики

домашняя страница журнала:
www.elsevier.com/locate/eneeco



Финансовый стресс и подразумеваемая волатильность сырой нефти: Новые данные, полученные на основе непрерывного вейвлет-преобразования

Дебоджйоти Дас^a, ^aДебасиш Майтра^b, Анупам Датта^{c,*}, Санкаршан Басу^a

^a Область финансов и бухгалтерского учета, Индийский институт менеджмента Бангалора, Бенгалуру, Карнатака 560076, Индия

^b Область финансов и бухгалтерского учета, Индийский институт менеджмента Индор, Индор, Мадхья-Прадеш 45356, Индия

^c Школа бухгалтерского учета и финансов, Университет Вааса, Wolffintie 34, 65200 Вааса, Финляндия

А Р Т И К Л И Я В Ф О

Классификация JEL:

C32

C58

G1

Ключевые слова:

Сырая нефть

Подразумеваемая

волатильность сырой нефти

Финансовый стресс

Вейвлет-анализ

А Б С Т Р А К Т

В данном исследовании рассматривается теоретическая возможность совместного движения и причинно-следственной связи между подразумеваемой волатильностью сырой нефти (OVX) и финансовым стрессом в рамках вейвлет-метода. Работа вносит вклад в существующую литературу по крайней мере тремя возможными способами: (а) Во-первых, в исследовании рассматриваются не только комплексные показатели финансового стресса, но и используются категориальные компоненты стресса, такие как кредит, оценка акций, финансирование, безопасные активы и волатильность. (б) Во-вторых, в исследовании используется вейвлет-подход для отслеживания ко-движения и причинно-следственной связи между нефтью и финансовым стрессом в непрерывном пространстве временных частот. Наконец, (в) в то время как предыдущие исследования в основном используют изменения цен на нефть для оценки связи с финансовым стрессом, настоящее исследование оценивает роль прогнозной (на 30 дней вперед) неопределенности цен на нефть (представленной показателем OVX). Полученные результаты свидетельствуют о наличии взаимосвязи между волатильностью нефти и финансовым стрессом, в основном в периоды экономической турбулентности. Характер и сила таких совместных движений зависят от времени. Направление взаимосвязи в основном положительное, а зависимость между опережением и запаздыванием показывает, что OVX имеет тенденцию определять взаимосвязь. Далее наблюдается, что причинно-следственные связи между переменными в основном двунаправленные. Однако относительно более сильные причинно-следственные связи передаются от OVX к FSI. Кроме того, связь между OVX и показателями стресса оценивается в двух различных состояниях экономики, т.е. в состоянии кризиса и спокойствия. Полученные результаты свидетельствуют о том, что причинно-следственная связь усиливается в период кризиса. В целом, результаты данного исследования могут быть полезны для политиков и проверяющих, чтобы предвидеть предстоящие изменения в этой взаимосвязи и смягчить ее потенциальное негативное воздействие.

1. Введение

Влияние изменений цен на сырую нефть на мировой экономический порядок и финансовые рынки хорошо документировано. Множество предшествующих исследований изучали переходную связь между нефтяными шоками и различными сегментами финансовых рынков, включая рынки акций (Das and Kannadhasan, 2020; Ready, 2018), рынки облигаций (Kang et al., 2014; Tule et al., 2017), драгоценные металлы (Das et al., 2020; Uddin et al., 2018), валютные курсы (Atems et al., 2015; Bashier et al., 2012), процентные ставки (Bodenstein et al., 2013; Ioannidis and Ka, 2018) и банковские учреждения (Lee and Lee, 2019; Saif-Alyousfi et al., 2020). Интересно, что Чен и др. (2014) отмечают, что рассмотрение одного сегмента финансовых рынков может не быть надежным индикатором чувствительности

финансовой системы к нефтяным шокам. Однако, если не рассматривать другие сегменты финансовых рынков для изучения их подверженности нефтяным шокам, это может привести к тому, что

в неоднозначных сигналах (Chen et al., 2014). Поэтому Чен и др. (2014) предлагают использовать индекс финансового стресса (FSI), комплексный показатель нестабильности финансового рынка. FSI - это непрерывная переменная с расширяющимся спектром значений, которая отражает изменение ожиданий потерь финансового рынка, вызванных макроэкономической неопределенностью (Illing and Liu, 2006).

Теоретические связи между нефтью и финансовым стрессом могут быть обусловлены, по крайней мере, двумя каналами: (а)

потенциальным влиянием на экономическую деятельность и (б) изменением настроений инвесторов (Nazlioglu et al., 2015). В случае импортеров нефти рост цен на нефть снижает экономическую активность и увеличивает счета за импорт, что приводит к дефициту текущего счета. Повышение производственных затрат в связи с ростом цен на нефть приведет к истощению доходов компаний и, следовательно, к падению цен на акции (Wan and Kao, 2015). Ожидание падения цен на нефть, с другой стороны, нарушит экономический порядок в странах-экспортерах нефти.

* Автор-корреспондент.

Адреса электронной почты: debojyoti.das@iimb.ac.in (Д. Дас), debasishm@iimdr.ac.in (Д. Майтра), anupam.dutta@uwasa.fi (А. Дутта), sankarshan.basu@iimb.ac.in (С. Басу).

<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.106388>

Получено 10 марта 2022 г.; Получено в исправленном виде 20 октября 2022 г.; Принято 25 октября 2022 г.

Доступно онлайн 9 ноября 2022 года

0140-9883/© 2022 Автор(ы). Опубликовано Elsevier B.V. Это статья в открытом доступе по лицензии CC BY (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

(Hammoudeh, 1988). В результате кредиторам трудно определить подлинное качество заемщиков перед лицом будущих проблем с денежными потоками. Кроме того, снижение потребительского спроса вследствие повышения цен будет препятствовать расширению деятельности компаний. Таким образом, совокупный спрос на кредиты, вероятно, снизится, что повлияет на эффективность работы банковской и финансовой системы (Nazlioglu et al., 2015).

Другой аспект взаимосвязи, как можно утверждать, заключается в том, что периоды финансового стресса часто связаны со снижением экономической активности, что приводит к снижению потребления энергии и, как следствие, к снижению цен на нефть. Кроме того, поскольку нефть является рыночным товаром, инвесторы рассматривают активы, связанные с нефтью, как жизнеспособную альтернативу традиционным финансовым рынкам. Стоит отметить, что финансовализация нефтяного рынка привела к тесной связи между нефтью и финансами. Следовательно, цена на нефть определяется не только давлением спроса и предложения на рынке, но и условиями финансового рынка (Bianchi et al., 2020; Wan and Kao, 2015). Таким образом, модель корректировки портфеля инвесторов в ответ на движение цен на нефть также является важной частью взаимосвязи. Когда цены на нефть растут, Назлиоглу и др. (2015) считают, что инвесторы бегут с традиционных финансовых рынков (таких как акции) и устремляются на нефтяные рынки. С другой стороны, инвесторы склонны торговать на финансовых рынках, когда цены на нефть падают, что еще больше снижает цены на нефть. В результате теоретические положения, предложенные в предыдущих исследованиях, предполагают двустороннюю связь между нефтью и финансовым стрессом.

В данном исследовании рассматривается теоретическая возможность совместного движения бе...

между подразумеваемой волатильностью сырой нефти (OVX) и финансовым стрессом. Данная статья вносит вклад в существующую литературу, по крайней мере, тремя возможными способами: (а) Во-первых, в то время как в предыдущей литературе рассматривается только составной FSI (Das et al., 2018b; Nazlioglu et al., 2015; Wan and Kao, 2015), в настоящем исследовании используется набор данных о финансовом стрессе, предоставленный Управлением финансовых исследований (OFR) Министерства финансов Соединенных Штатов (США). OFR предоставляет составной FSI и категориальное раздвоение компонентов стресса. Раздвоение относится к классификации стресса на основе категорий финансовой системы, таких как кредит, оценка акций, финансирование, безопасные активы и волатильность. Таким образом, данное исследование дает дополнительное представление о взаимодействии цен на нефть с комплексными, а также категориальными показателями стресса. (b) Во-вторых, связь между нефтью и финансовым стрессом может быть охарактеризована как двусторонняя (Das et al., 2018b; Nazlioglu et al., 2015). Кроме того, в зависимости от характера события, механизм опережения-замедления между этими переменными может меняться во времени и частоте. В этом случае полезно использовать технику вейвлет-когерентности для отслеживания совместного движения нефти и финансового стресса в непрерывном временно-частотном пространстве. Фазовые индикаторы на карте вейвлет-когерентности могут обнаружить эффекты опережения-замедления, которые меняются во времени и частоте, что является дополнительным преимуществом использования данного подхода. Кроме того, причинно-следственная передача между парой переменных также изучается в вейвлет-системе. Это помогает раскрыть парные причинно-следственные связи по времени и частоте. Таким образом, метод на основе вейвлетов позволяет делать динамические выводы, что редко встречается в предыдущей литературе. (c) В-третьих, в то время как предыдущие исследования в основном используют изменения цен на нефть для

оценки связи с финансовым стрессом, настоящее исследование утверждает, что не менее важно понять роль прогнозируемой (на 30 дней вперед) неопределенности цен на нефть (обозначаемой индексом OVX). Индексы подразумеваемой волатильности, такие как OVX, не только содержат исторические данные о формировании, но и отражают ожидания инвесторов относительно будущих изменений на рынке нефти (Bouri, 2015a; Dutta, 2017; Liu et al., 2013). Следовательно, OVX считается лучшим показателем неопределенности на рынке нефти (Dutta, 2017; Dutta et al., 2017; Xiao et al., 2019). Кроме того, OVX также отслеживает настроения инвесторов; таким образом, когда страх высок, цены на опционы устанавливаются с учетом более высокой волатильности, чем в противном случае (Maghyreh et al., 2016). Страх перед надвигающимися рисками на рынке нефти может привести к состоянию осторожности в экономике и на финансовых рынках. Поэтому в данном исследовании изучается этот аспект взаимосвязи, который не исследован должным образом в предыдущей литературе (с учетом ограниченных знаний авторов). Выводы исследования могут быть полезны участникам финансовых рынков для выведения последствий

Das и др. для корректировки портфеля.

Неопределенность цен на сырую нефть оказывает значительное влияние на экономику и финансовые рынки (Gong and Lin, 2018a; Wang and Li, 2021). Более высокая степень неопределенности цен на нефть отражает напряженность или нестабильность нефтяных рынков. В условиях надвигающейся нефтяной неопределенности экономические агенты, скорее всего, отложат или отменят ряд решений, представляющих экономический интерес, таких как инвестиции, производство, склонность к потреблению и другие (Xie et al., 2021). Поэтому нестабильность цен на нефть неизменно приведет к неблагоприятным экономическим или финансовым последствиям (You et al., 2017). Поскольку нефтяная неопределенность и финансовый стресс имеют тенденцию двигаться в tandem, можно прогнозировать положительную взаимосвязь. Традиционно изучение взаимосвязи между нефтью и сегментами финансового рынка представляет значительный интерес. Однако нефтяная неопределенность, достигшая исторического максимума во время эпизода COVID-19, возродила интерес ученых к этой теме (Corbet et al., 2020; Dutta et al., 2021, 2020; Szczygielski et al., 2021; Xie et al., 2021). Несмотря на это, лишь немногие из этих исследований рассматривают связь между OVX и FSI. Кроме того, выявление исторической и современной связи между OVX и категориальными показателями стресса представляет дополнительную ценность для существующей литературы и участников рынка в целом. Это служит основной мотивацией для проведения данного исследования.

Полученные данные свидетельствуют о наличии взаимосвязи между волатильностью нефти и финансовым стрессом, в основном в периоды экономической турбулентности. Характер и сила таких совместных движений зависят от времени. Направление взаимосвязи в основном положительное, а зависимость "опережение - запаздывание" показывает, что OVX имеет тенденцию определять взаимосвязь. Далее наблюдается, что причинно-следственные связи между OVX и категориальными ИФС также в основном двунаправлены. Однако относительно более сильные причинно-следственные связи передаются от OVX. Кроме того, OVX и показатели стресса декомпозируются на два различных состояния экономики, т.е. состояние дистресса и состояние спокойствия. Результаты показывают, что причинно-следственные связи существуют в основном в состоянии дистресса. Таким образом, этой взаимосвязи необходимо уделять должное внимание, особенно на этапах экономического спада. Остальная часть работы построена следующим образом: В разделе 2 рассматривается соответствующая литература, в разделе 3 описываются данные, в разделе 4 обсуждается методология, в разделе 5 подробно рассматриваются эмпирические результаты, в разделе 6 тщательно исследуется причинно-следственная связь между OVX и региональными индексами стресса, в разделе 7 приводятся результаты анализа устойчивости, а в разделе 8 делается заключение.

2. Обзор литературы

Нестабильность цен на сырую нефть передает неопределенность финансового рынка и негативные шоки для мировой экономики (Das and Kan-nadhasan, 2020; Dutta et al., 2017; Gong and Lin, 2018b, 2018a). Прошлые исследования, в которых рассматривается влияние цен на нефть на различные сегменты финансового рынка (такие как акции, облигации, драгоценные металлы и другие сырьевые товары, среди прочего), имеются в изобилии. В контексте рынков акций Ma и др. (2019) утверждают, что теоретическая связь между нефтью и рынками акций подкреплена значительной эмпирической поддержкой во всем мире. Например, в первом исследовании Джонса и Каула (1996) было обнаружено негативное влияние нефти на фондовые индексы развитых стран. Несколько последующих исследований

с использованием таких методологий, как квантильная регрессия (QR), векторная авторегрессия (VAR) и модель ценообразования капитальных активов (CAPM), также подтверждают это утверждение (например, см. Basher et al., 2012; Cunado and de Gracia, 2014; Lee and Zeng, 2011; Sadorsky, 1999). В некоторых работах, напротив, утверждается положительная связь между нефтью и акциями (Arouri and Rault, 2012; El-Sharif et al., 2005; Kilian and Park, 2009; Narayan and Narayan, 2010). Некоторые исследования также утверждают, что направление и

¹ Что касается направления связи, Сяо и др., 2019, также обнаружили значительную положительную связь между OVX и индексом подразумеваемой волатильности китайских акций (VXFXI). Кроме того, предварительные тесты, такие как "децильный анализ" в разделе 2, также подтверждают положительную связь OVX-FSI.

Таблица 1

Определение категориальных показателей стресса, данное Управлением финансовых исследований.

Категория	Определение
Кредит	"Содержит показатели кредитных спредов, которые представляют собой разницу в стоимости заимствований для компаний с разной кредитоспособностью. В периоды стресса кредитные спреды могут расширяться, когда возрастает риск дефолта или нарушается функционирование кредитного рынка. Более широкие спреды могут указывать на то, что инвесторы менее охотно держат долговые обязательства, увеличивая расходы заемщиков на получение финансирования". Используемые переменные: BaML Corporate Master, BaML High Yield Corporate Master, BaML Euro Area Corp Bond Index, BaML Euro Area High Yield Bond Index, JP Morgan CEMBI Strip Spread, JP Morgan EMBI Global Strip Spread.
Капитал Оценка	"Содержит оценки акций по нескольким индексам фондового рынка, которые отражают уверенность инвесторов и их склонность к риску. Во время стресса стоимость акций может упасть, если инвесторы станут менее охотно держать рискованные активы". Используемые переменные: Индекс MSCI Emerging Markets, индекс MSCI Europe, индекс NIKKEI 225, индекс S&P 500.
Финансирование	"Содержит показатели, связанные с тем, насколько легко финансовые учреждения могут финансировать свою деятельность. Во время стресса рынки финансирования могут замерзнуть, если участники воспринимают более высокий кредитный риск контрагента или риск ликвидности." Используемые переменные: 2-летний кросс-валютный своп-спред EUR/USD, 2-летний американский своп-спред, 2-летний кросс-валютный своп-спред USD/JPY, 3-месячный EURIBOR-EONIA, 3-месячный японский LIBOR-OIS, 3-месячный LIBOR-OIS.
Безопасный актив	"Содержит показатели оценки активов, которые считаются хранилищами стоимости или имеют стабильные и предсказуемые денежные потоки. Во время стресса более высокая оценка безопасных активов может указывать на то, что инвесторы переходят от рискованных или неликвидных активов к более безопасным". Используемые переменные: 4-недельный казначейский вексель США, 10-летняя казначейская нота США, 10-летняя облигация Германии, срочный спред США, индекс доллара США, реальный спот-курс золота к доллару США.
Волатильность	"Содержит показатели подразумеваемой и реализованной волатильности на рынках акций, кредитов, валют и товаров. Во времена стресса растущая неопределенность в отношении стоимости активов или поведения инвесторов может привести к повышению волатильности." Используемые переменные: CBOE S&P 500 Volatility Index, Dow Jones EURO Индекс волатильности STOXX 50, фьючерсы на нефть ICE Brent Crude Oil, Implied Волатильность 6-месячных опционов на EUR/USD, подразумеваемая волатильность 6-... Опционы на месяц USD/JPY, волатильность развивающихся рынков JP Morgan Индекс, Merrill Lynch Euro Swaptions Volatility Estimate, Merrill Lynch US Swaptions Volatility Estimate, индекс волатильности NIKKEI.

В таблице определены категориальные показатели стресса, приведенные Управлением по Финансовым исследованиям.

характер связи между нефтью и акциями зависит от того, принадлежит ли индекс стране-импортеру или экспортеру нефти (Das et al., 2022b; Mokni, 2020), кроме того, имеют значение и отраслевые вариации (Das and Kannadhasan, 2020; Tiwari et al., 2018b; Xiao et al., 2018). Кроме того,

другие изучают различные сферы финансового рынка, например, рынки облигаций (Dai and Kang, 2021; Kang et al., 2014), драгоценных металлов (Charlot and Marimoutou, 2014; Das et al., 2020; Umar et al., 2021), валютных курсов (Albulescu and Ajmi, 2021; Atems et al., 2015; Beckmann et al., 2020) и других товаров (Ahmed and Huo, 2021; Maitra et al., 2021).

Вышеупомянутые исследования в основном изучают взаимосвязь между сегментами финансового рынка в отношении изменений цен на нефть (или шоков на основе структурных моделей VAR). Однако в другой литературе подчеркивается роль волатильности нефти на доходность и волатильность финансового рынка. Например, используя модель многомерной обобщенной авторегрессии с условной гетероскедастичностью (MGARCH), Малик и Хаммудех (Malik and Hammoudeh, 2007) сообщают о свидетельствах значительных переливов волатильности.

между нефтью и фондовыми рынками в США и странах Персидского залива. В аналогичном контексте, используя бивариационный подход GARCH, Малик и Юинг (2009) изучают передачу волатильности в пяти различных секторах рынка акций в США и приводят подтверждающие доказательства. Арури и др. (2011)

использовать обобщенную схему VAR-GARCH для изучения волатильности

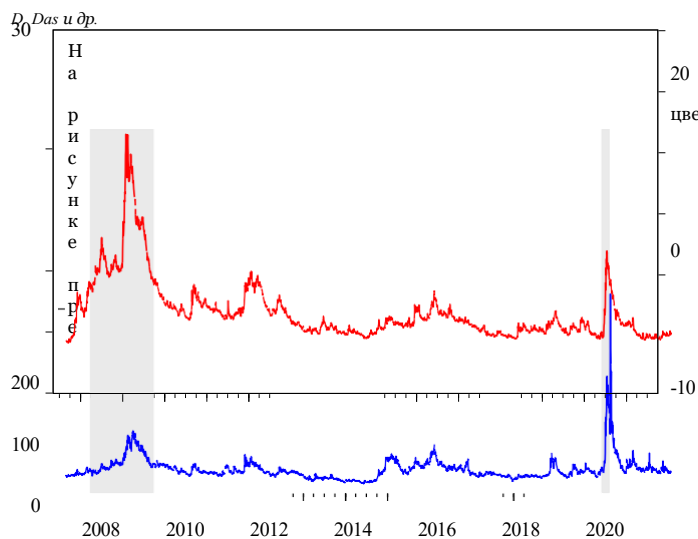
передачи между нефтью и отраслевыми фондовыми индексами в США и Европе. Авторы пришли к выводу, что в случае с фондовыми рынками США переток является двунаправленным, однако в случае с европейскими рынками наблюдается только однонаправленный переток от нефтяных рынков. Bouri (2015b) также использует модель VAR-GARCH для разделения перетока доходности и волатильности между нефтяными и ливанскими фондовыми рынками и предполагает усиление перетока с нефтяных рынков во время финансового кризиса 2007 года. Используя меру реализованной волатильности (RV) и модель Диагональ-БЭКК, Болданов и др. (2016) наблюдают корреляцию между волатильностью рынка нефти и рынка акций в странах-импортерах и экспортерах нефти. Wang et al. (2018) используют RV и прогнозную регрессию, чтобы исследовать, предсказывает ли волатильность нефти волатильность акций. Авторы

Таблица 2

Безусловная корреляция индексов финансового стресса с OVX.

	a. Полная выборка	b. ГФК 2007-09	c. COVID-19
FSI	0.2710	0.3264	0.6837
Кредит	0.1945	0.2240	0.6296
EV	0.2541	0.3146	0.6211
SA	0.1260	0.1463	0.4995
Финансирование	0.0767	0.1066	0.5016
Волатильность	0.2842	0.3761	0.6121
Наблюдения	3622	397	42

В таблице представлены результаты безусловной (по Пирсону) корреляции между OVX и индексами стресса для полной выборки и двух подвыборок, затронутых рецессией: (a) кризис субстандартного кредитования в США с декабря 2007 года по июнь 2009 года, и (b) COVID-19, охватывающий период с февраля по апрель 2020 года.



