

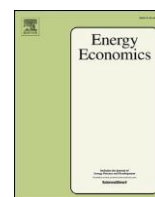


ELSEVIER

Списки содержания доступны в ScienceDirect

## Экономика энергетики

домашняя страница журнала:  
[www.elsevier.com/locate/eneeco](http://www.elsevier.com/locate/eneeco)



# Влияют ли нефтяные шоки на рынок "зеленых" облигаций?

Мобин Ур Рехман<sup>a,b</sup>, Ибрагим Д. Рахим<sup>a,c</sup>, Рами Зейнун<sup>d,\*</sup>, Xuan Vinh Vo<sup>e</sup>, Nasir Ahmad<sup>f</sup>

<sup>a</sup> Институт бизнес-исследований, Экономический университет Хошимина, Вьетнам

<sup>b</sup> Южно-Уральский государственный университет, проспект Ленина, 76, Челябинск, Российская Федерация

<sup>c</sup> Институт Тубмана, Йоркский университет, Торонто, Канада

<sup>d</sup> Финансы и экономика, Катарский университет, Р.О. Вох: 2713, Доха, Катар

<sup>e</sup> Институт бизнес-исследований и CFVG, Экономический университет Хошимина, Вьетнам

<sup>f</sup> Независимый исследователь, Исламабад, 44000, Пакистан

## А Р Т И К Л И Я В Ф О

Ключевые слова:

Нефтяные  
шоки  
Зеленые  
облигации  
Прогностическая модель

## А Б С Т Р А К Т

В данном исследовании рассматривается предсказательная способность нефтяных шоков для рынков "зеленых" облигаций. В соответствии с этой целью мы изучили, в какой степени нефтяные шоки могут быть использованы для точного прогнозирования доходности "зеленых" облигаций в выборке и вне выборки. Из наших результатов вытекают три поразительных вывода: Во-первых, три типа нефтяных шоков являются надежными предикторами для индексов "зеленых" облигаций. Во-вторых, показатели прогнозных моделей были последовательными.

на разных горизонтах прогнозирования (т.е. от  $H = 1$  до  $H = 24$ ). В-третьих, наши результаты были чувствительны к классификации данных на эпохи, предшествовавшие COVID и COVID. Например, результаты подтвердили, что предсказательная сила нефтяных шоков снизилась в период кризиса. Мы также обсуждаем некоторые политические последствия выводов данного исследования.

## 1. Введение

Растущие опасения по поводу изменения климата переключили внимание политиков и инвесторов на экологичные вложения. В результате глобальный выпуск облигаций "зеленых" инвестиций достиг значительной отметки в триллион долларов США в 2020 году, и ожидается, что к 2025 году он достигнет 5 триллионов долларов США в год. Это означает ускоренное выделение капитала для устойчивого сельского хозяйства, чистой энергетики, экологичного транспорта, устойчивой инфраструктуры и так далее в 62 развитых и развивающихся экономиках. Однако инвестиции в "зеленые" облигации, в частности, приобрели значительную известность после их введения в 2007 году Европейским инвестиционным банком (ЕИБ) в рамках перехода к более устойчивому климату. С 2015 года объем выпуска "зеленых" облигаций значительно вырос - с 46,1 млрд долларов до 354,2 млрд долларов в 2021 году, что примерно на 37% больше, чем в 2020 году. Например, по данным Sustainable Bond Insight (2021), европейский финансовый рынок является ведущим игроком с долей 48,72% в глобальном выпуске зеленых облигаций, за ним следуют США с 35,3%, Япония с 3,41%, Великобритания с 3,03%, Швеция с 2,02%, Швейцария с 0,45%, Норвегия с 0,36% и Новая Зеландия с 0,34%. В совокупности эти страны выпустили около 93% всех "зеленых" облигаций в мире. Такой колоссальный рост выпуска "зеленых" облигаций сопровождается растущей популярностью среди инвесторов. Например, по данным

Исследование, проведенное Инициативой по климатическим облигациям (2021 год), показало, что настроения на рынке "зеленых" облигаций укрепляются, и тенденции "зеленых" инвестиций ускорятся, и к концу 2022 года они, вероятно, достигнут отметки в 1 триллион долларов. Аналогичным образом, опрос Morgan Stanley (2016) показал, что 55% инвесторов заинтересованы в устойчивых инвестициях, при этом 31% инвесторов рассматривают их как эффективный инвестиционный подход в будущем.

Килиан (2009) определил шоки спроса и предложения на нефть с помощью структурной VAR на данных о ценах отгрузки нефти и производства, представляющих спрос и предложение нефти, соответственно. Позже Килиан и Парк (2009) расширили эту работу, изучив влияние различных шоков на фондовый рынок США. Их результаты свидетельствуют о низких колебаниях доходности акций (не более 2%), вызванных остаточными изменениями цен на нефть, которые не связаны ни с предложением, ни с совокупным спросом на нефть. Однако этой схеме присущ тот недостаток, что данные, используемые в SVAR, должны иметь корреляцию с современными или будущими изменениями цен на нефть, чтобы идентифицировать шоки. Например, согласно Kilian (2009), идентифицированные шоки спроса и предложения объясняют только 4% современных колебаний цен на нефть с 1986 по 2011 год. Оставшиеся колебания цен на нефть на 19% объясняются SVAR, а на 77% - остатками, классифицированными по шокам предосторожного спроса. Однако нет возможности определить, вызваны ли

изменения в шоках предупредительного спроса ожиданиями  
изменений спроса или опасениями по поводу предложения.

Например, эскалация цен на нефть

---

\* Автор-корреспондент.

Адреса электронной почты: [Rehman@ueh.edu.vn](mailto:Rehman@ueh.edu.vn) (M.U. Rehman), [i\\_raheem@ymail.com](mailto:i_raheem@ymail.com) (I.D. Raheem), [rami.zeitun@qu.edu.qa](mailto:rami.zeitun@qu.edu.qa) (R. Zeitun), [vinhvx@ueh.edu.vn](mailto:vinhvx@ueh.edu.vn) (X.V. Vo).

<sup>1</sup> Эти статистические данные взяты с сайта <https://www.climatebonds.net/>

<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.106429>

Получено 23 февраля 2022 г.; Получено в исправленном виде 30 августа 2022 г.; Принято 14 ноября 2022 г.

Доступно онлайн 28 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/>).

цены из-за возрастающей вероятности ограничения предложения, которое никогда не произойдет, не будет отражено VAR. Аналогично, рост цен на нефть из-за увеличения спроса, который не отражается в высоких ценах на транспортировку, не будет отражен. Оба эти изменения признаются как шоки спроса, предшествующие предостережению, хотя они будут иметь различные последствия для экономического производства и совокупной доходности акций.

Поэтому данное ограничение потребовало применения метода идентификации, опирающегося на прогнозные цены торгуемых активов, чтобы избежать подобных проблем. Ready (2018) определяет шоки спроса как часть текущей доходности глобального индекса нефтедобывающих компаний, которая ортогональна неожиданным изменениям в логарифмических значениях VIX, который рассматривается как косвенный показатель совокупных изменений в ставках дисконтирования на рынке, вызванных изменением отношения к риску. Шоки предложения оцениваются как часть современных изменений в ценах на нефть, которые ортогональны шокам спроса вместе с нововведениями в VIX. Новации в VIX (косвенный показатель шоков риска), шоки предложения и шоки спроса, как правило, ортогональны и объясняют все колебания цен на нефть. В результате расширения Ready (2018) почти все колебания цен на нефть были отражены шоками предложения (78%) и спроса (21%) из-за очень низкой корреляции VIX с ценами на нефть.

Поскольку литература о связи между нефтяными шоками и "зелеными" облигациями ограничена, неясно, вызывают ли нефтяные шоки изменения в GBM и, следовательно, несут ли они полезную информацию для прогнозирования будущих доходов в GBM. Таким образом, изучение последствий нефтяных шоков (т.е. шоков де-мандата, предложения и риска) для прогнозирования доходности "зеленых" облигаций имеет важное значение для того, чтобы помочь инвесторам оценить поведение рынка "зеленых" облигаций с точки зрения риска и доходности. Поэтому целью данной работы является исследование предсказуемости доходности "зеленых" облигаций с помощью нефтяных шоков, которые были извлечены с использованием методологии, предложенной Ready (2018). Таким образом, мы стремились ответить на следующие вопросы: Во-первых, могут ли нефтяные шоки, основанные на международных ценах на нефть, предсказать доходность "зеленых" облигаций? Во-вторых, как эта предсказуемость варьируется на разных рынках выборки, учитывая, что международные нефтяные шоки могут по-разному влиять на "зеленые" облигации разных стран? И наконец, различается ли предсказуемость между нормальным и кризисным периодами COVID-19? Ответы на эти вопросы, поддающиеся проверке, должны помочь инвесторам понять поведение GBM в условиях нефтяных шоков, поскольку влияние, которое международный рынок нефти оказывает на мировую экономику, неоспоримо. Обладая такими знаниями, инвесторы смогут лучше сбалансировать свои портфели "зеленых" облигаций разных стран. Наши результаты свидетельствуют о значительной предсказуемости доходности "зеленых" облигаций в зависимости от потрясений на рынке нефти. Доходность зеленых облигаций Японии и США прогнозируется более точно, независимо от инвестиционного горизонта (т.е. от  $H_1$  до  $H_{24}$ ). Напротив, шок предложения не эффективен для прогнозирования доходности как внутри, так и вне выборки для новозеландских GBM, в то время как он может быть использован для точного прогнозирования доходности зеленых облигаций в Дании, Европе, Японии, Норвегии, Швеции, Швейцарии, Великобритании и США. Однако в ходе исследования COVID-

19 кризисный период, шок предложения слабо прогнозирует только внутри выборки, чрезвычайно долгосрочную (т.е. 24 месяца) доходность шведских зеленых облигаций, и не может спрогнозировать краткосрочную и среднесрочную доходность (т.е. от менее месяца до менее 12

месяцев). В отличие от этого, шок предложения прогнозирует только доходность на выборке для зеленых облигаций Швейцарии во время пандемии COVID-19. Статистика CW подчеркивает, что нефтяные шоки не дают точного прогноза как внутривыборочной, так и вневыборочной доходности, характерной для датских и европейских ГЦБ в период COVID-19.

Остальная часть данной работы представлена следующим образом: В разделе 2 описаны методы оценки, а в разделе 3 рассматривается источник данных и предварительные результаты. Затем в Разделе 4 объясняются наши выводы, а в Разделе 5 мы подводим итоги работы.

## 2. Обзор литературы

Инвестиции в рынки "зеленых" облигаций (GBMs) за последние годы выросли как по масштабам, так и по размерам, при этом они демонстрируют признаки совместного движения с другими общими классами активов (Pham and Huynh, 2020) и рынком энергоносителей (Reboredo, 2018) в частности. Например, Lee et al. (2021)

М.У. Рехман и др. использовали причинность в квантилях и сообщили о значительной двунаправленной причинности от рынка нефти к индексу зеленых облигаций MSCI в нижних квантилях, что указывает на совместное влияние рынков нефти и зеленых облигаций друг на друга. В отличие от этого, Дутта и др. (2020) утверждают, что отрицательные (положительные) колебания на рынке нефти вызывают снижение (повышение) стимулов для "зеленых" инвестиций. В другой работе Pham и Nguyen (2021) сообщили, что связь между неопределенностью на рынке нефти и "зелеными" облигациями зависит от состояния и изменяется во времени. Более конкретно, в периоды низкой (высокой) неопределенности рынки нефти и зеленых облигаций слабо (сильно) связаны, что указывает на то, что зеленые облигации могут использоваться для хеджирования от неопределенности на рынке нефти. Слабая связь между рынками "зеленых" облигаций и нефти была также зафиксирована Брага и др. (2021), которые заявили, что на "зеленые" облигации S&P меньше влияют колебания цен на нефть, что означает наличие возможностей хеджирования и диверсификации для инвесторов. Аналогичным образом, Феррер и др. (2021) обнаружили, что на поведение GBM практически не влияет динамика цен на нефть. Dutta et al. (2021) также получили схожие результаты, обнаружив, что климатические облигации слабо коррелируют с ценами на сырую нефть, при этом коэффициент хеджирования переключается между положительным и отрицательным состоянием для пары климатических облигаций и нефти, особенно во время пандемии COVID-19, что указывает на снижение риска во время пандемии. Недавно Kanamura (2021) изучил взаимосвязь индексов "зеленых" облигаций S&P, MSCI и Solactive с рынком нефти и сообщил, что "зеленые" облигации S&P и MSCI положительно связаны с ценами на нефть, тогда как цены "зеленых" облигаций Solactive показали отрицательную корреляцию с ценами на нефть, аналогично традиционному индексу облигаций S&P.