доставлены исторические данные для индекса подразумеваемой волатильности сырой нефти (OVX) и сводный индекс финансового стресса (FSI), предоставленный OFR для период с 10 мая 2007 года по 28 сентября 2021 года. Заштрихованные серым цветом области - это фазы рецессии, определенные NBER. Первая фаза охватывает с декабря 2007 года по июнь 2009 года, что относится к периоду кризиса субстандартного кредитования в США. COVID-19 определяет вторую фазу рецессии, охватывающую период с февраля по апрель 2020 года.

Рис. 1. Подразумеваемая волатильность сырой нефти и составной инде

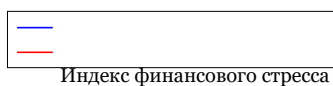


Таблица 3

Децильный анализ.

Дециль	OVX Волатильность	FSI	Кредит	EV	SA	Финансирование	
1-я	19.5592	-3.886	-0.8077	-0.845	-0.3878	-0.8502	-2.1177
2-я	25.4551	-3.3192	-0.5837	-0.4966	-0.2435	-0.6051	-1.7584
3-я	28.5116	-2.8274	-0.4302	-0.3894	-0.1596	-0.4806	-1.4492
4-я	30.9623	-2.2489	-0.2832	-0.3035	-0.1102	-0.3667	-1.1753
5-я	33.1073	-1.6434	-0.1531	-0.2249	-0.0479	-0.2756	-0.8828
6-я	35.6083	-0.8613	0.0304	-0.1353	0.0269	-0.1365	-0.6039
7-й	39.0688	0.1084	0.208	-0.0107	0.0948	0.113	-0.2739
8-й	42.9183	1.18	0.5462	0.1641	0.1769	0.4844	0.1969
9-й	48.4559	3.9486	1.2567	0.4416	0.2722	1.1688	0.9228
десятый	77.4254	11.9766	4.2129	1.2679	0.4995	3.4996	3.4494
Дециль 10-й -1-й	57.8662	15.8626	5.0206	2.1129	0.8873	4.3498	5.5671
Дециль 9-й -2-й	23.0008	7.2678	1.8404	0.9382	0.5157	1.7739	2.6812

В таблице OVX отсортирован по десяти децилям. Первый дециль обозначает низкую волатильность нефти, тогда как 10-й дециль соответствует высокой волатильности. Для каждого из децилей OVX приведены соответствующие средние значения индексов стресса. Отрицательные значения индексов стресса (FSI < 0) представляют собой относительно стабильные условия на финансовом рынке. Из таблицы видно, что более низким (более высоким) значениям OVX соответствуют более низкие (более высокие) значения индексов стресса, что означает положительную связь. Последние две строки показывают дифференциалы между децилями 10-1 и 9-2, соответственно.

Таблица 4

Описательная статистика.

	ΔOVX	ΔFSI ΔВолатильность	ΔCredit	ΔEV	ΔSA	ΔФондинг	
Среднее (×100)	0.2488	0.0305	0.0237	0.0017	-0.0073	-0.0019	0.0235
Медиана	-0.1100	-0.0230	-0.0030	-0.0030	0.0000	-0.0010	-0.0100
Максимальный	130.2200	3.4540	0.7310	0.6340	0.1840	1.5000	2.1780
Минимум	-90.6100	-2.8400	-0.5400	-0.5570	-0.2250	-1.1020	-1.4910
Станд. Dev.	4.4183	0.3197	0.0505	0.0684	0.0279	0.0816	0.1749
Коэффициент перекоса	5.9603	1.6839	2.4869	0.3618	-0.1151	2.2566	2.0834
Куртозис	381.4166	27.4494	44.9532	15.2876	8.0321	90.5775	27.9665
Jarque-Bera	21,632,574.00	91,925.53	269,356.80	22,865.28	3829.52	1,160,578.00	96,690.36
Вероятность	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Наблюдения	3622	3622	3622	3622	3622	3622	3622

В таблице представлена сводная статистика всех переменных, рассматриваемых в исследовании, в соответствующих первых разностях. Критическое значение теста Жарка-Бера на 5% уровне составляет 5,99. Статистика теста Жарка-Бера подтверждает, что базовые характеристики этих переменных отклоняются от предположения о нормальности.

Таблица 5

Тесты на единичный корень.

Переменные при первой разнице (<i>I</i> (1))						
	Перехват					
	ADF t-статистика	Критическое значение при 5%		PP Adj. t-статистика	Критическое значение при 5%	KPSS
LM-статистика	Критическое значение при 5% OVX	-9.7699***		-2.8621	-66.4116***	-2.8621
	0.0156	0.4630				
FSI	-15.5793***	-2.8621	-51.0696***	-2.8621	0.0763	0.4630
Кредит	-11.7771***	-2.8621	-53.3576***	-2.8621	0.1143	0.4630
EV	-52.8640***	-2.8621	-52.6308***	-2.8621	0.0202	0.4630
SA	-60.5385***	-2.8621	-60.5374***	-2.8621	0.0267	0.4630
Финансирование	-14.3688***	-2.8621	-46.5227***	-2.8621	0.0516	0.4630
Волатильность	-53.9815***	-2.8621	-53.9517***	-2.8621	0.0413	0.4630

*** обозначает статистическую значимость на 1% уровне. Нулевая гипотеза для тестов ADF и PP предполагает, что базовый временной ряд имеет единичный корень против альтернативной гипотезы о стационарности. В случае с тестом KPSS нулевая гипотеза заключается в том, что базовая переменная является стационарной. Таким образом, если LM-статистика KPSS не отвергает нулевую гипотезу, это означает, что ряд стационарен.

сообщают, что волатильность нефти содержит дополнительную информацию к традиционным макроэкономическим переменным и может предсказывать волатильность фондового рынка. Gong et al. (2021) недавно оценили переток волатильности нефти на фьючерсные рынки природного газа, применив модель VAR со стохастической волатильностью с изменяющимися во времени параметрами (TVP-VAR-SV) и метод перетока Диболда-Йилмаза (Diebold and Yilmaz, 2012, 2009). В работе обнаружены признаки перетока с нефтяных рынков, однако этот переток резко сокращается после начала сланцевой революции.

В то время как упомянутые исследования в основном выводят волатильность цен на нефть с помощью моделей GARCH или RV,

развивающийся поток современных исследований пропагандирует использование OVX. Модели на основе GARCH или RV обеспечивают волатильность, полученную на основе прошлых ценовых данных, поэтому они содержат только историческую информацию и имеют ограниченные последствия для надвигающихся рыночных рисков. Прогнозный индекс, такой как OVX, включает в себя

P. Das и др. высокая информативность с точки зрения как исторических, так и футуристических ожиданий рынка (Bouri et al., 2018; Dutta, 2017; Liu et al., 2013). Поэтому ученые все чаще отмечают его актуальность в сфере финансовых/экономических исследований (Dutta et al., 2017; Xiao et al., 2019, 2018). Например, используя модель лага авторегрессии с распределением (ARDL), Лю и др. (2013) изучают передачу подразумеваемой волатильности на рынках нефти (OVX), обменных курсов (EVZ), золота (GVZ) и акций (VIX) и предполагают значительный переток в краткосрочной перспективе. Аналогично, Maghyereh и др. (2016), используя меру направленного перелива, предложенную Diebold и Yilmaz, изучили передачу волатильности между OVX и подразумеваемой волатильностью 11 фондовых рынков. Результаты свидетельствуют о том, что волатильность в значительной степени передается от нефти к фондовым рынкам. Bouri et al. (2017) изучают коинтеграцию и нелинейную причинно-следственную связь между OVX, GVZ и индексом подразумеваемой волатильности индийских фондовых рынков.

Таблица 6

VAR Тест на причинность по Гранеру.

Нулевая гипотеза (H_0)	Статистика МВА/ЛД	Решение
FSI не является гранулометрической причиной OVX	55.3886***	Отклонить H_0
OVX не является причиной Грейнджера для FSI	26.2216***	Отклонить H_0
Кредит не является причиной Грейнджера для OVX	55.4636***	Отклонить H_0
OVX не является причиной Грейнджера для кредита	25.2959***	Отклонить H_0
EV не является Granger причиной OVX	45.6846***	Отклонить H_0
OVX не является причиной Грейнджера для EV	42.3621***	Отклонить H_0
SA не является грейнджерской причиной OVX	5.8524	Принять H_0
OVX не является грейнджерской причиной SA	10.0468	Принять H_0
Финансирование не является гранулярной причиной OVX	16.5004**	Отклонить H_0
OVX не является причиной Грейнджера для финансирования	8.5511	Принять H_0
Волатильность не является грейнджером для OVX	73.115***	Отклонить H_0
OVX не является гранером волатильности	35.8109***	Отклонить H_0

***, ** обозначают статистическую значимость на 1% и 5% уровне, соответственно.

рынка (индийский VIX) с использованием связанного ARDL и нелинейного симметричного и асимметричного теста некаузальности Kyrtsou-Labys. Полученные результаты свидетельствуют о значительном положительном влиянии OVX и GVZ на индийский VIX. Bařta и Moln'ar (2018) выявляют временную частоту совместного движения, применяя вейвлет-анализ между рынками нефти и акций, используя их коррелирующие подразумеваемые и реализованные волатильности. В исследовании приводятся убедительные доказательства в случае совместного движения подразумеваемой волатильности, которая изменяется во времени и сильно варьируется во временном масштабе. Dutta (2018) находит доказательства как долгосрочной, так и краткосрочной связи между OVX и индексом подразумеваемой волатильности акций энергетического сектора США (VXXLE), используя тесты ARDL на связанность. Xiao et al. (2019) исследуют асимметричное и запаздывающее воздействие OVX на индекс подразумеваемой волатильности китайского рынка акций (VXFXI) с помощью метода QR и утверждают, что это подтверждается устойчивыми доказательствами. Lu et al. (2020) оценивают способность OVX прогнозировать волатильность фьючерсного рынка сырой нефти в Китае, используя модель смешанной выборки данных с марковским режимом (MS-MIDAS). Полученные результаты подтверждают способность OVX прогнозировать волатильность фьючерсного рынка сырой нефти в Китае, особенно в средне- и долгосрочной перспективе.

Хотя значительное количество недавней литературы посвящено связи между OVX и волатильностью на сегментах финансового рынка, ни одно из исследований не посвящено связи OVX с составным и категориальным FSI. В целом, литература, касающаяся сырой нефти и финансового стресса, только зарождается, поскольку финансовый стресс - это относительно новое понятие. Тем не менее, несколько исследований за последнее десятилетие указали на актуальность понимания взаимосвязи нефти и ИФС. Чен и др. (2014) изучают взаимосвязь между структурными нефтяными шоками и ИФС Канзас-Сити с помощью SVAR-системы, изначально предложенной Килианом (2009). Результаты показывают, что финансовый шок является решающим фактором в определении цен на нефть, и он варьируется на разных временных горизонтах. Следовательно, авторы утверждают, что разработчики политики должны учитывать существующее финансовое состояние при понимании влияния нефтяных шоков. Nazlioglu et al. (2015) изучают перетекание волатильности между нефтью и FSI,

предоставляемым Федеральной резервной системой Кливленда, используя метод причинно-следственной связи и VAR. Авторы делают вывод о существовании транзита волатильности между переменными, в основном на долгосрочном временном горизонте. Ван и Као (2015) исследуют роль финансового стресса в опосредовании взаимосвязи между нефтью и различными финансовыми переменными с помощью структурной пороговой VAR-модели (STVAR). Исследование показывает, что взаимодействие между нефтью и финансовыми рынками усиливается во время стрессового режима, кроме того, эта связь также является нелинейной. Применяя метод QR, Реборедо и Уддин (2016) оценивают влияние FSI (на основе FSI ФРБ Сент-Луиса) и неопределенности экономической политики (EPU) на фьючерсы на энергоносители и металлы и сообщают о статистически значимой лаговой связи в промежуточном и верхнем квантилях. Das et al. (2018b) исследуют структуру зависимости акций, золота и сырой нефти от финансового стресса (FSI ФРБ Сент-Луиса) с помощью метода причинно-следственной связи в квантилях. Результаты исследования подтверждают двустороннюю причинность

между нефтью, золотом и сырой нефтью. Gupta et al. (2019) используют новостной индикатор финансового стресса, разработанный Püttmann (2018), и исследуют его роль в прогнозировании движения рынка нефти с помощью модели DCC-MGARCH. Исследование обнаруживает свидетельства сильной предсказуемости от FSI до доходности и волатильности нефти. Gkillas et al. (2020) анализируют предсказательную способность FSI, предоставляемого OFR для США, развивающихся и других развитых экономик, в отношении волатильности цен на нефть, используя модель Heterogeneous Autoregressive-RV (HAR-RV). Результаты показывают, что FSI улучшает прогнозы волатильности нефтяного рынка и подчеркивают контекстуальную значимость FSI при различных функциях потерь прогнозистов. Liu et al. (2021) декомпозируют возврат цен на нефть на структурные шоки по методу Ready (2018) и наблюдают их влияние на китайский индекс финансового стресса, построенный авторами. Применяя модель переключения режимов Маркова (MRS), авторы утверждают, что шок со стороны предложения является драйвером китайского финансового стресса в режиме низкой волатильности. Pang et al. (2021) изучают, может ли мировой или американский индекс FSI, рассчитываемый OFR, предсказать волатильность нефтяных продаж, используя модель MS-MIDAS. Исследование пришло к выводу, что ИФР для США более эффективен в прогнозировании волатильности нефти, чем мировой ИФР. Недавно Apostolakis et al. (2021) изучили связь финансового стресса стран G7 с учетом индексов стресса, созданных авторами с использованием различных финансовых переменных, с EPU и рынком нефти Brent, применяя модель Diebold Yilmaz (2014, 2012). Результаты показывают, что нефтяная неопределенность в основном связана с финансовым стрессом в некоторых странах G7, а не с EPU. Кроме того, переток сильнее в фазах турбулентности, таких как Глобальный финансовый кризис (ГФК) и пандемия COVID-19. Совсем недавно Дас и др., 2022a изучили роль OVX в прогнозировании финансового стресса на развивающихся рынках и обнаружили, что между ними существует положительная связь. Кроме того, эта связь усиливается во время фаз экономической турбулентности.

3. Данные

Связь между OVX и FSI изучается за период с 10 мая 2007 года по 28 сентября 2021 года. Начальная точка отсчета данных определяется самой старой доступностью значений OVX. Данные OVX публикуются Чикагской биржей опционов (CBOE) и доступны из базы данных FRED Сент-Луиса. Индексы, связанные с финансовым стрессом, взяты с сайта OFR, Министерства финансов США, Вашингтон, округ Колумбия. В исследовании используются данные с ежедневной частотой, чтобы проследить динамическое взаимодействие между OVX и FSI. Рассмотрение ежедневных данных является правильным выбором, поскольку цель исследования - изучить заразное поведение переменных. Заражение, вызванное экзогенными шоками, длится короткий промежуток времени, и корреляция ослабевает в течение нескольких дней (Gallegati, 2012; Reboredo and Rivera- Castro, 2014). Таким образом, ежедневные данные представляются уместными в данном исследовании, где взаимосвязь является преходящей.

В то время как предыдущие исследования в основном фокусировались на взаимосвязи между сырой нефтью и совокупным индексом финансового стресса, одним из наиболее важных преимуществ использования индекса стресса OFR является то, что он предоставляет категориальные показатели стресса. В дополнение к совокупному индексу финансового стресса OFR декомпозирует составной индекс на пять субиндексов: (a) Кредит, (b) Оценка собственного капитала (EV), (c) Безопасные активы (SA), (d) Финансирование и (e) Волатильность. Поэтому, помимо основного индекса, в исследовании также изучается связь между OVX и

категориальными индексами стресса. Индекс стресса строится с учетом соответствующих финансовых/экономических переменных, которые были выбраны на основе обзора научной литературы. После балансировки выбранных переменных по рынкам, классам активов и типам экономики проводятся количественные тесты для фильтрации избыточной информации. Затем оценивается первый вектор нагрузки с использованием исторических данных за предыдущие 500 дней и ограниченного анализа главных компонент (PCA). Кроме того, самые последние данные стандартизируются по сравнению со всеми предыдущими данными. Наконец, FSI определяется как

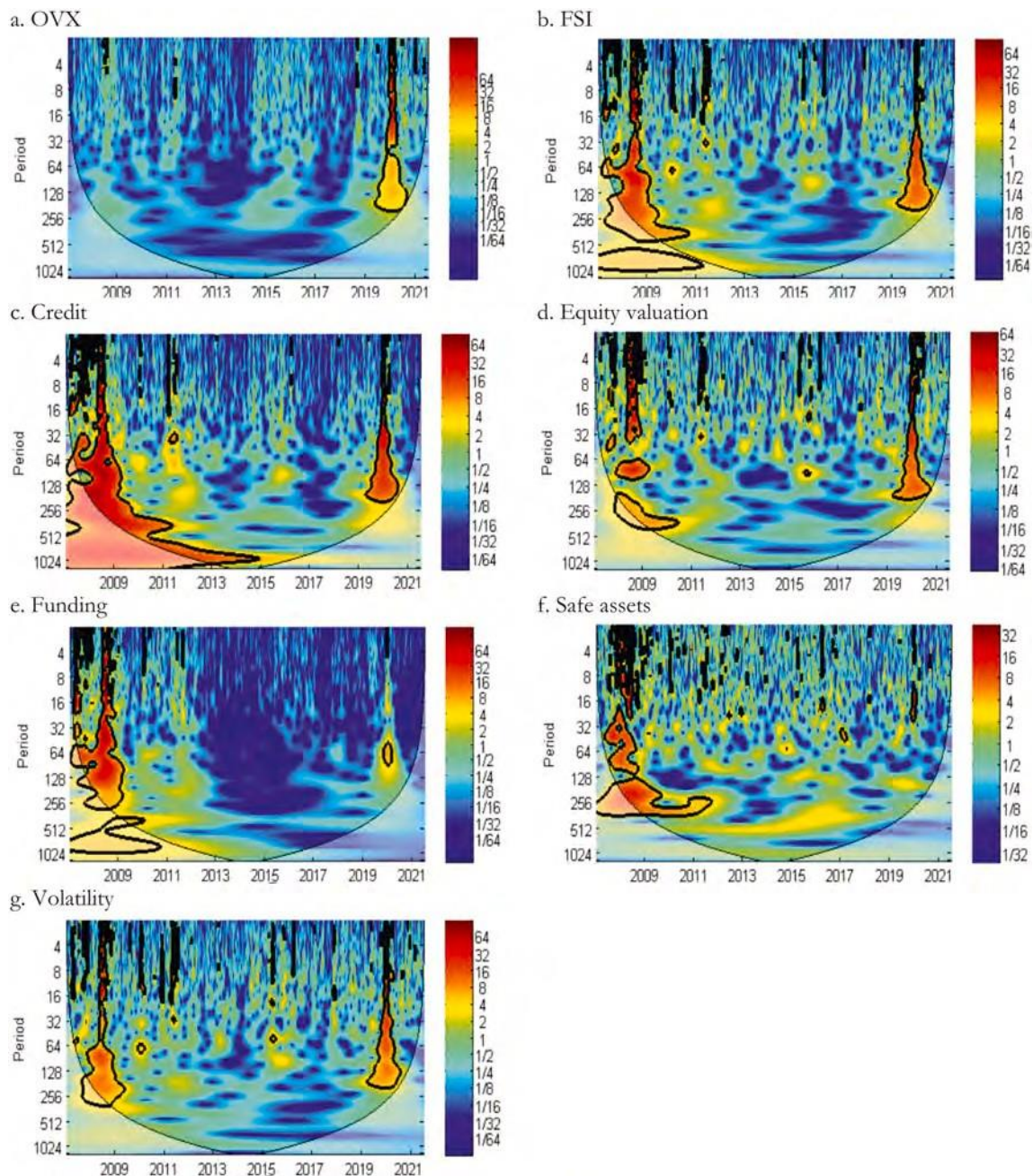


Рис. 2. Спектр мощности вейвлета.

На рисунках выше представлены графики WPS для всех рассматриваемых переменных. Конус влияния (COI) изображен черной воронкообразной линией, которая демаркирует зоны, подверженные краевым эффектам. Жирные черные контуры на картах обозначают значимые зоны на 5% уровне. Горизонтальная ось определяет временную шкалу, а вертикальная ось представляет частоты в количестве дней. Цветовая шкала обозначает силу власти от низкой до высокой, обозначенную синим и красным цветами соответственно. (Для интерпретации ссылок на цвет в легенде этого рисунка читатель отсылается к веб-версии этой статьи).