Рынок нефти всегда привлекал большое внимание как экономический

показатель, тем самым подчеркивая сильную связь цен на нефть с другими торгуемыми активами (т.е. сырьевыми товарами) (Chen and Rehman, 2021; Mensi et al., 2021), иностранными валютами (Liu et al., 2020), логистической отраслью (Maitra et al., 2021) и облигациями (Kang et al., 2014). Однако за последние десятилетия цены на нефть испытывали значительные колебания. Например, в июне 2008 года цены на нефть достигли исторического максимума - 140,5 доллара за баррель, но за этим последовало падение примерно на 70% в январе 2009 года до 40,1 доллара за баррель. Второе значительное снижение цен на нефть наблюдалось в июне 2014 года, когда они упали со 105,2 доллара за баррель до 33,6 доллара за баррель к январю 2016 года. Последнее снижение цен на нефть началось в декабре 2019 года и продлилось до апреля 2020 года, в результате чего цены на нефть снизились еще на 67% (то есть с \$60,1 до \$20,1 за баррель). Однако за каждым снижением цен на нефть следует бум, что свидетельствует о значительном увеличении спроса на нефть на рынке. Чрезмерный спрос или предложение нефти может привести к изменению цен на нефть, и их можно классифицировать как шоки спроса (т.е. обусловленные спросом) или шоки предложения (т.е. обусловленные предложением). Мы следуем примеру Ready (2018) в исследовании того, вызваны ли нефтяные шоки чрезмерным спросом или недостаточным предложением и оказывают ли эти два разных шока одинаковое влияние на доходность "зеленых" облигаций, поскольку рост спотовых цен на нефть из-за снижения предложения нефти или повышения спроса на нефть может привести к разным шокам на нефтяном рынке (Kilian, 2008; Güntner, 2014).

По мнению Энрикеса и Садорского (2008), потрясения цен на нефть не

оказывают существенного влияния на доходность акций компаний альтернативной энергетики. Однако Кумар и др. (2012), напротив, сообщают о наличии положительной связи между ценами на нефть и альтернативную энергию. По мнению Садорского (2012), акции компаний, занимающихся чистой

энергетикой, меньше коррелируют с рынком нефти. Это касается взаимосвязи между нефтью и акциями компаний чистой энергетики, Манаги и Окимото (2013) исследуют и сообщают о положительном влиянии на акции компаний чистой энергетики после структурного разрыва в 2007 году. В одной из комплексных работ, посвященных ценам на нефть и странам Южной Америки, Апергис и Пейн (2015) сообщают, что реальные цены на нефть положительно влияют на потребление возобновляемых источников энергии в одиннадцати странах Южной Америки. Позднее Reboredo et al. (2017) обнаружили слабую связь между доходностью акций возобновляемых источников энергии и нефтью в краткосрочном периоде, которая, однако, усиливается в долгосрочном периоде. В долгосрочном периоде рост цен на нефть стимулирует проекты возобновляемой энергетики, в то время как снижение цен на нефть негативно сказывается.

компаний возобновляемой энергетики. В одной из работ, исследующих взаимосвязь между нефтью и рынком США, [Reboredo и Ugolini \(2018\)](#) обнаружили, что изменения цен на акции компаний возобновляемой энергетики в США в основном связаны с изменениями цен на нефть. Эти выводы подтверждаются данными [Shah et al. \(2018\)](#) о том, что шоки цен на нефть оказывают положительное влияние на инвестиции в возобновляемую энергетику в США и Норвегии, в то время как в Великобритании этот эффект незначительный и отрицательный.

Согласно [Kocaarslan и Soytaş \(2019\)](#), колебания курса доллара влияют на корреляцию между ценами на нефть и чистой энергией. Аналогично, [Pham \(2019\)](#) фиксирует неоднородную реакцию цен на нефть на акции чистых источников энергии, однако такое влияние зависит от энергетических секторов. В другой работе [Kyritsis и Serletis \(2019\)](#) подчеркивается, что акции возобновляемых источников энергии демонстрируют устойчивость к неопределенности цен на нефть. Напротив, [Dutta et al. \(2020\)](#) обнаружили, что волатильность нефтяного рынка оказывает более значительное влияние на "зеленые" активы, чем колебания цен на нефть. Что касается диверсификации между нефтью и "зелеными" облигациями, [Kanamura \(2020\)](#) изучает динамическую корреляцию между ценами "зеленых" облигаций и нефти и сообщает о наличии положительной корреляции между этими двумя наборами активов. Однако, если разделить цены на нефть на шоки, обусловленные предложением и спросом, [Zhao \(2020\)](#) сообщает о положительном влиянии шоков предложения нефти и отрицательном влиянии шоков спроса на доходность акций чистых источников энергии.

Еще одна недавняя работа, в которой рассматривается связь рынка зеленых облигаций с нефтяными шоками, включает [Azhgaliyeva et al. \(2022\)](#). В этой работе авторы используют шоки предложения сырой нефти, спроса на сырую нефть и спекулятивного спроса для изучения их влияния на выпуск корпоративных зеленых облигаций. Они сообщают, что хотя на эмиссию корпоративных зеленых облигаций положительно влияют шоки спроса и предложения нефтяного потока, влияние этих шоков на эмиссию корпоративных зеленых облигаций не является значительным.

### 3. Методология

#### 3.1. Модель

Как упоминалось ранее, цель данного исследования - изучить прогнозный потенциал нефтяных шоков для доходности "зеленых" облигаций. В связи с этим мы определяем нашу прогнозическую модель в виде:

$$r_t = \alpha + \beta s_{t-1} + \varepsilon_t, \quad (1)$$

где  $r$  представляет собой доходность "зеленых" облигаций, рассчитанную как  $\log(k_t/k_{t-1})$ , а  $K$  - индекс "зеленых" облигаций, как агрегированный, так и дезагрегированный.