скалярная проекция стандартизированных данных на первый вектор нагрузки.² Репрезентативное значение индексов - это предельные вклады каждой переменной, которые характеризуют текущее состояние рыночных шоков и современные внутрипеременные взаимодействия. Индексы имеют положительное значение, когда положительный вклад в состояние финансового стресса превышает отрицательный и наоборот. Индексы имеют тенденцию к

[al-stability-index/](#). Заинтересованным читателям предлагается перейти по вышеупомянутой ссылке для подробного обсуждения.

² Описание построения индексов стресса доступно на сайте: <https://www.financialresearch.gov/working-papers/2017/10/25/the-ofr-financi>

D. Das и др. ноль, когда рыночные переменные достигают своих соответствующих долгосрочных средних значений. Официальное определение категориальных показателей стресса и переменных, используемых для построения этих индексов, представлено в таблице 1.

На рис. 1 показана историческая эволюция OVX и FSI в течение интервала выборки. Визуальная интерпретация этих индексов предполагает, что OVX и FSI имеют тенденцию условно двигаться в тандеме. Затененные серым цветом зоны указывают на циклы рецессии, определенные Национальным бюро экономических исследований (NBER). На полную выборку влияют две фазы рецессии. Первая фаза охватывает период с декабря 2007 года по июнь 2009 года, что соответствует GFC. В отличие от этого, экономический спад, вызванный COVID-19, определяет вторую фазу рецессии в выборке, охватывающую период с февраля по апрель 2020 года. Стоит отметить, что

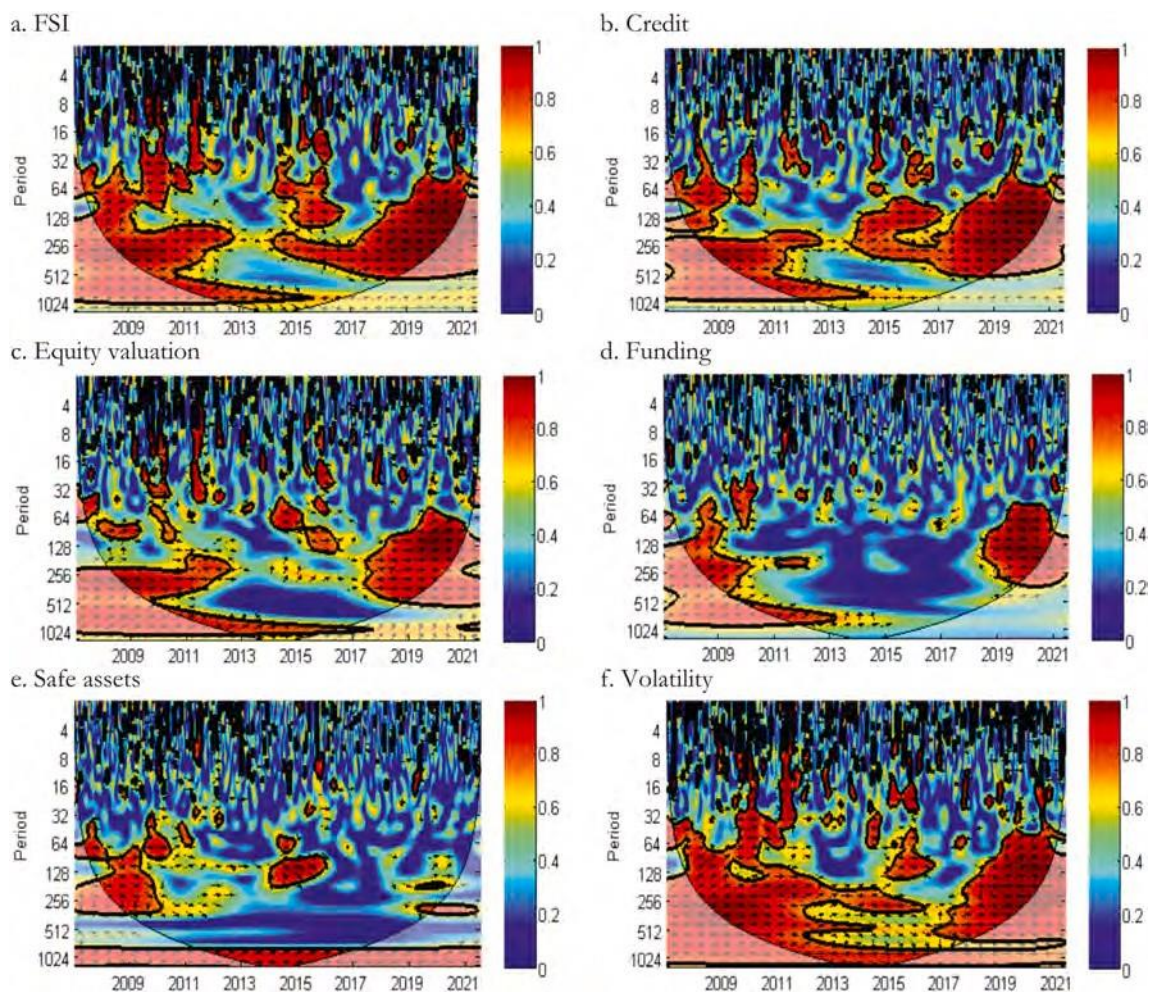


Рис. 3. Карты вейвлет-когерентности.

На рисунках выше представлены карты вейвлет-когерентности для всех индексов стресса в паре с OVX. ИСП изображен черной воронкообразной линией, которая демаркирует зоны, затронутые краевыми эффектами. Жирные черные контуры на картах обозначают значимые зоны на 5% уровне. Горизонтальная ось определяет временную шкалу, а вертикальная ось представляет частоты в количестве дней. Цветовая шкала обозначает силу власти от низкой до высокой, обозначенную синим и красным цветами соответственно. Фазы обозначены стрелками. (Для интерпретации ссылок на цвет в легенде этого рисунка читатель отсылается к веб-версии этой статьи).

эти два ряда, по-видимому, сильно изменяются во время фаз неопределенности. Интересно, что самый резкий пик для FSI наблюдается в период GFC 2007-09, поскольку кризис обычно связан с колебаниями в финансовом секторе. Исторический пик волатильности для сырой нефти приходится на фазу COVID-19. В качестве объяснимых причин можно назвать общенациональные закрытия во многих странах, запреты на поездки и периодические остановки промышленных предприятий в качестве мер безопасности.

В таблице 2 представлены безусловные корреляции между OVX и индексами стресса. Результаты по полной выборке представлены в первом столбце. Самая слабая корреляция наблюдается в случае стресса, связанного с финансированием. В то время как самая сильная корреляция наблюдается для стресса, связанного с волатильностью валютного, фондового, кредитного и товарного рынков, с OVX. Вторая и третья колонки таблицы 1 показывают, что корреляции усиливаются во время GFC 2007-09 и еще больше усиливаются во время COVID-19, соответственно. Явление более высоких корреляций между рынками в кризисные периоды соответствует гипотезе "заражения", которая хорошо описана в современной литературе (см. Bekaert et al., 2014; Kiviahio et al., 2014).

В таблице 3 представлены результаты децильного анализа для OVX, FSI и категориальных индексов стресса. В этой таблице OVX

разделен на десять децилей. Низшие децили определяют периоды низкой волатильности нефти, а высшие децили указывают на фазы высокой волатильности нефти. В соответствующих колонках представлены децили составного FSI и

D. Das и др. категориальные показатели стресса. Из таблицы видно, что более низким (более высоким) значениям OVX соответствуют более низкие (более высокие) значения индексов стресса. Таким образом, значения индексов стресса, сопоставленные с OVX, следуют в порядке возрастания, что означает положительную связь между ними. Это согласуется с теоретическим положением, которое предполагает положительную связь между ценами на нефть и финансовым стрессом (Chen et al., 2014; Das et al., 2018b; Nazlioglu et al., 2015). Таким образом, исследование находит некоторую предварительную поддержку теоретической коннотации.

Статистические свойства всех переменных при их первых разностях представлены в таблице 4. Среднее значение (mean) изменений в OVX выше, чем изменения в головном FSI и его категориальных индексах. Среднее значение волатильности цен на нефть выше, чем среднее значение изменений финансового стресса. В рамках категориальных индексов стресса сектор кредитования показывает наибольшее положительное значение, что означает максимальное повышение стресса в этом секторе. Сектора SA и Funding показывают отрицательные средние значения стресса, что свидетельствует о сохранении периодов низкого стресса в этих секторах. Стандартное отклонение OVX является самым высоким среди всех переменных, что указывает на колеблющийся характер этого индекса. Рассматриваемые переменные в основном имеют положительный перекош, что свидетельствует о более частом появлении положительных значений, единственным исключением является SA. Отрицательная асимметрия SA указывает на сдержанный стресс в этом секторе. Далее, коэффициент эксцесса показывает превышение эксцесса над желаемым для нормального распределения. Наконец, статистика Жарка-Бера иллюстрирует не

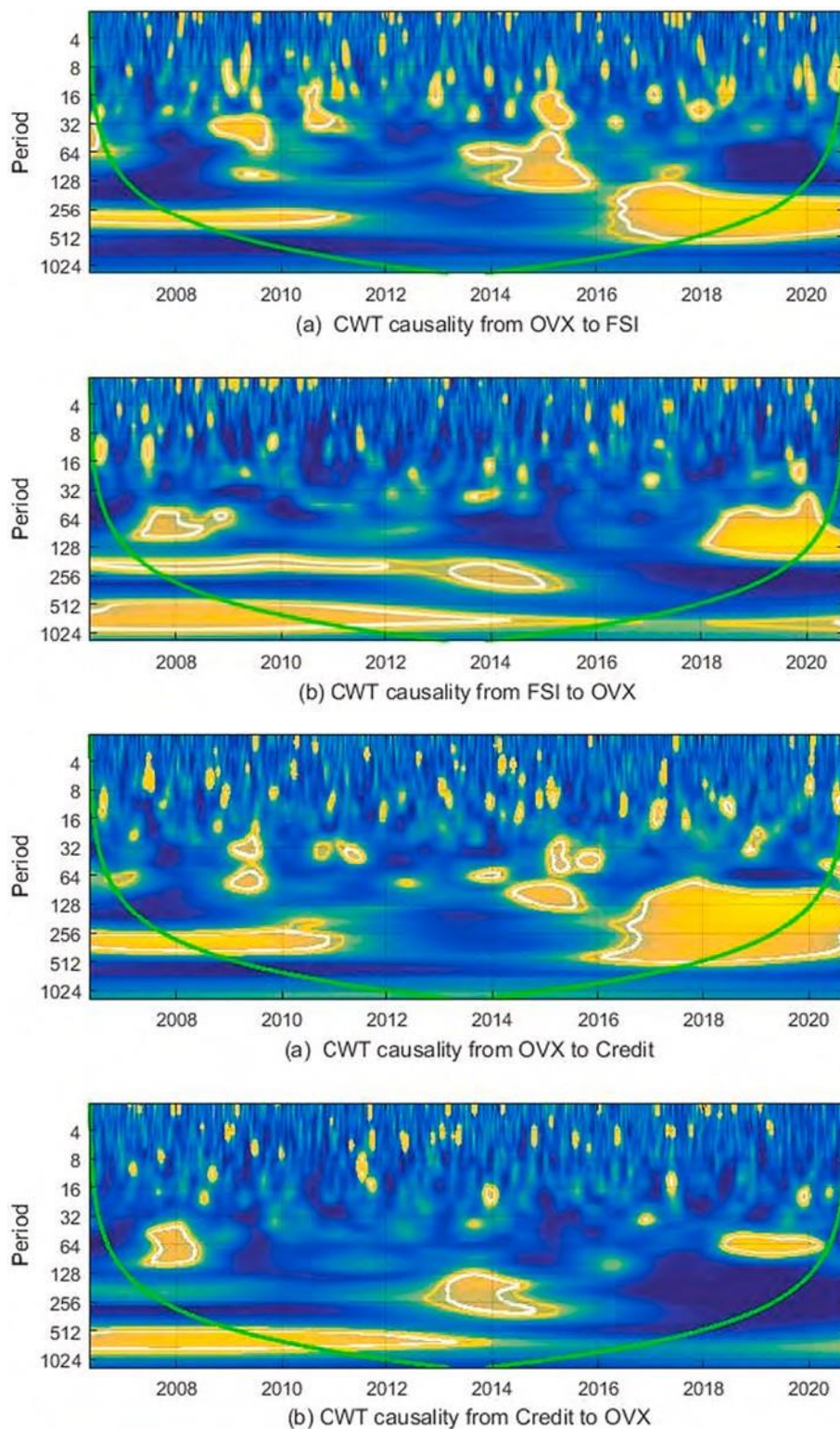


Рис. 4. а. График непрерывного вейвлет-преобразования причинно-следственной связи между OVX и композитным FSI.

б. График непрерывного вейвлет-преобразования причинно-следственной связи между OVX и кредитом.

с. График непрерывного вейвлет-преобразования причинно-следственной связи между OVX и EV.

д. График непрерывного вейвлет-преобразования причинно-следственной связи между OVX и Funding.

е. График причинно-следственной связи между OVX и SA с помощью непрерывного вейвлет-преобразования.

ф. График причинно-следственной связи между OVX и волатильностью с помощью непрерывного вейвлет-преобразования.

Примечание: Белый и желтый контуры на подрисунках (а) и (б) представляют статистическую значимость на уровне 5% и 10%, соответственно. Уровни значимости получены на основе 3000 имитационных розыгрышей Монте-Карло, оцененных по ARMA (1,1) с нулевой статистической значимостью. ИСП изображена зеленой линией, которая разграничивает зоны затронутые краевыми эффектами. Масштаб был преобразован в период для вейвлет-функции Морле. Используя $\omega_0 = 6$ для оптимального баланса (Torrence and Compo, 1998), мы имеем $Ft = 1,033$. с.

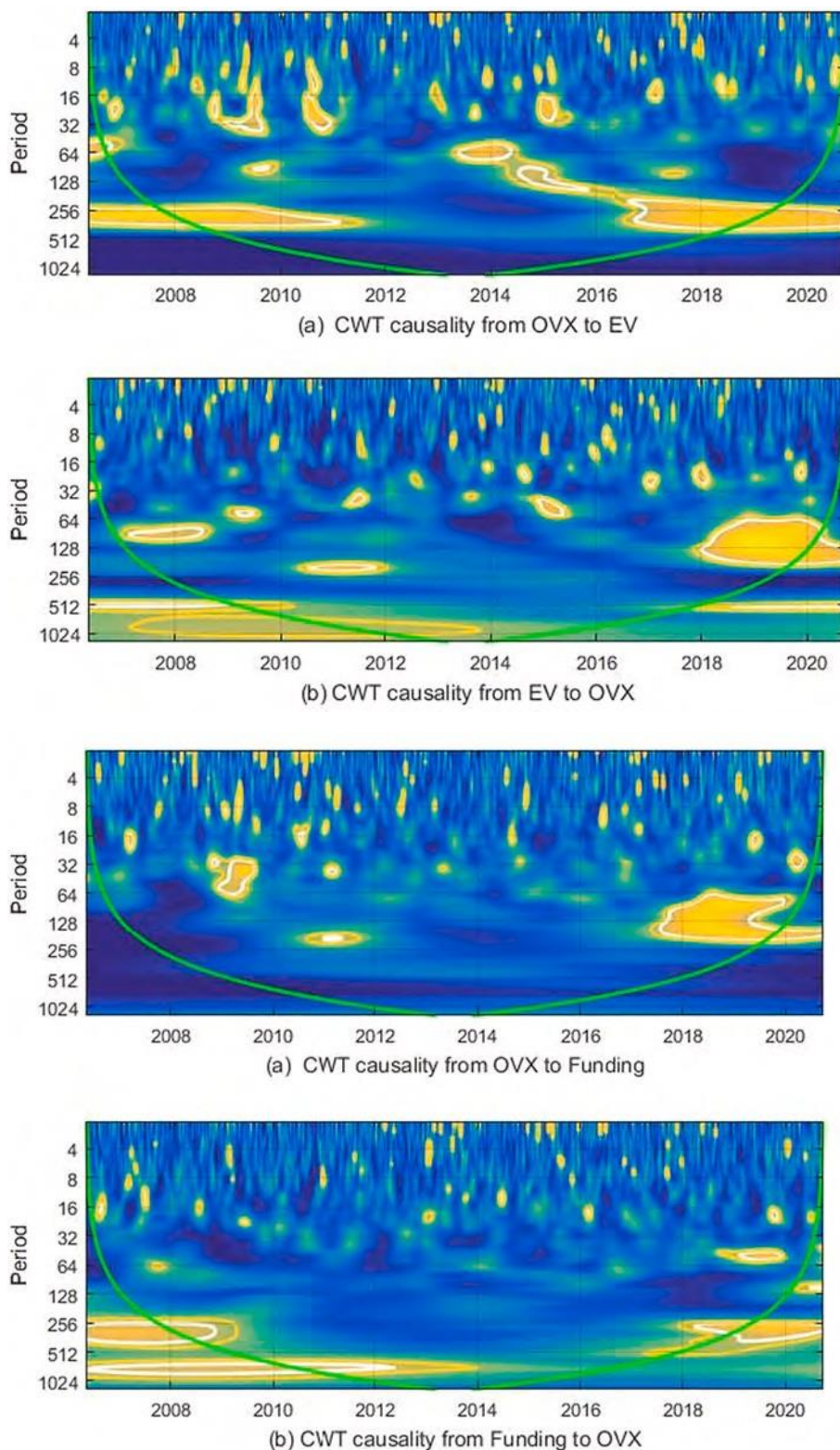


Рис. 4. (продолжение).

нормальность всех показателей.

В таблице 5 представлены тесты на единичный корень для OVX и индексов стресса. Тесты на единичный корень, проведенные в данном исследовании, включают дополненный тест Дики-Фуллера (ADF) (Dickey and Fuller, 1979), тест Филлипса-Перрона (PP) (Phillips and Perron, 1988) и тест Квятковски, Филлипса, Шмидта и Шина (KPSS) (Kwiatkowski et al., 1992). Хотя нулевая гипотеза

D. Das и др.
Для тестов ADF и PP предполагается, что лежащий в основе временной ряд имеет единичный корень против альтернативной гипотезы о стационарности, обратная ситуация имеет место для теста KPSS. Длина лага для теста выбирается с учетом информационного критерия Шварца (SIC). Результаты показывают, что нулевая гипотеза о единичном корне отвергается для тестов ADF и PP, а альтернативная гипотеза о стационарности принимается. Следствие для ADF и

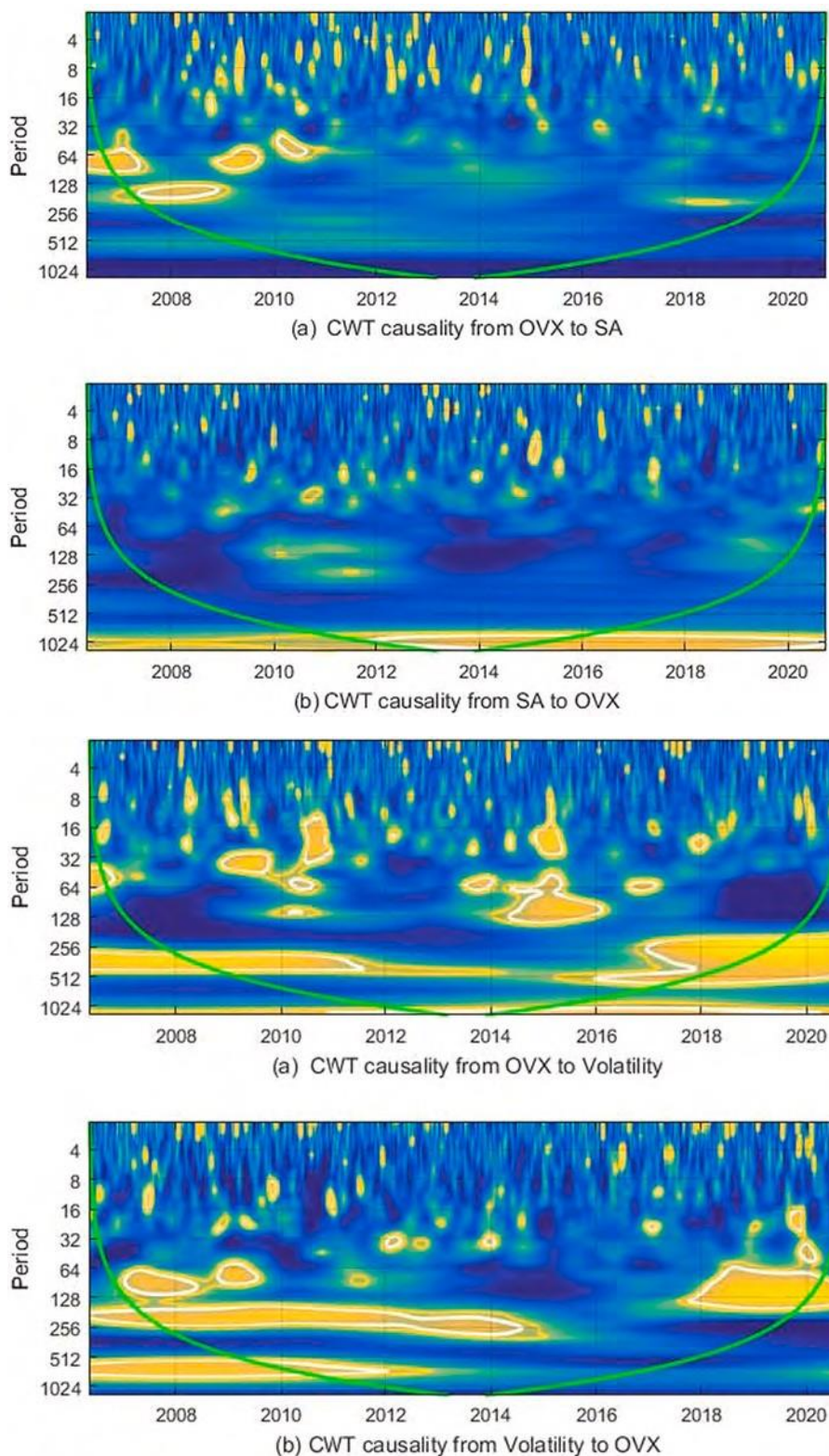


Рис. 4. (продолжение).

Результаты теста PP, тест KPSS не отвергает нулевую гипотезу о стационарности. Таким образом, все переменные, используемые в эмпирическом анализе, являются стационарными по своей природе.

4. Методологический подход

Анализ на основе вейвлетов обрабатывает сигнал, беря за основу анализ Фурье и методы фильтрации. Однако вейвлеты преодолевают большинство ограничений этих методов (Percival and Mofjeld, 1997; Percival and Walden, 2000). Одно из главных преимуществ вейвлетов

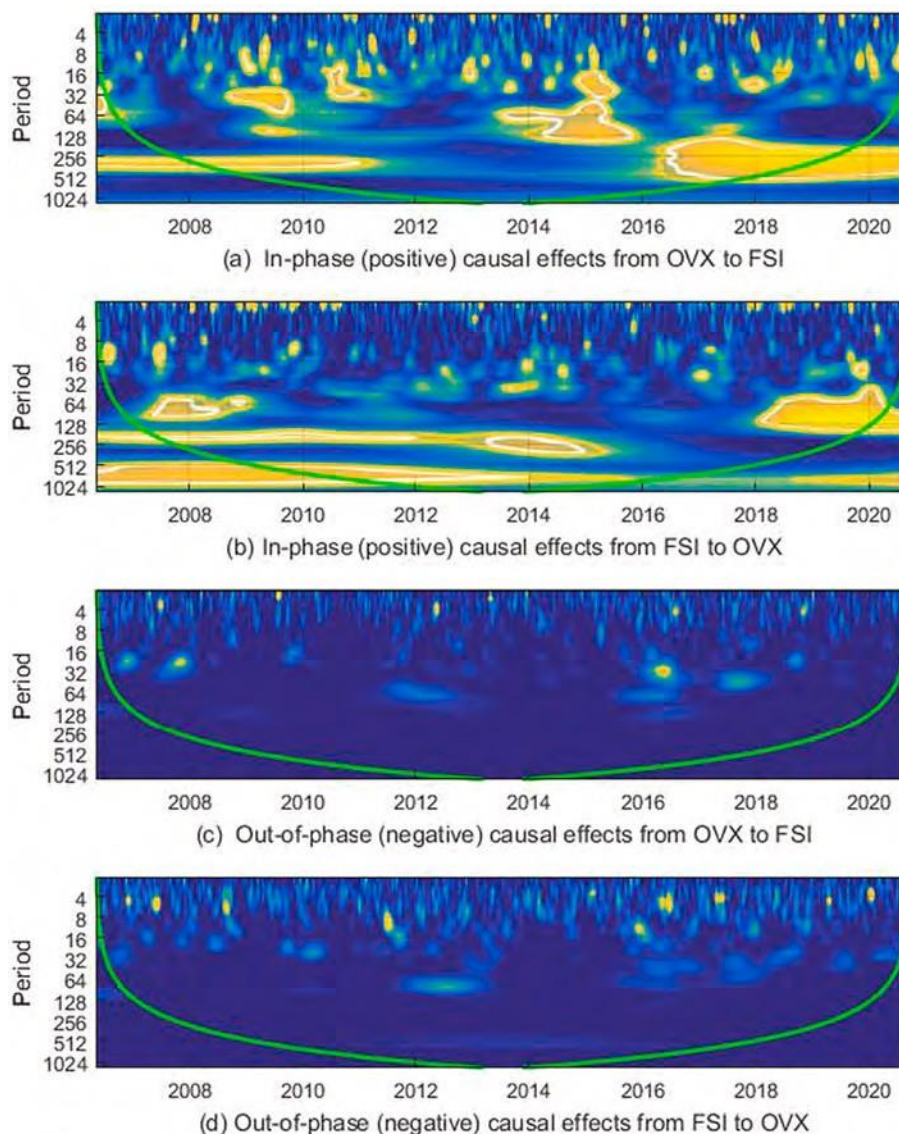


Рис. 5. а. Синфазные и внефазные графики причинности между OVX и FSI.

б. Синфазные и противофазные графики причинно-следственной связи между OVX и кредитом.

с. Синфазные и внефазные графики причинно-следственной связи между OVX и EV.

д. Синфазные и внефазные графики причинно-следственной связи между OVX и финансированием.

е. Синфазные и внефазные графики причинно-следственной связи между OVX и SA.

ф. Синфазные и противофазные графики причинно-следственной связи между OVX и волатильностью.

Примечание: Белый и желтый контуры на подрисунках (а) и (б) представляют статистическую значимость на уровне 5% и 10%, соответственно. Уровни значимости получены на основе 3000 имитационных розыгрышей Монте-Карло, оцененных по ARMA (1,1) с нулевой статистической значимостью. ИСП изображена зеленой линией, которая демаркирует зоны затронутые краевыми эффектами. Масштаб был преобразован в период для вейвлет-функции Морле. Используя $\omega_0 = 6$ для оптимального баланса (Torrence and Compo, 1998), мы имеем $F_t = 1,033$. с.

что он передает информацию как во временной, так и в частотной области. Кроме того, он не требует жестких предположений относительно процесса генерирования данных базового ряда. Превосходная способность вейвлетов непрерывно изменять размер своего окна делает их более полезными и интересными. Если более тонкие особенности данных можно наблюдать, обрабатывая сигнал на меньшем окне, то грубые особенности обнаруживаются при обработке сигнала на большем окне (Torrence and Compo, 1998). Другими словами, краткосрочная (долгосрочная) динамика данных является

наблюдается при рассмотрении на высокочастотных (низкочастотных) компонентах. Таким образом, нижние шкалы определяют краткосрочную ассоциацию OVX-FSI, напротив, долгосрочная ассоциация обозначается на более высоких шкалах.

4.1. Непрерывная вейвлет-система

В данном исследовании используется непрерывное вейвлет-преобразование (CWT) для анализа ассоциации OVX-FSI во временно-частотной области. Сайт

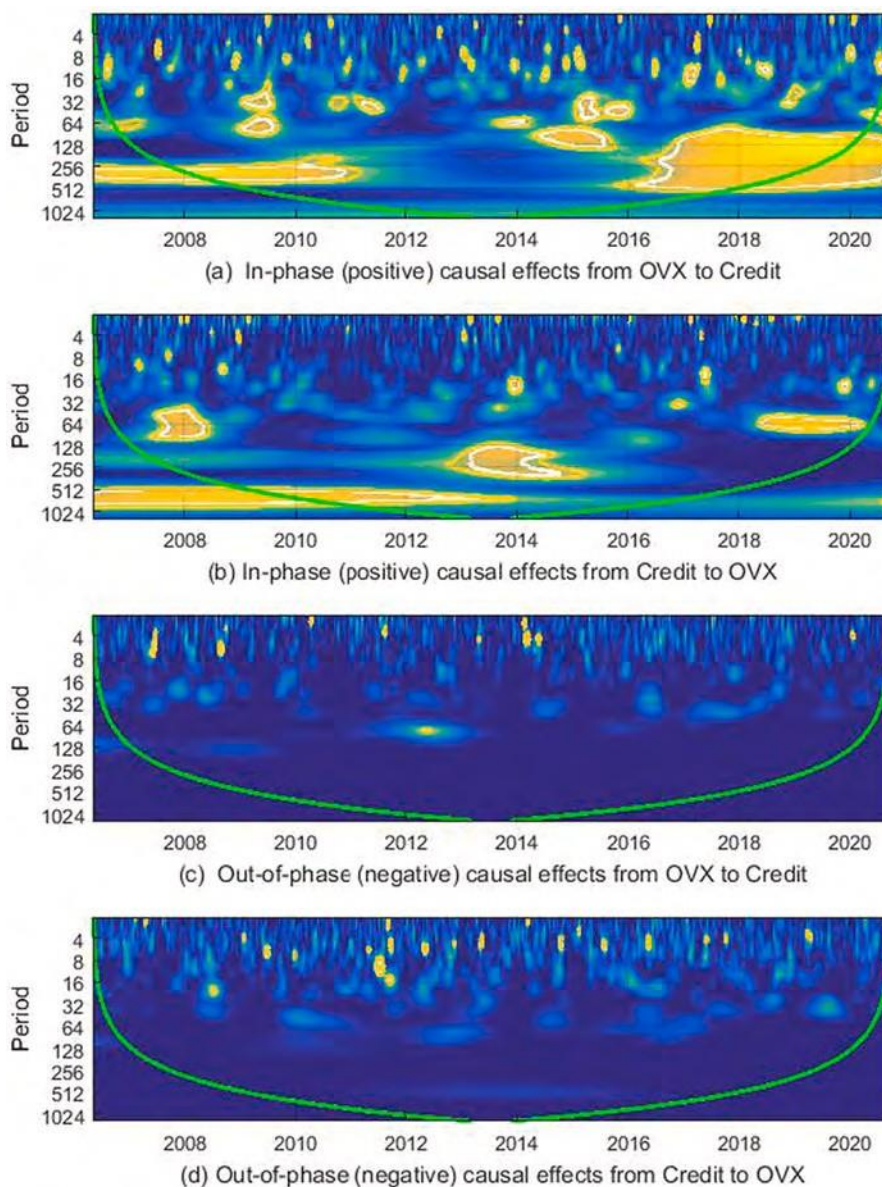


Рис. 5. (продолжение).

базовые данные разлагаются до уровня 10.³ Термин *Wavelet* - это техническая номенклатура, обозначающая "малую волну".⁴ Функции вейвлет строятся в зависимости от параметров масштаба и расположения в

в дополнение к материнской вейвлет-функции⁵:

³ Уровень 1 (D1) представляет собой 2-4 дня, D2 - от 4 до 8 дней, D3 - от D4 от 16 до 32 дней, D5 от 32 до 64 дней, D6 от 64 до 128 дней, D7 от от 128 до 256 дней, D8 от 256 до 512 дней, D9 от 512 до 1024 дней, D10 > 1024 дней (до 2,81 года), учитывая гражданский год. Представление шкал соответствует Madaleno и Pinho (2014).

⁴ Его относят к малым, потому что функция вейвлета компактно над-портативна (ненулевая за конечный промежуток времени). Кроме того, функция является осцилляционной, поэтому называется волновой.

⁵ Материнская вейвлет-функция обозначается $\phi(t)$ и определена на вещественном.

ось. Она должна удовлетворять следующим условиям: (a)

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \phi(t) dt = 0 \quad \text{и} \quad (b) \quad \int_{-\infty}^{+\infty} |\phi(t)|^2 dt < \infty$$

$|\phi(t)|^2 = 1$. Эти условия потенциально подразумевают, что по крайней

$$W_{s,\tau} = \frac{1}{\sqrt{s}} \phi\left(\frac{t-\tau}{s}\right) \quad (1)$$

Говоря иначе, CWT относительно вейвлета ϕ , по сути, является функцией $W_x(s, \tau)$, которая математически выражается как:

$$W_x(s, \tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \frac{1}{\sqrt{s}} \phi^*\left(\frac{t-\tau}{s}\right) dt \quad (2)$$

где комплексно-сопряженная форма обозначается *. Для генерации другой оконной функции материнский вейвлет $\phi(t)$ используется в качестве прототипа. Расположение окна, которое указывает на положение вейвлета, задается параметром трансляции τ . Встроенная информация о времени в области преобразования получается в виде выигрыша. Сдвигает сигнал. Проверка длины вейвлета, т.е. расширение (если $|s| > 1$) или сжатие (если $|s| < 1$), задается параметром масштабирования s . Вейвлет-преобразование W_x будет комплексным, если в мере некоторые со

коэффициенты, полученные из вейвлет-функции, должны отличаться от нуля. Кроме того, эти отклонения от нуля должны аннулироваться.

соответствующая вейвлет-функция $\phi(t)$ является единичной. Чтобы отделить информацию, основанную на частоте, необходимо расширить или сжать материнскую функцию.

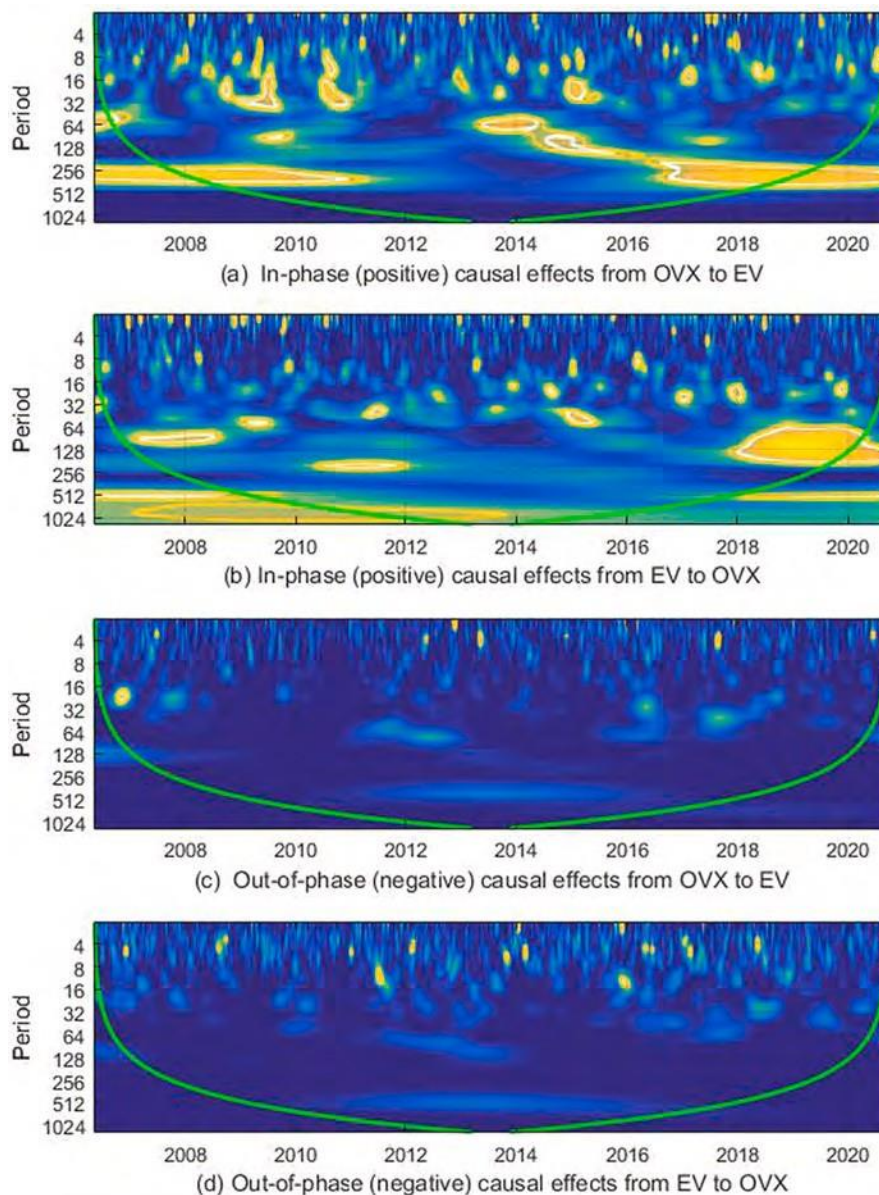


Рис. 5. (продолжение).

вейвлет соответствуют циклам различных частот. Однако степень расширения или сжатия материнского вейвлета зависит от параметра масштабирования s . Вейвлеты, построенные на горизонте коротких временных масштабов, имеют тенденцию включать резкие и высокочастотные колебания. Более короткие временные масштабы обеспечивают лучшее временное разрешение, но худшее масштабное разрешение. Напротив, вейвлеты, структурированные по длинным шкалам, имеют тенденцию интегрировать низкочастотную волатильность. Следовательно, они имеют относительно худшее временное разрешение и лучшее масштабное разрешение. Кроме того, вейвлет-преобразования можно использовать в тех случаях, когда временной ряд содержит нестационарную мощность на различных интервалах (Percival and Walden, 2000). Коэффициенты вейвлет-преобразования $W_x(s, \tau)$ охватывают как анализирующий вейвлет $\phi(t)$, так и функцию $x(t)$. Выбор вейвлета для целей анализа является важным моментом (Percival and Walden, 2000). В данном исследовании вейвлет 'Morlet' используется в качестве основы для вейвлета

трансформации, учитывая его богатую применимость в области экономики и финансов (Das et al., 2018a; Das and Kumar, 2018; Madaleno and Pinho, 2014).

4.2. Вейвлет Морле; спектр мощности; кросс-вейвлет и когерентность

Правильная изоляция периодических сигналов и хорошая идентификация возможна с помощью вейвлета Морле, поскольку он обеспечивает оптимальный баланс между временной и частотной локализацией. Это форма сложного вейвлет-преобразования с информацией как о фазе, так и об амплитуде, что необходимо для расшифровки синхронного поведения между временными рядами (Aguar-Conraria et al., 2008; Torrence and Compo, 1998). Центральная частота вейвлета Морлета для анализа данных установлена равной десяти ($W_0 = 10$). Таким образом, специальные характеристики сигналов могут быть оценены как

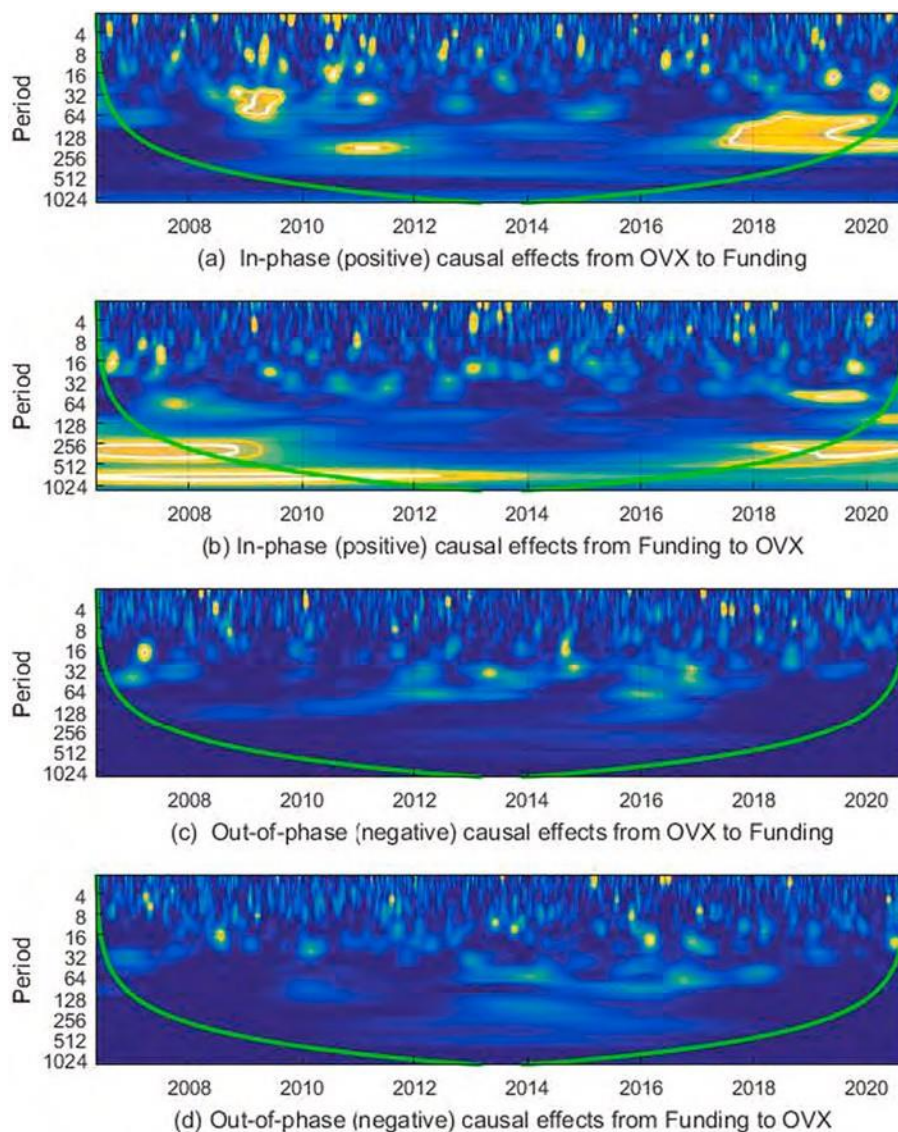


Рис. 5. (продолжение).