уровень, а  $s$  - мера нефтяных шоков. Таким образом, уравнение (1) выражает типичную модель прогнозирования. Исследования показали, что высокочастотные данные могут быть подвержены статистическим проблемам, таким как условная гетероскедастичность, персистентность и эффект эндогенности ([Salisu et al., 2019](#); [Isah and Raheem, 2019](#)), и они могут препятствовать использованию моделей OLS.

Однако [Вестерлунд и Нараян \(2015\)](#), далее по тексту WN, предложил, что учет этих особенностей требует переформулирования

Уравнение (1) выглядит следующим образом:

$$r = \alpha + \beta s + \beta (s - \gamma s) + \varepsilon, \quad (2)$$

полученный  $\sigma^2$  может быть использован для взвешивания прогнозический модели. (Подробное описание вычислений см. в работе [Salisu et al., 2019](#)).

В данном исследовании мы не ограничиваемся использованием бивариативной прогнозический модели для того, чтобы учитывать некоторые важные контрольные переменные, поэтому мы расширили уравнение (2) для измерения нефтяных шоков. Полученное уравнение имеет вид:

$$r_t = \alpha + \beta s_{1,t-1} + \beta_2 (s_t - \gamma s_{t-1}) + \beta U_{3,t} + \varepsilon_t, \quad (4)$$

где  $U$  - мера нефтяных шоков.

#### 3.2. Реализация и оценка прогнозов

Модель основана на прогнозах как внутри выборки, так и за ее пределами. Прогноз вне выборки структурирован для краткосрочного и долгосрочного горизонтов. Хотя не существует общепринятого правила для дихотомизации данных на два периода (т.е. в выборке и вне выборки), мы следуем существующей литературе, используя 50% и 75%. Горизонты прогнозирования вне выборки

$H = 1$  (1 месяц), 3 (3 месяца), 6 (6 месяцев), 12 (12 месяцев) и 24 (24 месяца).

Модель 1 называется ограниченной моделью, и она же является эталонной моделью. Для полноты картины приведены две формы эталонной модели, а именно авторегрессия и историческое среднее. Модель 2 - это модель без ограничений. Оценка прогнозирования основана на трех различных показателях: тест [Кэмпбелла и Томпсона \(2008\)](#), далее называемый СТ-тестом; U-статистика Теила; и тест [Кларка и Веста \(2007\)](#), далее называемый CW-тестом. В литературе ([Narayan and Gupta, 2015](#)) отмечается, что U-статистика Теила рассчитывается как отношение ошибки прогнозирования неограниченной модели к ошибке прогнозирования ограниченной модели. U Теила со значением меньше единицы означает, что неограниченная модель обладает большей предсказательной силой, чем ограниченная модель.

Статистика вне выборки  $R^2$  ( $OOS\_R$ ) учитывается в тесте СТ. Она рассчитывается как  $OOS\_R = 1 - U$ -статистика Теила  $\{(RMSE_2 / RMSE_1)\}$ .  $RMSE_2$  и  $RMSE_1$  представляют собой среднеквадратичную ошибку для моделей 2 и 1, соответственно. Положительное значение СТ указывает на то, что модель 2 превосходит модель 1, и наоборот - отрицательное значение. Однако недостатком теста СТ является его неспособность продемонстрировать уровень значимости. Однако тест CW ([Clark and West, 2007](#)) позволяет проверить уровень значимости значения СТ<sup>3</sup>:

Для того чтобы оценить значение КС, мы использовали следующее уравнение:

$$\hat{f} = \left[ \frac{(S_{t+k} - S_{t+k})^2 - [(S_{t+k} - S_{t+k})^2 - (S_{t+k} - S_{t+k})^2]}{t+k + 1 + 2 + 1 + 2 +} \right], \quad (5)$$

где период прогнозирования обозначается  $k$ , а квадратичная ошибка для ограниченной модели (т.е. модель 1) обозначается  $(S_{t+k} - S_{1,t+k})^2$ , в то время как  $(S_{t+k} - S_{2,t+k})^2$  - квадратичная ошибка для неограниченной модели (т.е. модель 2). Далее,  $\hat{f}_{t,t+k} \otimes_{2,t,t+k}$  - скорректированная квадратичная ошибка, обусловленная введением КС для коррекции шума, связанного с прогнозом более крупной модели. Следовательно, среднее значение выборки  $\hat{f}_{t+k}$  определяется как

где первый член ( $\beta s_{t-1}$ ) представляет собой автокорреляцию  
первой части ряда, а второй член ( $\mu_t$ ) представляет эффект постоянства и

в результате чего эндогенность включается в параметр. Для того  
чтобы проверить

устойчивости, уравнение (3) оценивается с помощью OLS:

$$s_t = \alpha + \beta s_{t-1} + \mu_t, \text{ где } \mu_t \sim N(0, \sigma_v^2). \quad (3)$$

Аналогичным образом можно проверить эффект условной гетероскедастичности

используя тест ARCH-LM. WN утверждал, что вместо OLS лучше  
использовать метод квазиобобщенных наименьших квадратов  
(FQGLS), поскольку он способен извлечь любую информацию,  
заложенную в эффекте условной гетероскедастичности. FQGLS  
основан на предположении, что член ошибки в уравнении (1) имеет  
авторегрессионный условный характер.

гетероскедастическая (ARCH)  $\varepsilon_t^2 = \phi + \sum_{i=1}^q \phi_i \varepsilon_{t-i}^2$ , такой, что  
структура  $\hat{\sigma}^2$

$RMSE_1 = (RMSE_2 - adj.)$ , где каждый член рассчитывается (2023)  
следующим образом:

$$RMSE_1 = P^{-1} (S_{tk} - S_{1tk})^2;$$

$$RMSE_2 = P^{-1} \sum_{k=1}^n (S_{tk} - S_{2tk})^2; \text{ и}$$

<sup>2</sup> Из-за связи между тестами Clark and West (2007) и Campbell and  
Thompson (2008), а также для лучшего понимания, мы не приводим  
результаты теста Campbell and Thompson (2008). Например, когда U-  
статистика имеет значение меньше 1, мы математически ожидаем, что  
тест Кэмпбелла и Томпсона (2008) даст положительное значение, и  
наоборот.