функция времени. Кроме того, анализ на основе вейвлетов позволяет не только получить изменяющийся во времени спектр мощности, но и вычислить спектр фазы когерентности.

Связь между двумя временными рядами выражается корреляцией, так что можно утверждать, что высокоррелированные ряды являются когерентными.⁶ Мера того, насколько две переменные x и y связаны линейной трансформацией, выражается степенью когерентности. Если степень

когерентность между набором переменных стремится к максимальному значению единицы, только тогда набор переменных может быть тесно связан линейно преобразованием. Таким образом, предполагается, что пара случайных величин является когерентной тогда и только тогда, когда $|\rho| = 1$, и некогерентной тогда и только тогда, когда $|\rho| = 0$, где коэффициент корреляции задается ρ . Тем не менее, это является

Важно отметить, что корреляция может быть не одновременной во всех

случаев. Также может наблюдаться опережающее поведение. Фазы используются для определения величины характеристик опережения или запаздывания.

При рассмотрении дискретного базового временного ряда $\{x_n, n = 0, \dots, N - 1\}$ наблюдений N с равномерным шагом по времени δt ,

интегральное выражение в eq. (14) должно быть дискретизировано, следовательно, CWT временного ряда $\{x_n\}$ пересматривается как:

$$W^x(s) = \sum_{m=0}^{N-1} \frac{\delta t}{\sqrt{s}} x_n \phi^* \left(n - \frac{\delta t}{s} \right), \quad m = 0, 1, \dots, N - 1 \quad (3)$$

когерентности сигнал возводится в квадрат и, таким образом, получается значение от 0 до 1. При этом теряется информация, связанная с полярностью. В отличие от этого, корреляция чувствителен к полярности, и его значение обычно варьируется от -1 до 1. Следовательно, когерентность позволяет получить информацию о стабильности связи между двумя сигналами в отношении фазового соотношения и асимметрии мощности.

⁶ Когерентность часто считается эквивалентной мере корреляции. Однако между ними существуют некоторые различия. При вычислении

Искажения границ неизбежны при применении SWT к временному ряду конечной длины. Основная причина заключается в том, что значения преобразования всегда неточно вычисляются в конце и начале ряда. Оно включает в себя недостающие значения ряда, которые затем устанавливаются синтетически. Далее, важно отметить, что эффективная поддержка вейвлета на масштабе s пропорциональна s , поэтому краевые эффекты также увеличиваются с ростом s . Область, в которой преобразование подвержено краевым эффектам, называется конусом влияния. Эта область находится за пределами статистической значимости, поэтому ее следует интерпретировать с осторожностью (Torrence and Compo, 1998).

Вейвлет-спектр мощности (WPS) обозначается $|W|^2$. WPS обычно иллюстрирует спектральную плотность (распределение энергии) определенного временного ряда во временной плоскости. Кросс-вейвлет

n

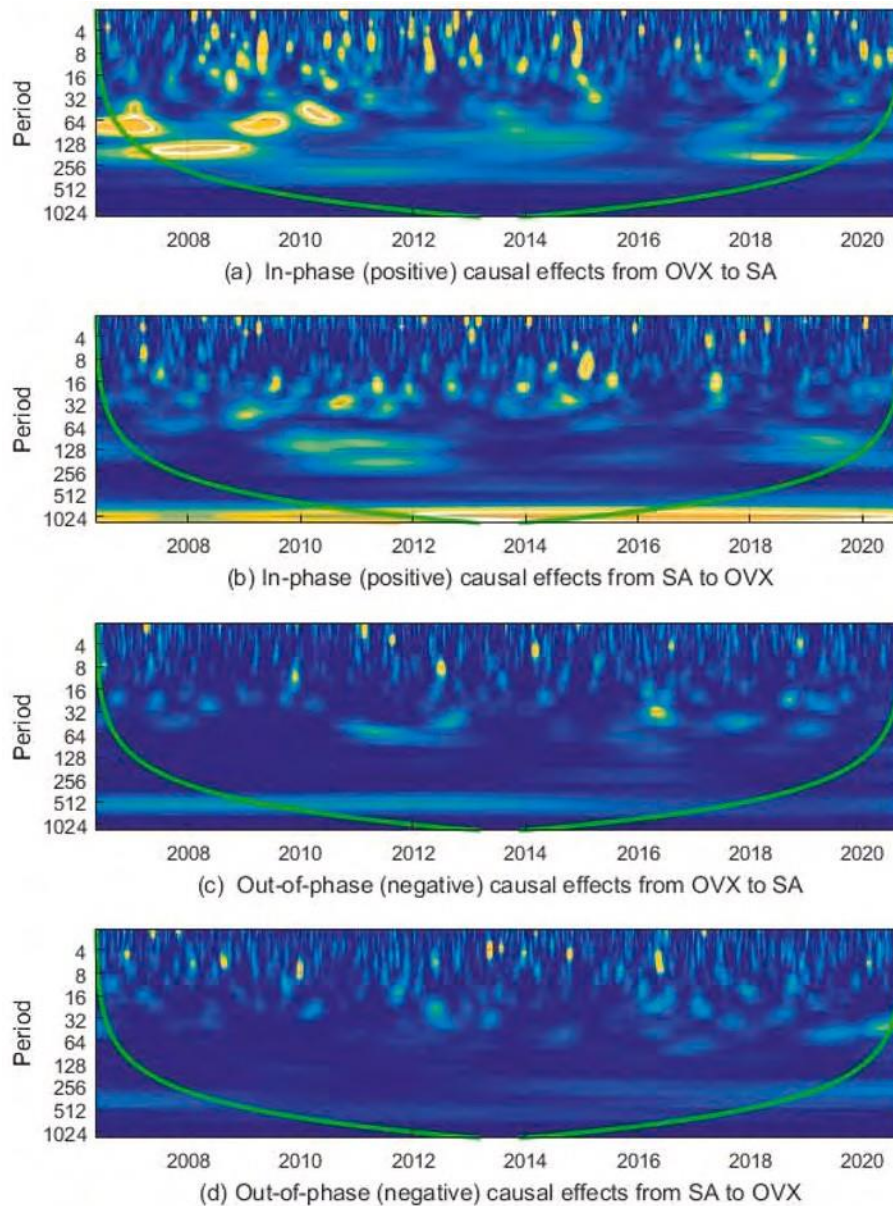


Рис. 5. (продолжение).

преобразование (XWT) пары временных рядов x_n и y_n определяется как $W^{xy} W^{xy*}$, где комплексное сопряжение обозначается *, а вейвлет-преобразование преобразование серий x_n и y_n дается W^x и W^y , соответственно.

соответственно. В то время как WPS отображает локальную дисперсию одного временного ряда, XWT отображает совместную дисперсию пары временных рядов на каждой частоте или шкале. Любые отношения опережения или запаздывания между компонентами являются идентифицируются фазами вейвлета, который

$$\phi_{x,y} = \tan^{-1} \frac{I_{W^{xy}}}{R_{W^{xy}}} \quad \phi_{x,y} \in [-\pi, \pi]. \quad (4)$$

где действительная и мнимая части гладкого спектра мощности обозначаются I и R, соответственно. Фазовое соотношение между двумя переменными может быть охарактеризовано разностью фаз. На карте когерентности разность фаз обозначается стрелками. Синфазность или противофазность временных рядов обозначается стрелками с левым хвостом (\leftarrow) или правым хвостом

влево-вниз (\nwarrow) указывают на то, что первый временной ряд опережает второй. Аналогично, нисходящий (\downarrow), правый нисходящий (\searrow) и левый восходящий (\nearrow). Направленные стрелки показывают, что второй временной ряд имеет тенденцию опережать первый.

Вейвлет-когерентность пары временных рядов, следуя Торренсу и Компо (1998), может быть определена как:

$$R_n(s) = \frac{\left(\left| S s^{-1} W_n^{xy}(s) \right|_2 \right)^2}{\left(\left| S s^{-1} W_n^x(s) \right|_2 \right)^2 \left(\left| S s^{-1} W_n^y(s) \right|_2 \right)^2} \quad (5)$$

где оператор сглаживания как по времени, так и по масштабу (\leftarrow) соответственно. Синфазные временные ряды показывают положительное совместное движение, в то время как противофазное поведение обозначает отрицательное совместное движение. Стрелки, направленные вверх (\uparrow), вправо-вверх (\nearrow) и

Этот и определение близко характеризует традиционную коннотацию коэффициента корреляции. Вейвлет-когерентность можно рассматривать как локализованную корреляцию в частотном пространстве. Когерентность XWT указывает на когерентность между вращательными компонентами. Когерентность, равная 1, обозначает более сильное совместное движение, на которое указывают горячие красные зоны на картах когерентности. Более низкая когерентность (или стремящаяся к 0) означает более слабое совместное движение, на что указывают холодные синие зоны. Другими словами, локальная ко- связь между КВТ может быть определена как отношение кросс-спектра к произведению спектра каждой серии.

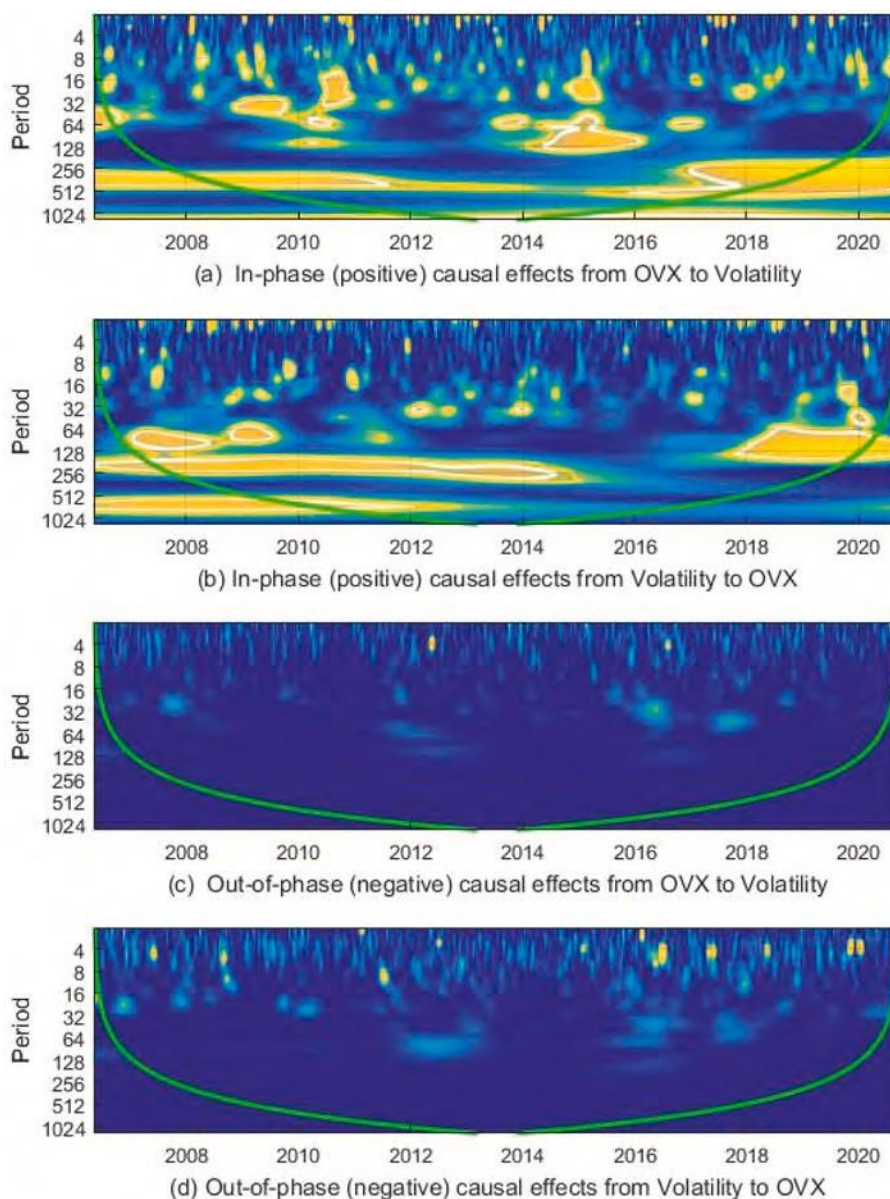


Рис. 5. (продолжение).

4.3. Причинность в непрерывном вейвлет-преобразовании

Концептуализация причинно-следственной связи между парой переменных - это, пожалуй, одна из хорошо оцененных традиционных методов оценки причинности, такой как причинность Грейнджера. Подход (Granger, 1969) имеет широкое применение в области экономики и финансов и др. Одним из недостатков этого метода является его неспособность отличить причинность в долгосрочном периоде от причинности в краткосрочном периоде. Чтобы решить эту проблему, Гевеке (1982) зародилась идея выявления причинно-следственной связи домена, которая рассматривается последующими учеными. Позже Олайени (2016)⁷ предлагает Грейнджер-каузальность в рамках SWT, которая зависит от корреляционной меры Руа (2013), основанной на вейвлет-технологии, которая задается следующим образом:

$$G_{Y \rightarrow X}(s, \tau) = \frac{\zeta\{s \mid R W^m(s, \tau)\} I_{Y \rightarrow X}(s, \tau)}{\zeta\{s \mid W^m(s, \tau)\} \sqrt{\zeta\{s \mid W^m(s, \tau)\}} \sqrt{\zeta\{s \mid W^m(s, \tau)\}}} \quad (6)$$

где вейвлет-преобразования задаются $W^m(s, \tau)$,

$W_Y^m(s, \tau)$ и $W_{XY}^m(s, \tau)$. Индикаторная функция задается $I_{Y \rightarrow X}(s, \tau)$, который определяется Олайени (2016) как:

$$I_{Y \rightarrow X}(s, \tau) = \begin{cases} 1, & \text{если } \phi(s, \tau) \in \left(0, \frac{\pi}{2}\right) \cup \left(-\frac{\pi}{2}, \pi\right); \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} \quad (7)$$

описана кратко. Заинтересованным читателям предлагается обратиться к Олайени (2016) для подробного обсуждения эволюции методов спектральной причинности.

⁷ Методологическая модификация, предложенная Олайени (2016),

D. Das и др.

Этот метод предположительно полезен в данной работе, поскольку он может выявить двунаправленную причинно-следственную связь между OVX и индексами стресса в частотно-временной области. Кроме того, этот метод также полезен для выявления причинно-следственных связей в периоды высокой и низкой волатильности нефти и финансового стресса. Несколько исследований в прошлом использовали этот методологический подход в контексте рынка энергоносителей, акций и металлов для выявления причинно-следственной связи в рамках CWT (например, [Alam et al., 2019](#); [Kang et al., 2019](#); [Tiwari](#)

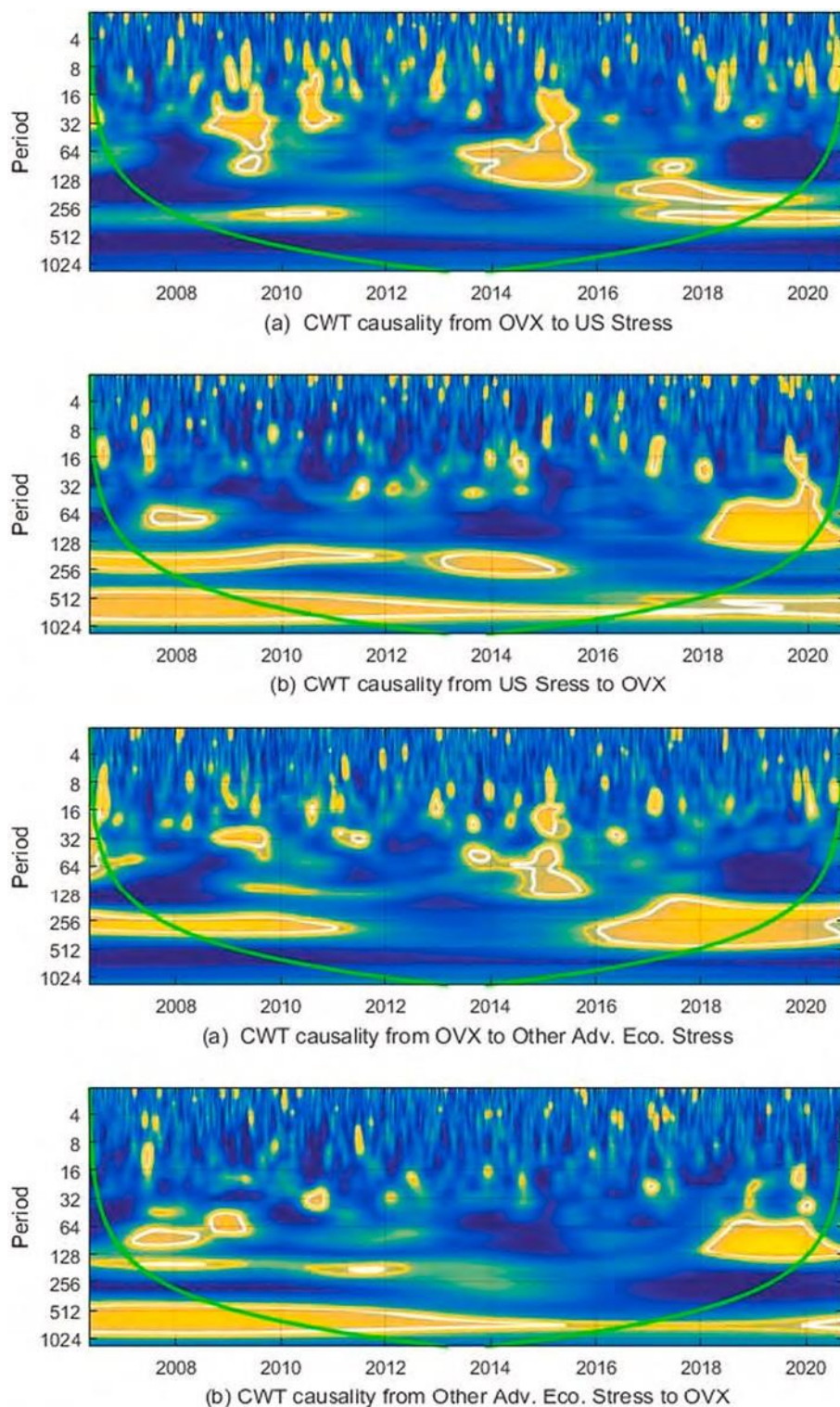


Рис. 6. а Непрерывный график вейвлет-преобразования причинно-следственной связи между OVX и стрессом в США.

б. График причинно-следственной связи между OVX и стрессом "Другие страны с развитой экономикой" с использованием непрерывного вейвлет-преобразования.

с. График причинно-следственной связи между OVX и стрессом на развивающихся рынках с помощью непрерывного вейвлет-преобразования.

Примечание: Белый и желтый контуры на подрисунках (а) и (б) представляют статистическую значимость на уровне 5% и 10%, соответственно. Уровни значимости получены на основе 3000 имитационных розыгрышей Монте-Карло, оцененных по ARMA (1,1) с нулевой статистической значимостью. ИСП изображен зеленой линией, которая разграничивает зоны затронутые краевыми эффектами. Масштаб был преобразован в период для вейвлет-функции Морле. Используя $\omega_0 = 6$ для оптимального баланса (Torrence and Compo, 1998), мы имеем $Ft = 1,033$. с.