<sup>3</sup> Тест Диболда и Мариано (1995) был наиболее часто используемым.

тест до недавнего времени, несмотря на то, что он подходит только для  
вложенных моделей, тогда как тест CW дает лучшие результаты для  
вложенных моделей.



$$\text{Adj.} = P^{-1} \sum (\hat{S}_{t+k} - \hat{S}_{2ik})^2 \quad (6)$$

где количество прогнозов, используемых для расчета средних значений, обозначается  $P$ .

Член  $f_{t+k}$  регрессируется на константу, и полученная  $t$ -статистика для нулевого коэффициента используется для выводов, так что мы можем исследовать

относительные показатели прогнозирования моделей 1 и 2. Мы проверили нулевую гипотезу ( $H_0$ ) против альтернативной гипотезы на основе того, является ли  $t$ -статистика для одностороннего теста 0,10 или одностороннего теста 0,05 больше, чем

+1,286 или + 1,645, соответственно.

### 3.3. Конструирование шоков спроса и предложения

При построении шоков спроса и предложения нефти мы следуем примеру Ready (2018). Ортогональные шоки спроса  $d_t$ , шоки предложения  $s_t$ , и шоки риска  $v_t$  определяются для первичного анализа как:

$$X_t = \begin{bmatrix} \Delta p_t \\ R_{t|t}^{\text{prod}} \end{bmatrix} Z_t = \begin{bmatrix} \int s_t \\ \int d_t \end{bmatrix} A_t = \begin{bmatrix} a_{22} & a_{23} \\ 0 & a_{23} \end{bmatrix} \quad (7)$$

Обнаруженные шоки от наблюдаемых факторов отображаются матрицей  $A$ , такой что:

$$X_t = AZ_t \quad (8)$$

Чтобы обеспечить ортогональность,  $a_{22}$ ,  $a_{23}$ ,  $a_{23}$  и  $\sigma_s$ ,  $\sigma_d$ ,  $\sigma_v$  удовлетворяют:

$$A^{-1} \Sigma_X A^{-1} = \begin{bmatrix} \sigma_s^2 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_d^2 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_v^2 \end{bmatrix} \quad (9)$$

где  $\sigma_s$ ,  $\sigma_d$  и  $\sigma_v$  - волатильности идентифицированных шоков, а  $\Sigma_X$  - ковариационная матрица наблюдаемой величины  $X_t$ . Это просто перенормировка стандартной ортогонализации, используемой для определения структурных шоков в условиях SVAR. Следует отметить, что, несмотря на то, что шоки волатильности нормированы на единицу, шоки ограничены суммой, равной общему изменению цены на нефть.

## 4. Данные и предварительный анализ

В нашей работе использовались ежедневные данные по девяти индексам "зеленых" облигаций в Новой Зеландии, Великобритании, США, Швейцарии, Норвегии, Европе, Дании, Японии и Швеции. Доходность всех этих индексов рассчитывалась путем взятия натурального логарифма двух соседних ценовых уровней. Для построения нефтяных шоков мы последовали примеру Ready (2018), который представил инновационную методику классификации изменений цен на нефть на обусловленные предложением (т.е. шоки предложения) или обусловленные спросом (т.е. шоки спроса). Мы определили шоки предложения как изменения в цене на нефть, ортогональные к текущей доходности нефтедобывающих компаний, а прогнозные значения классифицировали как "шоки спроса на нефть". Для построения рядов шоков спроса и предложения нефти мы использовали три переменные, а именно: индекс

ARMA(1,1), а остатки от этого процесса использовались как новации  $\xi_{VIX}$ .

Данные по всем индексам "зеленых" облигаций, ценам на нефть, индексу мировых интегрированных производителей нефти и газа (WIOGPI) и индексу West Texas Intermediate (WTI) за период со 2 декабря 2008 года по 11 июля 2021 года были получены из Thomson Reuters Datastream.

В таблице 1 представлена описательная статистика для девяти индексов "зеленых" облигаций и извлеченных нефтяных шоков. Панель А таблицы 1 показывает, что все индексы "зеленых" облигаций, за исключением Швейцарии, обеспечили положительную среднюю дневную доходность. Наибольший средневзвешенный доход в размере 0,009% был получен европейскими "зелеными" облигациями, за ними следуют японские и норвежские "зеленые" облигации (по 0,008%), в то время как наименьший средневзвешенный доход в размере 0,003% был отмечен для шведских "зеленых" облигаций. Максимальная дисперсия среди индексов зеленых облигаций наблюдалась у японских зеленых облигаций (0,69%), за ними следуют новозеландские (0,58%) и британские (0,56%) облигации, в то время как датский и европейский индексы зеленых облигаций показали самую низкую дисперсию (т.е. стандартный де-вариации) в размере 0,35%. Панель В таблицы 1 показывает, что только шоки предложения имеют положительные значения, а рискованные шоки имеют максимальную дисперсию в размере

7.51%. В таблице 1 также представлены стохастические характеристики наших выборочных серий. Мы применили дополненный тест Дики-Фуллера (ADF) на единичный корень к отвергают нулевую гипотезу о наличии единичного корня для всех рядов. Панель

В таблице 1 приведены доказательства эндогенности в рядах предложения нефти, де-мандата на нефть и риска. Мы также наблюдали существование серийной зависимости и условной гетероскедастичности, независимо от выбранного порядка лага, поэтому результаты подтверждают решение использовать обобщенный скорректированный OLS для прогнозирования доходности зеленых облигаций.

нефтедобывающих компаний, показатель изменения цен на нефть и показатель изменения ожидаемой доходности. Для нефтедобывающих компаний мы использовали индекс мировых интегрированных производителей нефти и газа, который включает в себя крупные нефтедобывающие компании, торгуемые на бирже и представляющие большую часть мировой нефтяной промышленности. Далее, для выявления неожиданных изменений цен на нефть использовалась одномесячная доходность контракта на NYMEX Light Sweet Crude Oil со вторым ближайшим сроком погашения. Изменения индекса VIX использовались для отражения изменений в ставке дисконтирования. Мы рассчитывали индекс VIX с даты заключения опционов, поэтому он представляет собой меру риск-нейтрального ожидания волатильности. Премия за риск дисперсии, рассчитанная на основе индекса VIX, определенно предсказывает доходность акций, что указывает на то, что она может быть разумным косвенным показателем изменений в риске, как предполагают Bollerslev и др. (2009). Для того чтобы отделить неожиданные изменения в индексе VIX, мы оценили следующие показатели

Мы начали наши оценки с использования скорректированной на смещение меры нефтяных шоков для однофакторной модели, как показано в [Таблице 2](#). В целом, мы обнаружили доказательства предсказуемости, независимо от характера нефтяных шоков (т.е. были ли они вызваны спросом, предложением или риском) для всех зеленых облигаций, кроме зеленых облигаций Великобритании. Потрясения спроса предсказывают доходность всех зеленых облигаций, в то время как потрясения предложения объясняют вариации в доходности зеленых облигаций только в Европе, Швейцарии, Норвегии, Дании, Швеции, Новой Зеландии, Японии и США. Результаты аналогичны для случая шоков риска, хотя знаки (направления) коэффициентов показывают другую историю. Связь между шоками спроса и предложения нефти (риск) и доходностью "зеленых" облигаций для Дании, Европы, Японии, Швейцарии и США является положительной (отрицательной). И опять же, зеленые облигации Великобритании ведут себя иначе, поскольку они отрицательно связаны только с шоком спроса, но положительно связаны как с шоком предложения, так и с шоком риска. Стоит отметить, что когда шоки спроса и предложения отрицательно связаны с доходностью "зеленых" облигаций, нефтяной риск сохраняет положительную связь с теми же "зелеными" облигациями, и наоборот. Другими словами, тип нефтяного шока (т.е. спрос, предложение или риск), по-видимому, является важным фактором при прогнозировании доходности "зеленых" облигаций. В целом, наши результаты свидетельствуют об асимметричной взаимосвязи между нефтяными шоками и доходностью "зеленых" облигаций.

Результаты для прогнозирования внутри выборки и вне выборки представлены в

[Таблицы 3-6](#). В частности, в [таблицах 3 и 4](#) представлены прогнозы с отдельными нефтяными шоками для полного периода выборки (со 2 декабря 2008 года по 11 июля 2021 года), в то время как в последних таблицах (5-6) представлены прогнозы только для периода пандемии COVID-19 (со 2 декабря 2020 года по 11 июля 2021 года). Начнем с представления статистики U Тейла в [таблице 3](#), которая показывает, что прогнозы на выборке очень близки для периодов менее месяца, а в некоторых случаях и для горизонтов менее трех месяцев. Это справедливо независимо от типа рассматриваемого нефтяного шока. Значение U-статистики Тейла меньше 1 указывает на то, что нефтяные шоки могут точно предсказывать доходность зеленых облигаций. В [таблице 3](#) представлены дополнительные доказательства значимости U Тейла для прогнозирования всех "зеленых" облигаций на основе нефтяных шоков. Более конкретно, статистика U Тейла меньше 1 для каждого случая, независимо от типа нефтяного шока или инвестиционного горизонта. Примечательно, что мы обнаружили, что как японские, так и американские зеленые облигации более точно



**Таблиц**  
Предварительный анализ.

	Средний	Std. Dev	Единичный корень	
Доходность акций			Уровень	1-й дифф
Панель А: Описательная статистика				
Дания GBs	0.00004	0.0035	–	–
			52.228***	
Евро GBs	0.00009	0.0035	–	–
			52.195***	
Япония GBs	0.00008	0.0069	–	–
			58.189***	
Новая Зеландия	0.00005	0.0058	–	–
			61.064***	
Норвегия GBs	0.00008	0.0054	–	–
			57.678***	
Швеция GBs	0.00003	0.0041	–	–
			59.084***	
Швейцария GBs	-0.00005	0.0055	–	–
			40.389***	
ГБ Великобритании	0.00005	0.0056	–	–
			54.696***	
ГБ США	0.00004	0.0052	–	–
			57.398***	
Панель В: Нефтяной шок				
Потрясения в сфере предложения	0.0006	0.0272	–	–
			56.334***	
Потрясения спроса	-0.0007	0.0149	–	–
			19.822***	
Рисковые потрясения	-0.0004	0.0751	–	–
			56.524***	
Панель С: Автокорреляция и гетероскедастичность				
	Q-Stat		Q <sup>2</sup> -Stat	ARCH-LM
	K = 10	K = 20	K = 10	K = 10
Потрясения в сфере предложения	31.65***	51.029***	2022.0***	3043.6***
Потрясения спроса	81.15***	111.7***	1617.1***	2158.1***
Рисковые потрясения	20.98***	32.64**	183.3***	186.5***

**Таблица 2**  
Прогностическая модель.

Индексы шоки	Шоки спроса	Шоки предложения	Рисковые
Дания GBs	0.0134*** (0.004)	0.0081*** (0.0023)	-0.0028*** (0.0008)
Евро GBs	0.0136*** (0.0041)	0.0079*** (0.0023)	-0.0027*** (0.0008)
Япония GBs	0.1730*** (0.0074)	0.0574*** (0.0043)	-0.0246*** (0.0015)
Новая Зеландия	-0.0695*** (0.0067)	-0.0194*** (0.0037)	0.0093*** (0.0013)
Норвегия GBs	-0.1295*** (0.0059)	-0.0477*** (0.0034)	0.0132*** (0.0012)
Швеция GBs	-0.0695*** (0.0046)	-0.0196*** (0.0026)	0.0077*** (0.0009)
Швейцария GBs	0.0654*** (0.0063)	0.0219*** (0.0036)	-0.0107*** (0.0012)
ГБ Великобритании	-0.0123** (0.0065)	0.0016 (0.0035)	0.0020 (0.0013)
ГБ США	0.1082*** (0.0057)	0.0346*** (0.0032)	-0.0087*** (0.0012)

Примечание: \*\*\*, \*\* и \* значимость при 1, 5 и 10% соответственно. Значения стандартной ошибки приведены в скобках.