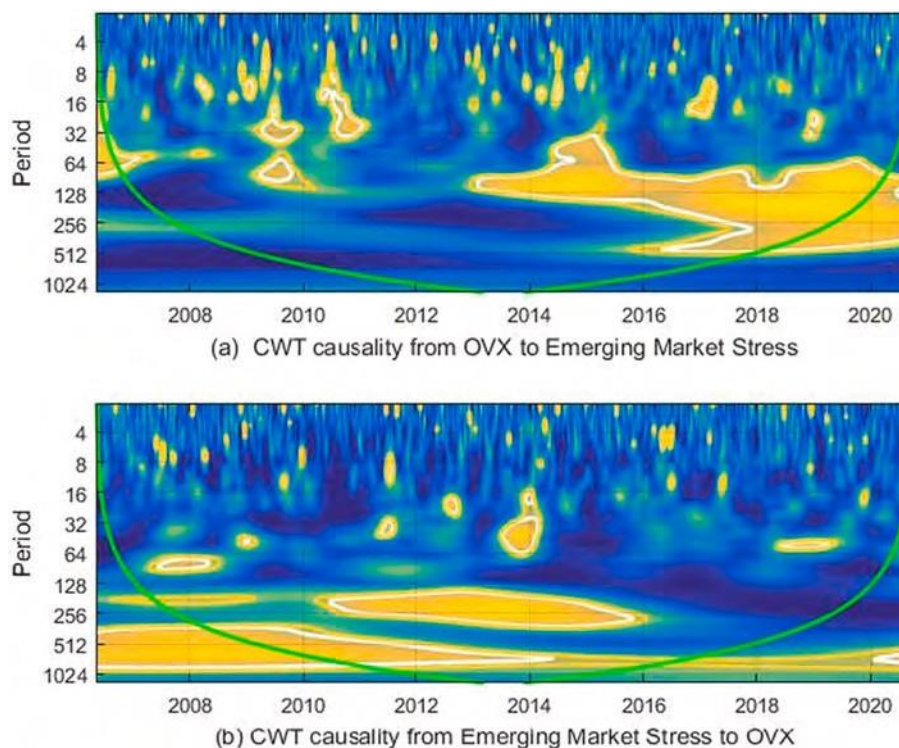


Рис. 6. (продолжение).

et al., 2018a; Tiwari and Albulescu, 2016).⁸

5. Эмпирические результаты

В данном разделе обсуждаются полученные результаты и объясняются их последствия в свете экономических теорий. Во-первых, результаты, полученные с помощью метода VAR Granger-causality, представлены в таблице 6. Для проверки нулевой гипотезы (H_0) о некаузальности Грейнджера в VAR используется модифицированная статистика Вальда (MWALD). Статистика MWALD соответствует распределению хи-квадрат (χ^2) с k степенями свободы. Результаты показывают, что нулевая гипотеза о некаузальности может быть отвергнута в большинстве случаев. Кроме того, доказательство двунаправленной причинности также является очевидным, что подтверждается в предыдущей литературе (Das et al., 2018b; Nazlioglu et al., 2015). Нуль отсутствия причинности принимается в случае пар $OVX \rightarrow SA$, $SA \leftarrow OVX$ и $OVX \rightarrow Funding$. Стресс относительно SA обозначает меры оценки класса активов, который в целом имеет стабильный денежный поток. Действительно, активы, составляющие индекс SA, такие как золото и облигации, могут двигаться вместе с фондовыми рынками во время фаз экономической турбулентности, тем не менее, в нормальные периоды он остается спокойным. Baur и Lucey (2010) обнаружили, что золото остается некоррелированным с основными финансовыми активами в нормальные периоды, однако в стрессовые периоды золото вскоре становится коррелированным, поскольку инвесторы бегут в безопасные места. Таким образом, незначительный поток причинно-следственной связи между нефтяной неопределенностью и стрессом SA для полной выборки кажется неудивительным. В контексте $OVX \rightarrow Funding$ отсутствие причинно-следственной связи несколько удивляет. Теоретически ожидается, что экономическая неопределенность, выраженная OVX, будет усиливать

⁸ Для изучения причинности в рамках вейвлет-системы в некоторых исследованиях в прошлом использовалось дискретное вейвлет-преобразование (DWT), а затем применялась причинность по Грейнджеру (например, см. Jiang and Yoon, 2020; Reboredo et al., 2017; Tiwari et al., 2013). Olayeni (2016) утверждает, что такой подход не позволяет уловить причинно-следственные эффекты во временной области и, следовательно, он так же хорош, как мера причинности Грейнджера-Гевека, только в частотной области. Таким образом, Olayeni (2016) предлагает текущий метод, поскольку он обходит ограничения использования смешанной модели причинности DWT-Грейнджера.

премии за риск и стоимость заимствований, что приводит к повышению вероятности дефолта для компаний и, в конечном итоге, к снижению склонности к инвестированию (Apostolakis et al., 2021). Одна из вероятных причин может заключаться в том, что индексы, используемые для построения индекса стресса финансирования, не подверглись значительному влиянию OVX.

Далее обсуждаются результаты WPS для всех переменных, как показано на рис. 2. В то время как горизонтальная ось карт WPS указывает на временную шкалу, вертикальная ось обозначает частоты, пересчитанные в дни для удобства интерпретации. Сила спектральной плотности обозначена цветовой шкалой от низкой до высокой, обозначенной синим и красным цветом соответственно. Воронкообразная кривая обозначает конус влияния (KB), область под кривой указывает на зоны, затронутые краевыми эффектами. Черными контурами на карте выделены области, значимые на 5% уровне, оцененные с помощью моделирования Монте-Карло. Интересно отметить, что в случае OVX значимые зоны с энергосбережением ограничены во время GFC 2007-08. Тем не менее, значимые зоны идентифицируются вокруг периода COVID-19 до ~256 дней. Это, по сути, подчеркивает, что рынки сырой нефти были менее подвержены влиянию экономических потрясений в 2007-08 годах, чем COVID-19. Этот результат представляется оправданным, поскольку во время COVID-19 по всему миру были введены серьезные ограничения на поездки и промышленную деятельность. В контексте составного FSI и категориальных индексов стресса можно выделить значительные зоны напряжения для GFC 2007-08 и COVID-19 до и более ~256 дней. Примечательно, что воздействие индексов стресса кажется более высоким в 2007-08 годах, поскольку это был кризис финансового характера. Кроме того, интересно отметить, что влияние COVID-19 на рынки SA и фондирования незначительно. Тем не менее, историческая эволюция всех переменных о б н а р у ж и в а е т некоторые общие черты, которые и будут исследованы далее.

На рис. 3 представлен результат анализа вейвлет-когерентности (WCA) между OVX и составными и категориальными индексами стресса. Из рисунка видно, что зависимость между OVX и индексами стресса изменяется во времени и частоте на протяжении всего периода исследования. Горизонтальная ось определяет сферу времени, в то время как вертикальная ось указывает на частоту в терминах количества дней. Жирные черные контуры на поверхности карт когерентности указывают на значимые локальные корреляции на 5% уровне и оцениваются с помощью моделирования Монте-Карло. На сайте

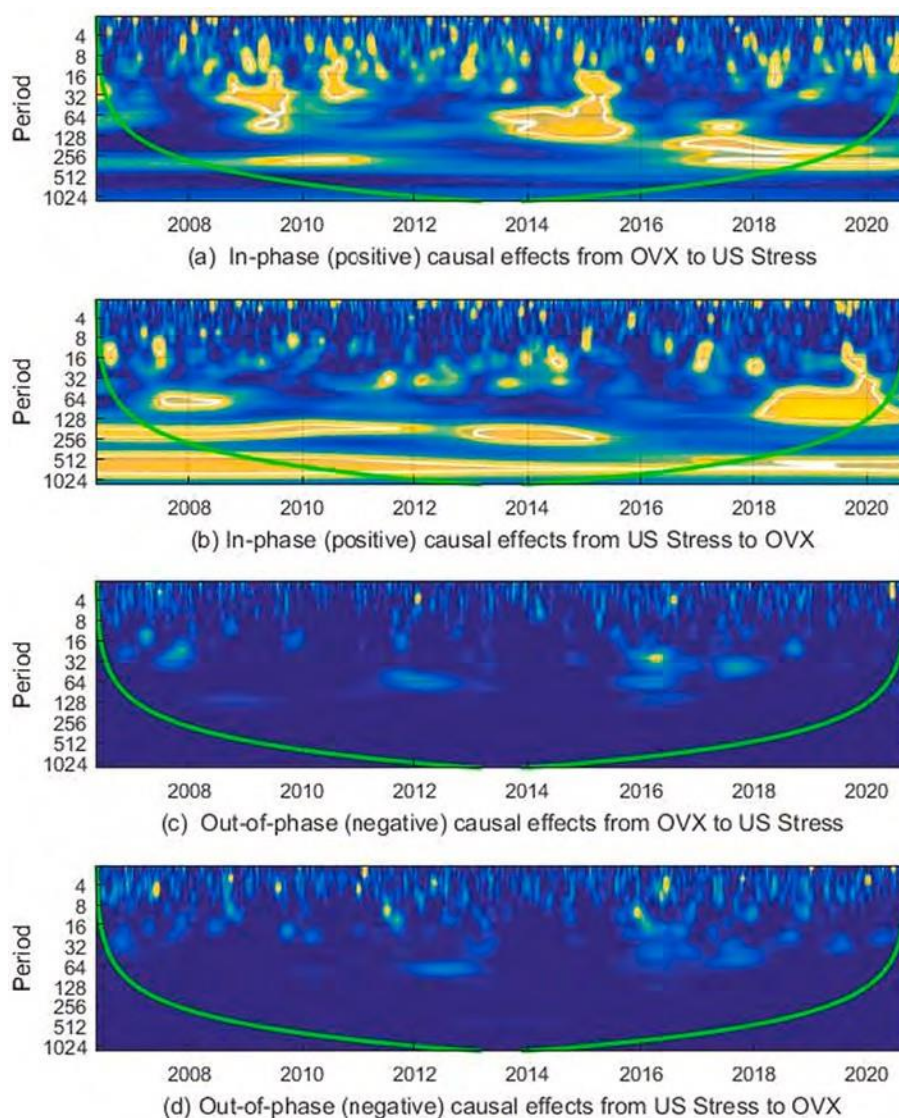


Рис. 7. а. Синфазные и внефазные графики причинно-следственной связи между OVX и стрессом в США.

б. Синфазные и противофазные графики причинно-следственной связи между OVX и стрессом "Другие страны с развитой экономикой".

с. Синфазные и противофазные графики причинно-следственной связи между OVX и стрессом развивающихся рынков.

черная воронкообразная линия, которая разграничивает зоны, подверженные краевым эффектам, - это ИСП. Более сильные (слабые) когерентности изображены красными (синими) зонами, обозначенными цветной полосой. Далее, стрелками на поверхности карт когерентности обозначены фазы. Положительные совместные движения обозначаются стрелками, направленными вправо (\rightarrow), в то время как отрицательные ассоциации обозначаются стрелками, направленными влево (\leftarrow). Опережающая динамика между парой переменных выражается стрелками, направленными вверх (\uparrow), вправо вверх (\nearrow) и влево вниз (\nwarrow), что указывает на то, что первый временной ряд опережает второй. Аналогично, стрелки, направленные вниз (\downarrow), вправо-вниз (\searrow) и влево-вверх (\nearrow), показывают, что второй временной ряд имеет тенденцию опережать первый. На протяжении всего анализа OVX рассматривается как первая серия, а индексы, связанные со стрессом, представляют собой вторую серию. На рис. 3а показана вейвлет-когерентность между OVX и составным FSI, что позволяет выявить некоторые интересные характеристики ассоциации OVX-FSI. Хотя некоторые мелкие и дискретные, ограниченные черным контуры видны на высокой частоте, однако общая зависимость слабая. Относительно более высокая непрерывная и когерентная

зависимость наблюдается на средних и низких частотах, начиная с ~32 дня. Примечательно, что более высокие и долгосрочные когерентности сосредоточены вокруг периода, соответствующего кризисному периоду. На сайте

когерентность сохраняется до посткризисного периода, т.е. до середины 2011 года, на более низких частотах ~256 дней и выше. Однако впоследствии когерентность ослабевает по мере того, как кризисное состояние успокаивается. Другой дискретный значительный остров когерентности наблюдается между ~32-128 днями в период 2014-16 гг. Этот период связан с более высокой волатильностью на рынке нефти из-за шоков от избыточного предложения нефти (Dutta, 2018). Другая значимая зона с черными границами наблюдается вокруг периода COVID-19 в интервале от ~16 до 256 дней. Что касается направления взаимосвязи, то на картах когерентности в основном преобладают направленные вправо (\rightarrow) стрелки, указывающие на положительную связь. В терминах зависимости "опережение - запаздывание", результаты не очень убедительны для интерпретации. Тем не менее, после кризиса 2007-08 годов, в районе частот ~256 дней и выше, некоторые стрелки вправо-вниз (\searrow) являются доминирующими. Это указывает на то, что волатильность на нефтяных рынках имеет тенденцию следовать за финансовыми условиями. Другими словами, стресс на финансовых рынках передается на нефтяные рынки. Причины этого могут быть самыми разнообразными, например, механизм заражения или финансиализация нефти (Bianchi et al., 2020; Madaleno and Pinho, 2014). Аналогичным образом, на этапе COVID-19, примерно через ~32-64 дня, можно заметить некоторые стрелки вправо-вверх (\nearrow), что означает, что финансовый стресс сопровождает волатильность на рынке нефти.

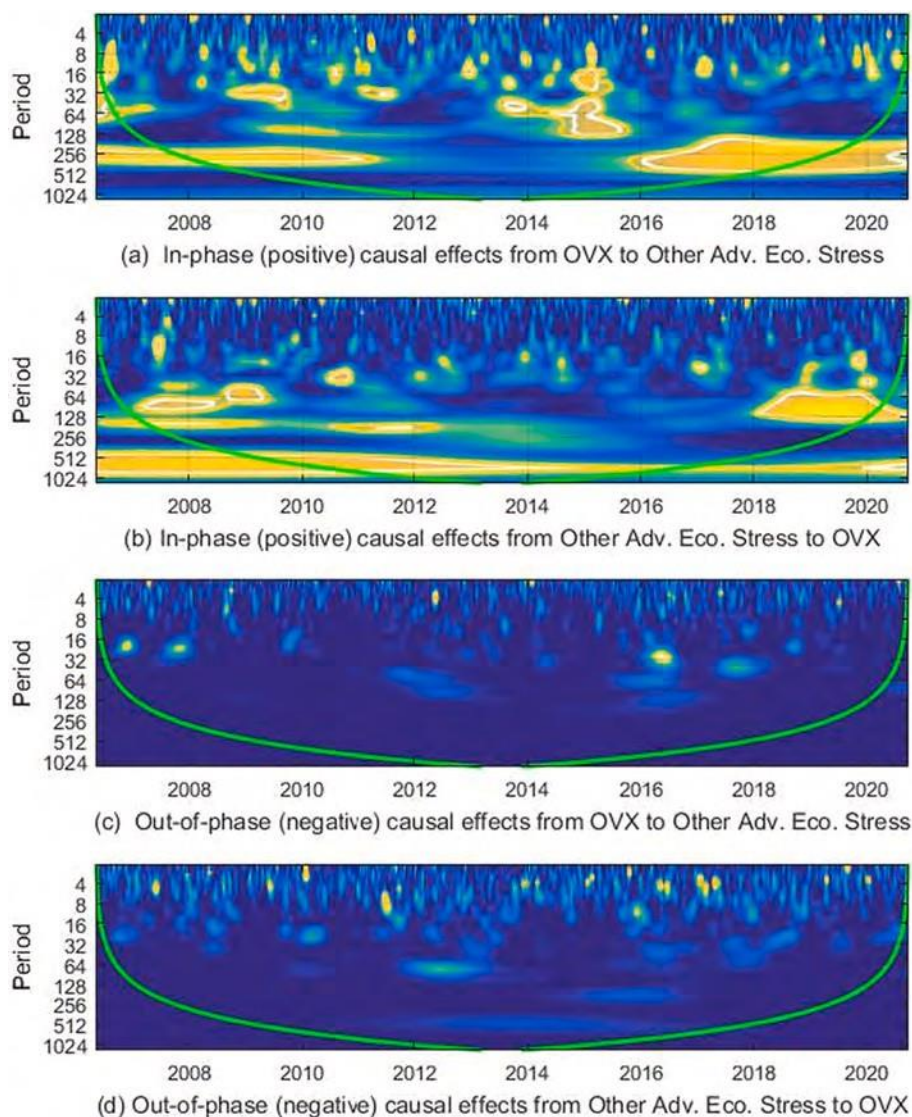


Рис. 7. (продолжение).

Необходимо понять сходства (или различия) в динамике совместного движения категориальных показателей стресса по сравнению с композитным FSI в отношении OVX. В случае стресса, связанного с кредитованием, речь идет о разнице в стоимости займов для фирм с разной кредитоспособностью. Более высокая волатильность нефти может препятствовать экономической деятельности, негативно влияя на кредитные рынки и банковские системы. С другой стороны, условия финансового стресса предвещают снижение спроса на энергоносители из-за сокращения государственных инвестиций (Nazlioglu et al., 2015). В неспокойные времена риски бедствия будут возрастать из-за увеличения рисков в макроэкономической среде и падения спроса со стороны потребителей. Таким образом, фирма может принять решение о производстве в соответствии с пересмотренными требованиями, что приведет к снижению потребления энергии. На рис. 3б показана связь между кредитом и OVX в пространстве временных частот. Общие выводы в некоторой степени согласуются с результатами комбинированного ИФР. Три крупных острова значимости наблюдаются вокруг ГФК (с 2007 года и далее), шока избыточного предложения (около 2014-16 годов) и COVID-19. Кроме того, стрелки указывают на положительную связь между кредитным стрессом и OVX. Взаимосвязь между опережением и запаздыванием идентифицируется слабо, например, около 2019-

20 годов на частотах ~128-256 дней видны некоторые стрелки вправо-вниз (↘). Причинные силы, стимулирующие запаздывающее поведение волатильности нефти, могут быть обусловлены потрясениями на кредитных рынках, поскольку государственные инвестиции и потребности в энергии снижаются. На рис. 3с показана взаимосвязь между OVX и оценкой акций.

В *Das и др.* Оценка стоимости акций отражает уверенность инвесторов в реальной экономике и их склонность к риску. Колебания между OVX и стрессом, связанным с оценкой стоимости акций, в некоторой степени совпадают с композитным FSI и кредитным стрессом. Тем не менее, стрелки показывают устойчивую положительную взаимосвязь. Кроме того, на начальных этапах COVID-19, т.е. около 2020 года, несколько стрелок вправо-вверх () указывают на то, что стресс в оценке акций следует за OVX, что согласуется с предыдущей литературой о взаимосвязи нефти и акций (*Das and Kannadhasan, 2020; Xiao et al., 2019*). На *рис. 3d* показана взаимосвязь между OVX и стрессом, связанным с финансированием. Похоже, что стресс, связанный с финансированием, значительно изменяется во время GFC и COVID-19. Во время GFC фазы, выраженные стрелками, направлены вверх (↑) и вправо-вверх (), что означает, что OVX приводит к стрессу на рынках финансирования. В предыдущей литературе было установлено, что надвигающиеся нефтяные шоки оказывают влияние на валюты и процентные ставки (*Ioannidis and Ka, 2018; Kunkler and MacDonald, 2019*). Кроме того, во время COVID-19 наблюдается сильная и устойчивая положительная ассоциация между парой переменных, что выражается направленным вправо указателем (→) стрелы.

На *рис. 3e* показана когерентность между OVX и стрессом в безопасных активах. Безопасные активы - это ценные бумаги со стабильными и предсказуемыми денежными потоками, которые предпочитают инвесторы на этапах экономического спада. Когерентность OVX минимальна по отношению к стрессу в безопасных активах. Когерентность в основном наблюдается в период GFC и во время фазы

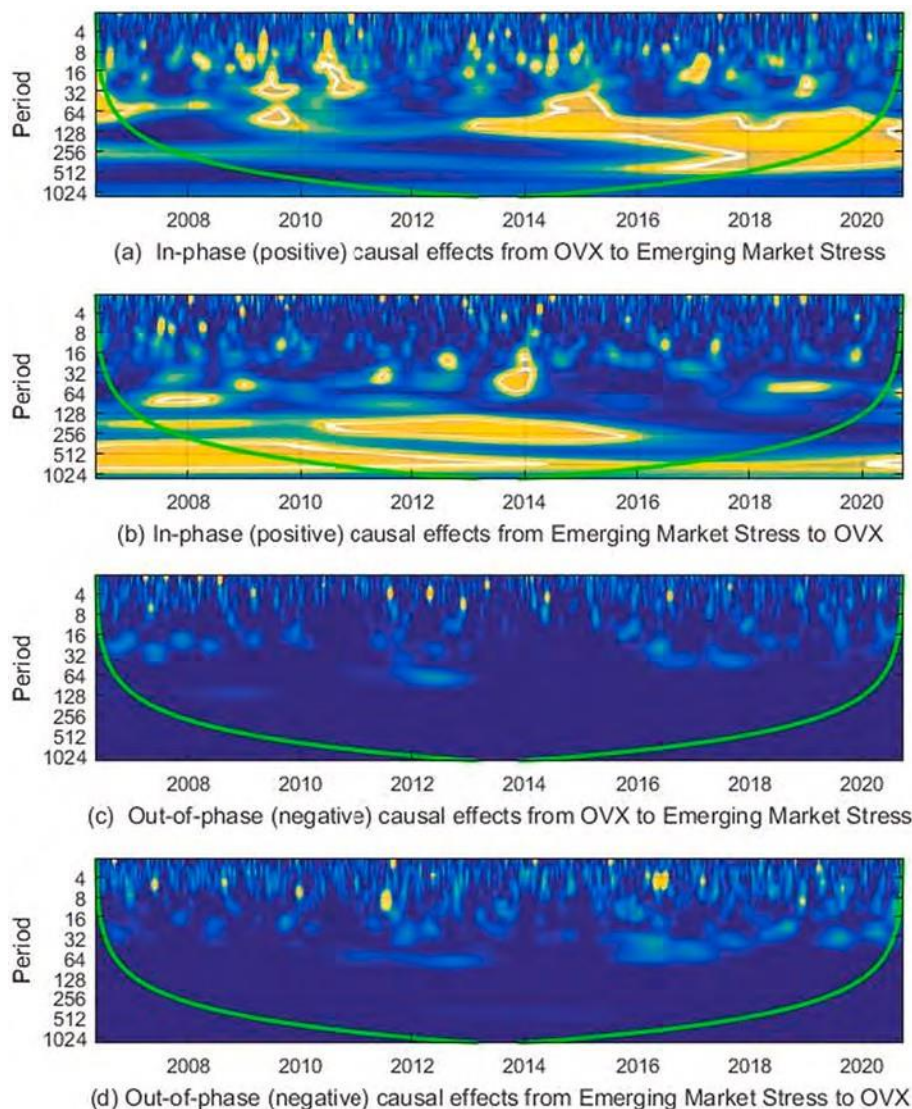


Рис. 7. (продолжение).

шок от избыточного предложения нефти в 2014-16 годах. Удивительно, но вокруг фазы COVID-19 наблюдаются незначительные когерентности. Что касается фаз, стрелки вправо-вниз (\searrow) доминируют на картах вокруг вышеупомянутых кризисных периодов. Предосторожное бегство инвесторов в безопасное место в преддверии колебаний на нефтяных рынках может быть правдоподобной причиной для OVX в след за ними. Наконец, на рис. 3f показано совместное движение OVX с волатильностью фондовых, кредитных, валютных и товарных рынков. Когерентность сохраняется в течение ~32 дней для всех основных макроэкономических событий. Фазы указывают на сильную положительную связь, а стресс волатильности следует за OVX с частотой ~32-256 дней вокруг GFC в 2009 году. Этот вывод согласуется с предшествующей литературой, устанавливающей связь между OVX и подразумеваемой/реализованной волатильностью фондовых и товарных рынков (Dutta, 2018; Maghyereh et al., 2016; Xiao et al., 2019).

Хотя традиционный вейвлет-анализ когерентности выявляет только динамику совместного движения между парой переменных во временно-частотной области, он умалчивает о причинно-следственной связи между переменными. Чтобы преодолеть эту проблему и сделать выводы о причинно-следственной связи между переменными во временно-частотной области, используется вейвлетный подход, предложенный Olayeni

(2016). На рис. 4a-f представлены графики непрерывного вейвлет-преобразования парных направленных причинно-следственных связей между OVX и индексами стресса на подрисунках (a) и (b). На этих картах белые и желтые контуры представляют статистические данные.

значимость на уровне 5% и 10% соответственно. Желтые зоны обозначают сферы высокой причинности, в то время как синие зоны указывают на низкую причинность или ее отсутствие.

Несмотря на результаты анализа когерентности вейвлетов, причинно-следственные связи, основанные на вейвлетах, также выглядят эпизодическими в периоды экономической турбулентности. На [рис. 4а](#) представлены непрерывные причинно-следственные связи между OVX и составным FSI в парах подфигура (а) изображает причинно-следственные связи, передаваемые от OVX к FSI. Напротив, обратная причинность представлена на подфигуре (b). Очевидно, что непрерывные и значительные зоны причинности, идущие от OVX к FSI, существуют в основном вокруг вышеупомянутых периодов кризиса с частотой от ~16 до более 256 дней. Аналогичные закономерности наблюдаются и в обратном случае. Тем не менее, кажется, что причинность, передаваемая от OVX, сильнее, чем в других случаях. В случае передачи причинно-следственной связи между OVX и стрессом, связанным с кредитованием, как показано на [рис. 4b](#), временная шкала причинно-следственной связи согласуется с базовой мерой стресса. Интересно, что доказательства того, что более сильные передачи исходят от OVX к кредитному стрессу, убедительны в этом случае в районе частот ~64-256 дней. Аналогичные выводы можно сделать и в отношении других компонентов стресса, таких как оценка акций, финансирование, безопасные активы и волатильность, по отношению к OVX, как показано на [рис. 4c-f](#). В каждой паре OVX оказывается более сильным излучателем причинно-следственных сил. Более того, интенсивность причинно-следственной передачи

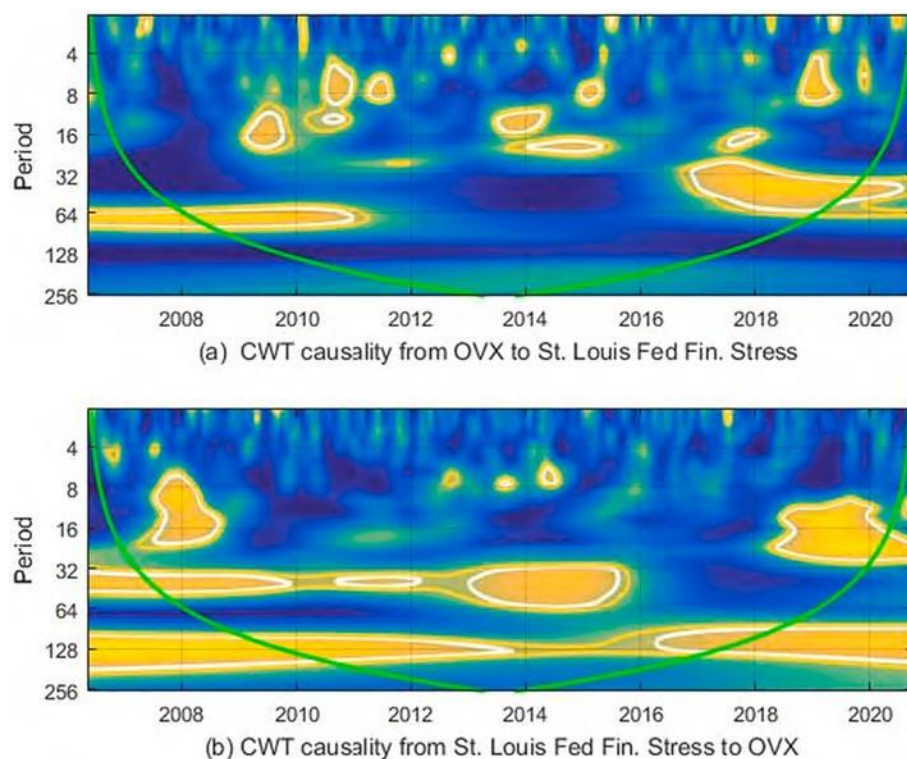


Рис. 8. График непрерывного вейвлет-преобразования каузальности между OVX и индексом финансового стресса ФРС Сент-Луиса. Примечание: Белый и желтый контуры на подрисунках

(a) и (b) представляют статистическую значимость на уровне 5% и 10% соответственно. Уровни значимости получены на основе 3000 имитационных розыгрышей Монте-Карло, рассчитанных по ARMA (1,1) с нулевой статистической значимостью. ИСП изображен зеленой линией, которая демаркирует зоны, затронутые краевыми эффектами. Масштаб преобразован в период по Морлету.

вейвлет-функция. Используя $\omega_0 = 6$ для оптимального баланса (Torrence and Compo, 1998), мы имеем $Ft = 1.033 \cdot s$.

неоднородны по компонентам стресса. Неудивительно, что трансмиссия причинности минимальна для стресса безопасных активов, что также было продемонстрировано результатами вейвлет-когерентности. Следовательно, можно сделать вывод, что причинно-следственные связи, существующие между стрессом и OVX, сильнее и убедительнее, в основном в фазах экономических турбулентностей с различной частотой. Кроме того, сила таких причинно-следственных связей изменяется во времени и в основном исходит от OVX к компонентам стресса.

Наконец, для дальнейшего подтверждения связи между OVX и стрессовыми компонентами, период выборки разделен на кризисное и нормальное состояние экономики. Такое исследование актуально, поскольку оно может выявить различия в прогностических связях в разных экономических режимах. Экономические состояния определяются фазами, полученными путем разложения переменных на положительные и отрицательные значения. Положительные значения OVX и компонента стресса определяют экономическую фазу повышенной волатильности нефти и высокого стресса, т.е. неблагоприятное экономическое состояние (или кризисный период). И наоборот, отрицательные значения указывают на спокойный период (или нормальный период).

На рис. 5a-f представлены результаты для причинно-следственных связей по фазам. Подфигуры (a) и (b) на верхних панелях показывают положительные (синфазные) причинно-следственные связи от OVX к индексу стресса и наоборот, соответственно (т.е. во время дистрессового периода). Аналогично, подрисунки (c) и (d) на нижних панелях показывают отрицательные (внефазные) причинно-следственные связи в нормальные периоды. Из рис. 5a-f ясно видно, что хотя различия в передаче причинно-следственных связей остаются неизменными, причинно-следственные связи в основном существуют только в фазах неблагоприятных экономических

условий. Следовательно, можно сделать вывод, что причинно-следственная связь между OVX и компонентами стресса не только эпизодическая, но и усиливается в неблагоприятных фазах.

6. OVX и финансовый стресс по географическим регионам

В данном разделе описываются причинно-следственные связи между OVX и индексами финансового стресса в географических регионах. В дополнение к

⁹ Другие правила интерпретации вейвлет-карт остаются прежними.

By Das et al.

Индексы стресса по сегментам, OFR также строит индексы для трех широких географических регионов, а именно: (а) США (фокусируясь на переменных, ориентированных на США), (б) другие развитые экономики (охватывая переменные из развитых экономик, помимо США, в основном фокусируясь на Еврозоне и Японии), и (в) развивающиеся рынки (измеряя стресс, фокусируясь на переменных развивающихся рынков). На [рис. 6а-с](#) представлены графики непрерывного вейвлет-преобразования парных направленных причинно-следственных связей между OVX и индексами стресса географических регионов, представленных на рисунках (а) и (б). В случае США (как показано на [рис. 6а](#)), острова значимости можно наблюдать вокруг частот ~8-128 дней в период ГФК. Аналогично, как обсуждалось ранее в случае сегментных индексов стресса, другие острова значимости сохраняются во время шока от переизбытка нефти и пандемии COVID-19. Интересным наблюдением является то, что в данном случае причинно-следственная передача от стресса в США к OVX выглядит более сильной. Вероятная причина этого может заключаться в том, что турбулентность в экономике США может повлиять на спрос на промышленную продукцию в остальном мире посредством экономической интеграции ([Arora and Vamvakidis, 2006](#); [Heathcote and Perri, 2003](#)). Тем не менее, результаты по другим развитым экономикам и развивающимся рынкам (на [рис. 6б](#) и [в](#)) по-прежнему согласуются с результатами индексов стресса по сегментам. В обоих случаях OVX, очевидно, имеет более сильную причинно-следственную связь. Интересно, что OVX оказывает самое сильное влияние на стресс развивающихся рынков, что также согласуется с результатами недавнего исследования, проведенного [Das et al., 2022a](#). Что касается причинно-следственных связей по фазам, как показано на [рис. 7а-с](#), результаты подтверждают тот факт, что причинно-следственные связи усиливаются в основном на фазах кризиса.

7. Дальнейший анализ индекса стресса OVX и США

Наконец, дальнейший анализ проводится для проверки устойчивости выводов в случае индекса стресса США, который является исключением по сравнению со всеми другими рассматриваемыми индексами. В данном случае стресс в США определяется индексом финансового стресса ФРС Сент-Луиса, который берется с сайта Федерального резервного банка Сент-Луиса. Эти данные доступны с еженедельной периодичностью. Двухнаправленная причинно-следственная связь и причинно-следственные связи по фазам представлены на [рис. 8 и 9](#),

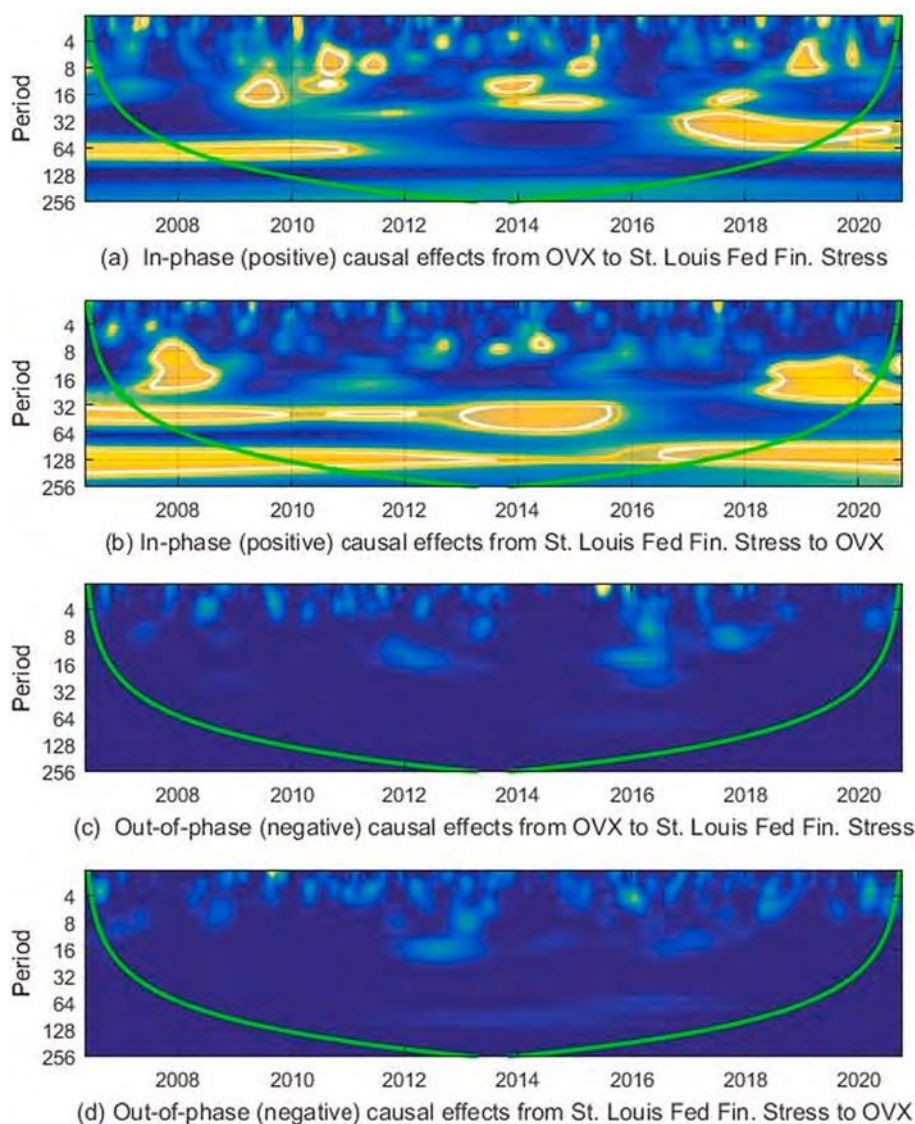


Рис. 9. Синфазные и противофазные графики причинно-следственной связи между OVX и стрессом развивающихся рынков.

Примечание: Белый и желтый контуры на подрисунках (a) и (b) представляют статистическую значимость на уровне 5% и 10%, соответственно. Уровни значимости получены на основе 3000 имитационных розыгрышей Монте-Карло, оцененных по ARMA (1,1) с нулевой статистической значимостью. ИСП изображен зеленой линией, которая демаркирует зоны, затронутые краевыми эффектами. Шкала была преобразована в период для вейвлет-функции Морле.

тион. Используя $\omega_0 = 6$ для оптимального баланса (Torrence and Compo, 1998), мы имеем $Ft = 1,033$ с.

соответственно. Интересно, что исходные результаты остаются качественно схожими, и более сильное причинно-следственное влияние от стресса в США до OVX сохраняется. Детальный анализ факторов, опосредующих эту взаимосвязь, может стать предметом подробного будущего исследования.

8. Заключительные замечания

Влияние колебаний сырой нефти на отдельные сегменты финансовых активов (таких как акции, облигации, драгоценные металлы и др.) хорошо известно в существующей литературе. Хотя эти исследования позволяют выявить специфическую уязвимость финансовых рынков в отношении нефтяных шоков, их недостаточно для определения общего состояния рынка. Так, Чен и др. (2014) предлагают FSI в качестве подходящей меры ожиданий потерь финансового рынка, вызванных макроэкономической неопределенностью, такой как нефтяные шоки. Таким образом, в данном исследовании рассматривается взаимосвязь между волатильностью нефти (обозначаемой OVX) и составными и категориальными показателями финансового стресса с использованием непрерывного вейвлет-преобразования, что редко встречается в существующей литературе.

Результаты исследования показывают, что существует взаимосвязь между волатильностью нефти и финансовым стрессом, в основном в периоды экономической турбулентности. Характер и сила совместного движения меняются во времени и носят эпизодический характер. Кроме того, влияние OVX варьируется в зависимости от периода экономической турбулентности.

категории и характер финансового стресса. Кроме того, направление взаимосвязи в основном положительное, а связь "опережение - запаздывание" в большинстве случаев показывает, что OVX имеет тенденцию к значительным совместным движениям. Что касается причинно-следственных связей, то они, как и в [Das et al. \(2018b\)](#), в основном двунаправленные; однако относительно более сильные причинно-следственные связи передаются от OVX к компонентам стресса. Зоны причинно-следственной передачи также соответствуют фазам экономической нестабильности, таким как GFC, шок от переизбытка нефти и COVID-19. Чтобы подтвердить полученные выводы, показатели OVX и стресса декомпозируются на положительные и отрицательные значения в соответствии с фазами. В то время как положительные значения указывают на состояние дистресса, отрицательные значения представляют собой состояние спокойствия. Полученные результаты свидетельствуют о том, что причинно-следственные связи существуют в основном в состоянии дистресса, чем в противном случае. Таким образом, взаимосвязи между OVX и стрессом необходимо уделять внимание, особенно в период экономической турбулентности.

Результаты данного исследования могут быть полезны для ряда политиков, таких как экономисты-энергетики, финансовые аналитики и картели, регулирующие добычу и поставку нефти. Можно спрогнозировать потенциальные области финансовой уязвимости, которые могут возникнуть в результате волатильности нефти (вызванной сокращением добычи или вялым спросом), и найти меры по смягчению негативных потрясений. Кроме того, полученные результаты в равной степени актуальны для инвесторов и других участников рынка, чтобы предвидеть потенциальное воздействие OVX на различные классы стресса.

Поэтому выбор портфеля и стратегии диверсификации можно строить в соответствии с предполагаемым риском. Кроме того, понимание устойчивости ассоциации, на которую указывает частотное измерение на вейвлет-картах, может помочь в прогнозировании временной задержки распространения информации. Это также подчеркивает необходимость использования методов, основанных на вейвлетах. В качестве будущего направления исследования одной из потенциальных областей может стать изучение совместного движения и причинной передачи структурных потрясений сырой нефти по отношению к различным индикаторам стресса в рамках вейвлет-метода. Такое последующее исследование может углубить понимание данной области литературы. Кроме того, как уже говорилось ранее, может быть изучена причина причинно-следственной передачи от стресса в США к неопределенности на рынке нефти. Примечание: *Белые и желтые* контуры на подрисунках (а) и (b) представляют статистическую значимость на уровне 5% и 10% соответственно. Уровни значимости получены на основе 3000 симуляций Монте-Карло, оцененных по ARMA (1,1) с нулевой статистической значимостью. ИСП изображен *зеленой* линией, которая демаркирует зоны, затронутые краевыми эффектами. Шкала была преобразована в период по Морлету. вейвлет-функция. Используя $\omega_0 = 6$ для оптимального баланса (Torrence and Compo, 1998), мы имеем $Ft = 1.033$ с.

Приложение А. Дополнительные данные

Дополнительные данные к этой статье можно найти в Интернете по адресу <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.106388>.