предсказанные всеми тремя шоками. Предсказуемость этих рынков облигаций наибольшая при всех горизонтах, вплоть до 24 месяцев. Мы также отмечаем, что предсказуемость выше при краткосрочных горизонтах, причем U Тейла немного увеличивается по мере увеличения горизонта. Наконец, при сравнении между нефтяными шоками мы находим свидетельства того, что шоки спроса более эффективны для прогнозирования доходности GBM как в выборке, так и вне ее.

Далее в таблице 4 мы приводим результаты по парной мере оценки эффективности прогнозирования. Мотивацией для этого

анализа послужил потенциал расширения модели прогнозирования путем повторного включения нефтяных шоков в модель оценки. Тест CW измеряет уровень статистической значимости, при этом значение выше 2,5 указывает на статистическую значимость на 5% уровне. Интересно, что статистика CW выше

2,5 в большинстве случаев. В частности, шоки спроса и риска, по-видимому, более точно прогнозируют доходность зеленых облигаций всех индексов выборки, но результаты отличаются для шоков предложения. Шоки предложения являются единственным фактором, который не может предсказать доходность как в выборке, так и вне выборки для

таблица 3  
зеленых облигаций Новой Зеландии, в то время как его предсказательная сила ограничена для зеленых облигаций Дании, Европы и Великобритании. Напротив, оценка, основанная на шоках предложения, показывает превосходные результаты при прогнозировании доходности японских, шведских и американских зеленых облигаций. Другими словами, статистика CW выше, что указывает на то, что шоки предложения более точно прогнозируют доходность зеленых облигаций Японии, Швеции и США, независимо от горизонта. Эти выводы похожи на результаты по шокам спроса и риска: они показывают более точное предсказание для японских, шведских и американских зеленых облигаций по сравнению с Норвегией и Великобританией как на краткосрочном, так и на долгосрочном горизонте инвестирования. Более конкретно, оценки для всех зеленых облигаций превышают пороговое значение 2,5, и это сохраняется как для шоков спроса, так и для шоков риска. Эта предсказуемость также более очевидна в случае японских и американских зеленых облигаций. В целом, статистика CW выше для японского GBM, независимо от вида нефтяного шока и инвестиционного горизонта, что указывает на то, что нефтяные шоки более эффективны для прогнозирования доходности японских зеленых облигаций как на краткосрочном, так и на долгосрочном инвестиционном горизонте. Примечательно, что это наблюдение характерно не только для модели CW, но и для модели Theil's U (см. табл. 3).

Далее мы продолжили оценку прогноза для под-период, охватывающий пандемию COVID-19. В таблицах 5-6 представлены предсказательные способности моделей прогнозирования Theil's U и CW во время кризисных рыночных условий. Результаты модели U Тейла показывают, что потрясения на рынке нефти могут эффективно прогнозировать доходность зеленых облигаций как в выборке, так и вне выборки и для всех инвестиционных горизонтов. U-статистика меньше 1 указывает на то, что нефтяные шоки могут предсказать доходность ГКО, поэтому шоки предложения предсказывают доходность всех ГКО независимо от инвестиционного горизонта, за исключением ГКО Великобритании во время пандемии COVID-19. Однако предсказательная сила шоков предложения различается по инвестиционным горизонтам. В краткосрочном периоде статистика U выше порогового значения 1, указывает на то, что шоки предложения неэффективны для прогнозирования GBM Великобритании при краткосрочном инвестиционном горизонте (т.е.  $H = 1$  и  $H = 3$ ). В отличие от этого, шоки предложения показывают превосходные результаты при прогнозировании доходности японских и норвежских "зеленых" облигаций, что говорит о том, что шоки предложения могут быть использованы для прогнозирования доходности "зеленых" облигаций в условиях кризиса на рынке. Аналогичным образом, использование шоков спроса для прогнозирования доходности "зеленых" облигаций дает результаты, схожие с результатами, полученными при использовании шоков предложения для прогнозирования доходности "зеленых" облигаций. Мы также видим, как шоки спроса точно предсказывали доходность "зеленых" облигаций во время COVID-19

## Таблиц

Одиночный предиктор: U-статистика Тейла.

	Поста вка						Спрос					
	ln-S	Выходной образец					ln-S	Выходной образец				
		H = 1	H = 3	H = 6	H = 12	H = 24		H = 1	H = 3	H = 6	H = 12	H = 24
Дания GBs	0.9933	0.9934	0.9973	0.9946	0.9955	0.9960	0.9919	0.9919	0.9926	0.9932	0.9936	0.9944
Евро GBs	0.9932	0.9932	0.9936	0.9945	0.9954	0.9959	0.9920	0.9920	0.9928	0.9933	0.9937	0.9945
Япония GBs	0.9487	0.9489	0.9490	0.9505	0.9509	0.9527	0.8694	0.8693	0.8692	0.8701	0.8713	0.8722
Новая Зеландия	0.9987	0.9986	0.9986	0.9988	0.9990	0.9989	0.9842	0.9843	0.9845	0.9844	0.9844	0.9849
Норвегия GBs	0.9746	0.9746	0.9740	0.9753	0.9739	0.9741	0.9753	0.9742	0.9747	0.9733	0.9743	0.9746
Швеция GBs	0.9875	0.9856	0.9855	0.9867	0.9862	0.9881	0.9619	0.9621	0.9617	0.9655	0.9661	0.9676
Швейцария GBs	0.9851	0.9851	0.9854	0.9862	0.9872	0.9878	0.9701	0.9701	0.9707	0.9712	0.9717	0.9724
ГБ	0.9899	0.9900	0.9903	0.9900	0.9908	0.9915	0.9854	0.9854	0.9855	0.9852	0.9858	0.9865
Великобритании												
ГБ США	0.9425	0.9428	0.9427	0.9432	0.9432	0.9447	0.8513	0.8513	0.8506	0.8516	0.8519	0.8535
Риск												
	ln-S	Выходной образец										
		H = 1	H = 3	H = 6	H = 12	H = 24						
Дания GBs	0.9902	0.9902	0.9908	0.9908	0.9907	0.9910						
Евро GBs	0.9903	0.9903	0.9909	0.9909	0.9908	0.9910						
Япония GBs	0.9376	0.9376	0.9375	0.9378	0.939	0.9408						
Новая Зеландия	0.9907	0.9908	0.9907	0.9904	0.9903	0.9910						
Норвегия GBs	0.9913	0.9912	0.9907	0.9915	0.9918	0.9920						
Швеция GBs	0.9905	0.9906	0.9904	0.9915	0.9922	0.9927						
Швейцария GBs	0.9793	0.9793	0.9798	0.9801	0.9798	0.9803						
ГБ	0.9965	0.9965	0.9965	0.9964	0.9967	0.9965						
Великобритании												
ГБ США	0.9637	0.9636	0.9632	0.9636	0.9643	0.9661						

Примечание: U-статистика меньше 1 показывает, что показатели нефтяных шоков являются надежными предикторами доходности GBM.