Ссылки

- Агнар-Конрария, Л., Азеведо, Н., Соарес, М.Ж., 2008. Использование вейвлетов для разложения по временным частотам эффектов денежно-кредитной политики. *Phys. A Stat. Mech. its Appl.* 387, 2863-2878.
- Ахмед, А.Д., Хуо, Р., 2021. Передача волатильности между международным рынком нефти, товарными фьючерсами и фондовыми рынками: эмпирические данные из Китая. *Energy Econ.* 93, 104741.
- Алам, М.С., Шахзад, С.Дж.Х., Феррер, Р., 2019. Причинные потоки между рынками нефти и форека с использованием высокочастотных данных: асимметрия от хорошей и плохой волатильности. *Energy Econ.* 84, 104513.
- Албулеску, К.Т., Аджи, А.Н., 2021. Цена на нефть и обменный курс доллара США: обнаружение двунаправленного причинно-следственного воздействия. *Energy Econ.* 100, 105385.
- Апостолакис, Г.Н., Флорос, К., Гкиллас, К., Вохар, М., 2021. Финансовый стресс, неопределенность экономической политики и неопределенность цен на нефть. *Energy Econ.* 104, 105686.
- Арора, В., Вамвакидис, А., 2006. Влияние экономического роста США на остальной мир: насколько это важно? *J. Econ. Integr.* 21 (1), 21-39.
- Арури, М.Е.Х., Ро, К., 2012. Цены на нефть и фондовые рынки в странах Персидского залива: эмпирические данные панельного анализа. *Int. J. Financ. Econ.* 17, 242-253.
- Арури, М.Е.Х., Жуни, Ж., Нгуен, Д.К., 2011. Переливы волатильности между ценами на нефть и доходностью фондового сектора: последствия для управления портфелем. *J. Int. Money Financ.* 30, 1387-1405.
- Атемс, Б., Каппер, Д., Лам, Е., 2015. Асимметрично ли реагируют обменные курсы на потрясения на рынке сырой нефти? *Energy Econ.* 49, 227-238.
- Башер, С.А., Хауг, А.А., Садорски, П., 2012. Цены на нефть, обменные курсы и развивающиеся фондовые рынки. *Energy Econ.* 34, 227-240.
- Башар, М., Молнар, Р., 2018. Волатильность рынка нефти и волатильность фондового рынка. *Financ. Res. Lett.* 26, 204-214.
- Баур, Д.Г., Люси, Б.М., 2010. Является ли золото хеджем или тихой гаванью? Анализ акций, облигаций и золота. *Financ. Rev.* 45, 217-229.
- Бекманн, Дж., Чудаж, Р.Л., Арора, В., 2020. Взаимосвязь между ценами на нефть и обменными курсами: пересмотр теории и доказательств. *Energy Econ.* 88, 104772.
- Beckaert, G., Ehrmann, M., Fratzscher, M., Mehl, A., 2014. Глобальный кризис и заражение фондового рынка. *J. Financ.* 69, 2597-2649.
- Бианки, Р.Дж., Фан, Дж.Х., Тодорова, Н., 2020. Финансализация и дефинансизация товарных фьючерсов: подход на основе квантильной регрессии. *Int. Rev. Financ. Anal.* 68, 101451.
- Боденштейн, М., Геррери, Л., Густ, К.Дж., 2013. Нефтяные шоки и нулевая граница номинальных процентных ставок. *J. Int. Money Financ.* 32, 941-967.
- Болданов, Р., Деганнакис, С., Филлис, Г., 2016. Временная корреляция между волатильностью нефти и фондового рынка: данные по странам-импортерам и экспортерам нефти. *Int. Rev. Financ. Anal.* 48, 209-220.
- Бури, Е., 2015а. Шоки волатильности нефти и фондовые рынки стран MENA, импортирующих нефть: история из финансового кризиса. *Energy Econ.* 51, 590-598.

- Бури, Е., 2015b. Связь доходности и волатильности между ценами на нефть и ливанским фондовым рынком в кризисные периоды. *Energy* 89, 365-371.
- Бури, Е., Джайн, А., Бисвал, П.К., Рубо, Д., 2017. Кointеграция и нелинейная причинно-следственная связь между золотом, нефтью и индийским фондовым рынком: доказательства на основе индексов подразумеваемой волатильности. *Res. Policy* 52, 201-206.
- Бури, Э., Шахзад, С.Дж.Х., Раза, Н., Рубо, Д., 2018. Волатильность нефти и суверенный риск стран БРИКС. *Energy Econ.* 70, 258-269.

- D. Das и др.
 Шарло, П., Маримуту, В., 2014. О взаимосвязи между ценами на нефть и драгоценные металлы: пересмотр с помощью многомерного дерева решений с переключением режимов. *Energy Econ.* 44, 456-467.
- Чен, В., Хамори, С., Кинкё, Т., 2014. Макроэкономическое воздействие цен на нефть и лежащих в их основе финансовых потрясений. *J. Int. Financ. Mark. Inst. Money* 29, 1-12.
- Корбет, С., Гуделл, Дж. У., Гюнай, С., 2020. Совместные движения и перемены нефтяных и возобновляемых компаний в экстремальных условиях: новые свидетельства отрицательных цен на WTI во время COVID-19. *Energy Econ.* 92, 104978.
- Кунадо, Х., де Грасия, Ф.П., 2014. Потрясения цен на нефть и доходность фондового рынка: данные по некоторым европейским странам. *Energy Econ.* 42, 365-377.
- Дай, З., Канг, Дж., 2021. Предсказуемость доходности облигаций и цен на сырую нефть. *Energy Econ.* 97, 105205.
- Дас, Д., Дутта, А., Джана, Р.К., Гхош, И., 2022a. Асимметричное влияние неопределенности цен на нефть на финансовый стресс на развивающихся рынках: подход на основе квантильной регрессии. *Int. J. Financ. Econ.* <https://doi.org/10.1002/ijfe.2651>.
- Дас, Д., Каннадхасан, М., 2020. Асимметричное воздействие шока от цен на нефть и неопределенности политики на доходность секторальных акций развивающихся рынков: подход на основе квантильной регрессии. *Int. Rev. Econ. Financ.* 69, 563-581.
- Дас, Д., Кумар, С.Б., 2018. Неопределенность международной экономической политики и цены акций: множественный и частичный вейвлет-подход. *Econ. Lett.* 164 <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2018.01.013>.
- Дас, Д., Каннадхасан, М., Аль-Яхьяи, К.Х., Юн, С.М., 2018a. Вейвлет-анализ совместных движений на азиатских рынках золота. *Phys. A Stat. Mech. its Appl.* 492, 192-206. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2017.09.061>.
- Das, D., Kumar, S.B., Tiwari, A.K., Shahbaz, M., Hasim, H.M., 2018b. О связи золота, сырой нефти, акций с финансовым стрессом: причинно-следственная связь в квантильном подходе. *Financ. Res. Lett.* 27, 169-174. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2018.02.030>.
- Дас, Д., Каннадхасан, М., Бхаттачария, М., 2022b. Шоки цен на нефть и развивающиеся фондовые рынки в новом свете. *International Journal of Emerging Markets* 17 (6), 1583-1614. <https://doi.org/10.1108/IJOEM-02-2020-0134>.
- Дас, Д., Ле Ру, К.Л., Яна, Р.К., Дутта, А., 2020. Хеджирует ли биткоин подразумеваемую волатильность сырой нефти и структурные шоки? Сравнение с золотом, сырьем и долларом США. *Financ. Res. Lett.* 36, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2019.101335>.
- Дикки, Д.А., Фуллер, У.А., 1979. Распределение оценок для авторегрессионных временных рядов с единичным корнем. *J. Am. Stat. Assoc.* 74, 427-431.
- Diebold, F.X., Yilmaz, K., 2009. Измерение перетоков доходности и волатильности финансовых активов с применением к глобальным фондовым рынкам. *Econ. J.* 119, 158-171.
- Дибольд, Ф.Х., Йилмаз, К., 2012. Лучше отдавать, чем получать: предиктивное направленное измерение перетоков волатильности. *Int. J. Forecast.* 28, 57-66.
- Дибольд, Ф.Х., Йилмаз, К., 2014. О сетевой топологии дисперсионных разложений: измерение связанности финансовых фирм. *J. Econ.* 182, 119-134.
- Дутта, А., 2017. Неопределенность цен на нефть и доходность акций компаний чистой энергетики: новые данные на основе индекса волатильности сырой нефти. *J. Clean. Prod.* 164, 1157-1166.
- Дутта, А., 2018. Фондовые рынки нефтяного и энергетического секторов: анализ индексов подразумеваемой волатильности. *J. Multinat. Financ. Manag.* 44, 61-68.
- Дутта, А., Никкинен, Я., Ротовиус, Т., 2017. Влияние неопределенности цен на нефть на фондовые рынки Ближнего Востока и Африки. *Energy* 123, 189-197.
- Дутта, А., Дас, Д., Джана, Р.К., Во, Х.В., 2020. COVID-19 и крах нефтяного рынка: пересмотр свойства безопасного убежища золота и биткоина. *Res. Policy* 69, 101816.
- Дутта, А., Бури, Е., Саид, Т., Во, Х.В., 2021. Волатильность сырой нефти и рынок биодизельного сырья в Малайзии во время падения цен на нефть в 2014 году и вспышки COVID-19. *Fuel* 292, 120221.
- Эль-Шариф, И., Браун, Д., Бертон, Б., Никсон, Б., Рассел, А., 2005. Данные о характере и степени взаимосвязи между ценами на нефть и стоимостью акций в Великобритании. *Energy Econ.* 27, 819-830.
- Галлегати, М., 2012. Подход на основе вейвлетов для проверки заражения финансовых рынков. *Вычислитель. Stat. Data Anal.* 56, 3491-3497.
- Гевеке, Дж., 1982. Измерение линейной зависимости и обратной связи между несколькими временными рядами. *J. Am. Stat. Assoc.* 77, 304-313.
- Гкиллас, К., Гупта, Р., Пьердзиох, К., 2020. Прогнозирование реализованной волатильности цен на нефть: роль финансового стресса и асимметричных потерь. *J. Int. Money Financ.* 104, 102137.
- Гун, Х., Лин, Б., 2018a. Дополнительное информационное содержание индикатора страха инвесторов для прогнозирования волатильности на рынке фьючерсов на сырую нефть. *Energy Econ.* 74, 370-386.
- Гун, Х., Линь, Б., 2018b. Меняющиеся во времени эффекты шоков спроса и предложения нефти на макроэкономику Китая. *Energy* 149, 424-437.
- Гун, Х., Лю, Ю., Ван, Х., 2021. Динамические перетоки волатильности на фьючерсных рынках нефти и природного газа на основе метода перетока во времени. *Int. Rev. Financ. Anal.* 76, 101790.
- Грейнджер, К.У.Дж., 1969. Исследование причинно-следственных связей с помощью эконометрических моделей и кросс-спектральных методов. *Эконом. J. Econom. Soc.* 424-438.
- Гупта, Р., Канда, П., Тивари, А.К., Вохар, М.Е., 2019. Временная предсказуемость движений нефтяного рынка на основе столетних данных: роль финансового стресса в США. *North Am. J. Econ. Financ.* 50, 100994.
- Хаммудех, С., 1988. Рынок нефти и его влияние на экономическое развитие стран-экспортеров нефти. *J. Energy Dev.* 297-324.
- Хиткот, Дж., Перри, Ф., 2003. Почему экономика США стала меньше коррелировать с остальным миром? *Am. Econ. Rev.* 93 (2), 63-69.
- Иллинг, М., Лю, Й., 2006. Измерение финансового стресса в развитой стране: применение к Канаде. *J. Financ. Stab.* 2, 243-265.
- Иоанидис, К., Ка, К., 2018. Влияние шоков цен на нефть на срочную структуру процентных ставок. *Energy Econ.* 72, 601-620.
- Цзян, З., Юн, С.-М., 2020. Динамическое совместное движение между рынками нефти и акций в странах-импортерах и экспортерах нефти: два типа вейвлет-анализа. *Energy Econ.* 90, 104835.
- Джонс, К.М., Каул, Г., 1996. Нефть и фондовые рынки. *J. Financ.* 51, 463-491.

- Канг, С.Х., Тивари, А.К., Албулеску, К.Т., Юн, С.-М., 2019. Временная частота совместных движений между крупнейшими фьючерсными рынками цветных металлов. *Res. Policy* 61, 393-398.
- Канг, В., Ратти, Р.А., Юн, К.Х., 2014. Влияние шока цен на нефть на доходность американского рынка облигаций. *Energy Econ.* 44, 248-258.
- Килян, Л., 2009. Не все потрясения цен на нефть одинаковы: разделение потрясений спроса и предложения на рынке сырой нефти. *Am. Econ. Rev.* 99, 1053-1069.
- Килян, Л., Парк, К., 2009. Влияние шока цен на нефть на фондовый рынок США. *Int. Econ. Rev. (Philadelphia)* 50, 1267-1287.
- Кивиахо, Й., Никкинен, Й., Пильяк, В., Ротовиус, Т., 2014. Динамика совместных движений европейских пограничных фондовых рынков. *Eur. Financ. Manag.* 20, 574-595.
- Кунклер, М., Макдональд, Р., 2019. Многосторонняя взаимосвязь между нефтью и валютами стран G10. *Energy Econ.* 78, 444-453.
- Квятковский, Д., Филлипс, П.К.Б., Шмидт, П., Шин, Й., 1992. Проверка нулевой гипотезы о стационарности против альтернативы о единичном корне. *J. Econ.* 54, 159-178.
- Ли, К.-С., Зенг, Ж.-Х., 2011. Влияние шоков цен на нефть на активность фондового рынка: асимметричный эффект с помощью квантильной регрессии. *Math. Comput. Simul.* 81, 1910-1920.
- Ли, Чи-Чуан, Ли, Чие-Чанг, 2019. Шоки цен на нефть и показатели банковской деятельности Китая: имеют ли значение страновые риски? *Energy Econ.* 77, 46-53.
- Liu, M.-L., Ji, Q., Fan, Y., 2013. Как неопределенность на рынке нефти взаимодействует с другими рынками? Эмпирический анализ индекса подразумеваемой волатильности. *Energy* 55, 860-868.
- Лю, Р., Чен, Ж., Вэнь, Ф., 2021. Нелинейное влияние шоков цен на нефть на финансовый стресс: данные из Китая. *North Am. J. Econ. Financ.* 55, 101317.
- Лу, Х., Ма, Ф., Ван, Цзяцян, Ван, Цзяньцун, 2020. Изучение прогностической информации CVOE OVX о волатильности нефтяных фьючерсов Китая: Доказательства на основе моделей MS-MIDAS. *Energy* 212, 118743.
- Ма, Й.-Р., Чжан, Д., Цзи, К., Пан, Ж., 2019. Переливы между доходностью нефти и акций в энергетическом секторе США: имеет ли значение идиосинкразическая информация? *Energy Econ.* 81, 536-544.
- Мадалено, М., Пиньо, К., 2014. Вейвлет-динамика для взаимодействия мира нефти и акций. *Energy Econ.* 45, 120-133.
- Maghyereh, A.I., Awartani, B., Bouri, E., 2016. Связь направленной волатильности между сырой нефтью и рынками акций: новые доказательства на основе индексов подразумеваемой волатильности. *Energy Econ.* 57, 78-93.
- Майтра, Д., Гухатхакурта, К., Канг, С.Х., 2021. Хорошие, плохие и уродливые отношения между нефтью и сырьевыми товарами: анализ асимметричной связи волатильности и последствий для портфеля. *Energy Econ.* 94, 105061.
- Малик, Ф., Юинг, Б.Т., 2009. Передача волатильности между ценами на нефть и доходностью фондового сектора. *Int. Rev. Financ. Anal.* 3, 95-100.
- Малик, Ф., Хаммудех, С., 2007. Передача шока и волатильности на нефтяных рынках, рынках акций США и стран Персидского залива. *Int. Rev. Econ. Financ.* 16, 357-368.
- Мокни, К., 2020. Динамическая модель квантильной регрессии для взаимосвязи между ценой на нефть и фондовыми рынками в странах-импортерах и экспортерах нефти. *Energy* 213, 118639.
- Нараян, П.К., Нараян, С., 2010. Моделирование влияния цен на нефть на котировки акций Вьетнама. *Прикладная энергетика* 87, 356-361.
- Назлиоглу, С., Сойтас, У., Гулта, Р., 2015. Цены на нефть и финансовый стресс: анализ перетока волатильности. *Энергетическая политика* 82, 278-288.
- Олайени, О.Р., 2016. Причинность в непрерывном вейвлет-преобразовании без спектральной матричной факторизации: теория и применение. *Comput. Econ.* 47, 321-340.
- Pang, D., Ma, F., Wahab, M.I.M., Zhu, B., 2021. Финансовый стресс и волатильность рынка нефти: новые данные. *Appl. Econ. Lett.* 1-6.
- Percival, D.B., Mofield, H.O., 1997. Анализ колебаний уровня моря в прибрежной зоне с использованием вейвлетов. *J. Am. Stat. Assoc.* 92, 868-880.
- Персиваль, Д.Б., Уолден, А.Т., 2000. Вейвлет-методы для анализа временных рядов. Издательство Кембриджского университета.
- Филлипс, П.К.Б., Перрон, П., 1988. Тестирование на единичный корень в регрессии временных рядов. *Biometrika* 75, 335-346.
- Пюттманн, Л., 2018. Patterns of Panic: Язык финансового кризиса в исторических газетах. Доступно SSRN 3156287.
- Риди, Р.К., 2018. Цены на нефть и фондовый рынок. *Rev. Financ.* 22, 155-176.
- Реборедо, Х.К., Ривера-Кастро, М.А., 2014. Доказательства влияния цен на нефть на доходность акций на основе вейвлетов. *Int. Rev. Econ. Financ.* 29, 145-176.
- Реборедо, Ж.К., Уддин, Г.С., 2016. Оказывают ли финансовый стресс и неопределенность политики влияние на рынки энергоносителей и металлов? Подход на основе квантильной регрессии. *Int. Rev. Econ. Financ.* 43, 284-298.
- Реборедо, Ж.К., Ривера-Кастро, М.А., Уголини, А., 2017. Тест на основе вейвлетов на совместное движение и причинно-следственную связь между ценами акций нефтяных компаний и возобновляемых источников энергии. *Energy Econ.* 61, 241-252.
- Рух, А., 2013. Мировая синхронизация с девятнадцатого века: взгляд на основе вейвлетов. *Appl. Econ. Lett.* 20, 773-776.
- Садорски, П., 1999. Шоки цен на нефть и активность фондового рынка. *Energy Econ.* 21, 449-469.
- Санф-Алоуфи, А.Ю.Х., Саха, А., Мд-Рус, Р., Тауфил-Мохд, К.Н., 2020. Оказывают ли шоки цен на нефть и газ влияние на показатели деятельности банков? *J. Commod. Mark.* 100147.
- Щигельский, Я.Я., Бжещинский, Я., Чартерис, А., Бванья, П.Р., 2021. Шторм COVID-19 и энергетический сектор: влияние и роль неопределенности. *Energy Econ.* 109, 105258.
- Тивари, А.К., Албулеску, К.Т., 2016. Цена на нефть и обменный курс в Индии: свежие данные, полученные с помощью непрерывного вейвлет-подхода и асимметричных многогоризонтных тестов на причинность Грейнджера. *Appl. Energy* 179, 272-283.
- Тивари, А.К., Мутаску, М.И., Албулеску, К.Т., 2013. Влияние международных цен на нефть на реальный эффективный обменный курс в Румынии в рамках вейвлет-преобразования. *Energy Econ.* 40, 714-733.
- Тивари, А.К., Бхаттачария, М., Дас, Д., Шахбаз, М., 2018a. Выпуск и цены акций: новые данные, полученные с помощью робастного вейвлет-подхода. *Financ. Res. Lett.* 27, 154-160. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2018.02.005>.
- Тивари, А.К., Джена, С.К., Митра, А., Юн, С.-М., 2018b. Влияние риска изменения цен на нефть на отраслевые рынки акций: последствия для управления портфелем. *Energy Econ.* 72, 120-134.
- Торренс, К., Компо, Г.П., 1998. Практическое руководство по вейвлет-анализу. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 79, 61-78.
- Туле, М.К., Ндако, У.Б., Онипеде, С.Ф., 2017. Шоки цен на нефть и перетоки волатильности на рынке суверенных облигаций Нигерии. *Rev. Financ. Econ.* 35, 57-65.
- Уддин, Г.С., Рахман, М.Л., Шахзад, С.Дж.Х., Рехман, М.У., 2018. Изменения цен на нефть, обусловленные спросом и предложением, и их нелинейное влияние на доходность драгоценных металлов: подход на основе переключения режимов Маркова. *Energy Econ.* 73, 108-121.
- Умар, З., Жарено, Ф., Эскрибано, А., 2021. Шоки цен на нефть и переток доходности и волатильности между промышленными и драгоценными металлами. *Energy Econ.* 99, 105291.
- Ван, Ж.-Ю., Као, К.-В., 2015. Взаимодействие между нефтяным и финансовым рынками - имеют ли значение условия финансового стресса? *Energy Econ.* 52, 160-175.
- Ванг, Х., Ли, С., 2021. Асимметричные перетоки волатильности между сырой нефтью и финансовыми рынками Китая. *Energy* 233, 121168.
- Wang, Y., Wei, Y., Wu, C., Yin, L., 2018. Нефть и краткосрочная предсказуемость волатильности доходности акций. *J. Empir. Financ.* 47, 90-104.
- Xiao, J., Zhou, M., Wen, Fengming, Wen, Fenghua, 2018. Асимметричное воздействие неопределенности цен на нефть на доходность китайских акций при различных рыночных условиях: доказательства на основе индекса волатильности нефти. *Energy Econ.* 74, 777-786.
- Xiao, J., Hu, C., Ouyang, G., Wen, F., 2019. Влияние шоков подразумеваемой волатильности нефти на подразумеваемую волатильность акций в Китае: эмпирические данные на основе метода квантильной регрессии. *Energy Econ.* 80, 297-309.
- Xie, Q., Wu, H., Ma, Y., 2021. Уточнение асимметричного воздействия неопределенности цен на нефть на доходность китайских акций на основе полупараметрического аддитивного квантильного регрессионного анализа. *Energy Econ.* 102, 105495.
- You, W., Guo, Y., Zhu, H., Tang, Y., 2017. Шоки цен на нефть, неопределенность экономической политики и доходность акций промышленности в Китае: асимметричные эффекты с помощью квантильной регрессии. *Energy Econ.* 68, 1-18.