## Таблица 4

Одиночный предиктор: Статистика CW.

	Поста вка						Спрос					
	ln-S	Out-Sample					ln-S	Out-Sample				
		H = 1	H = 3	H = 6	H = 12	H = 24		H = 1	H = 3	H = 6	H = 12	H = 24
Дания GBs	2.376	2.049	2.328	2.193	2.376	1.996	5.397	5.397	5.381	5.270	5.358	5.249
Евро GBs	2.388	2.388	2.342	2.207	2.063	2.008	5.340	5.341	5.202	5.226	5.319	5.339
Япония GBs	7.101	7.092	7.112	7.104	7.135	7.090	10.268	10.274	10.303	10.324	10.294	10.284
Новая Зеландия	1.135	1.075	1.172	1.163	1.141	1.094	5.415	5.448	5.499	5.647	5.702	5.505
Норвегия GBs	4.940	4.935	5.050	5.060	5.293	5.446	4.657	4.666	4.835	4.725	4.688	4.701
Швеция GBs	6.439	6.470	6.510	6.248	6.451	6.069	4.955	4.920	4.991	4.725	4.614	4.546
Швейцария GBs	4.737	4.524	4.701	4.642	4.741	4.470	7.702	7.699	7.637	7.606	7.716	7.703
ГБ	2.208	2.206	2.183	2.240	2.192	2.146	3.215	3.220	3.248	3.316	3.194	3.047
Великобритании												
ГБ США	5.747	5.902	5.776	5.838	5.746	5.897	8.830	8.831	8.906	8.911	8.921	8.802
Риск												
	ln-S	Out-Sample										
		H = 1	H = 3	H = 6	H = 12	H = 24						
Дания GBs	3.398	3.398	3.241	3.152	3.095	2.946						
Евро GBs	3.369	3.369	3.210	3.127	3.067	2.919						
Япония GBs	11.512	11.518	11.561	11.583	11.586	11.611						
Новая Зеландия	5.357	5.342	5.378	5.439	5.507	5.492						
Норвегия GBs	6.190	6.192	6.343	6.201	6.383	6.541						
Швеция GBs	9.509	9.490	9.573	9.055	9.151	9.100						
Швейцария GBs	6.987	6.983	6.930	6.905	6.890	6.849						
ГБ	4.837	4.839	4.831	4.910	4.853	4.767						
Великобритании												
ГБ США	11.70	11.701	11.775	11.819	11.889	11.909						

Примечания: CW измеряет уровень статистической значимости. Значения выше 2,5 означают статистическую значимость на уровне 5%. значимость на уровне 5%.

период. Это предсказание более очевидно для японских и норвежских зеленых облигаций как на горизонте выборки, так и вне выборки, а также для американских GBM на горизонте выборки. Выводы, сделанные вне выборки, относятся к краткосрочным и среднесрочным периодам до 12 месяцев, что указывает на то, что вариации нефтяных шоков могут прогнозировать доходность зеленых облигаций в неэффективных рыночных условиях.

Аналогичным образом, модель, основанная на риске, также важна для прогнозирования GBM. Значения менее 1 показывают, что шоки риска являются хорошим предсказателем доходности зеленых облигаций во время пандемии COVID-19. При сравнении между "зелеными" облигациями мы обнаружили, что шоки риска играют более важную роль в обеспечении точных прогнозов, поскольку статистика Theil U's относительно ниже в случаях японских, новых

Зеландский и норвежский рынки зеленых облигаций на институциональных горизонтах как внутри выборки, так и за ее пределами. В целом, мы обнаружили, что все три модели прогнозирования относительно эффективно прогнозируют доходность японо-английских и норвежских GBM в период COVID-19.

В таблице 6 представлены некоторые интересные результаты оценки эффективности прогнозирования на основе КС во время пандемии COVID-19. Модели оценки на основе КС также включают аналогичные нефтяные шоки в качестве регрессоров. Тест CW измеряет уровень статистической значимости, так что значение выше 2,5 указывает на статистическую значимость на 5% уровне. Мы подчеркиваем, что статистика CW явно расходится с выводами, основанными на U Теила, представленными ранее в Таблице 5. Более конкретно, мы можем наблюдать, как

Таблица 5

Одиночный предиктор: U-статистика Тейла (COVID-19).

	Поста вка						Спрос					
	Out-Sample						Out-Sample					
	ln-S	H = 1	H = 3	H = 6	H = 12	H = 24	ln-S	H = 1	H = 3	H = 6	H = 12	H = 24
Дания GBs	0.9890	0.9793	0.9806	0.9826	0.9840	0.9851	0.9954	0.9877	0.9881	0.9909	0.9928	0.9942
Евро GBs	0.9912	0.9931	0.9913	0.9915	0.9912	0.9911	0.9967	0.9918	0.9922	0.9923	0.991	0.9922
Япония GBs	0.9587	0.9570	0.9562	0.9510	0.9510	0.9539	0.9098	0.9042	0.9094	0.8932	0.8959	0.9030
Новая Зеландия	0.9931	0.9980	0.9982	0.9971	0.9962	0.9947	0.9500	0.9518	0.9541	0.9516	0.9545	0.9525
Норвегия GBs	0.9465	0.9414	0.9424	0.9428	0.9421	0.9436	0.8378	0.8086	0.8132	0.8174	0.8291	0.8315
Швеция GBs	0.9928	0.9963	0.9971	0.9943	0.9932	0.9931	0.9427	0.9263	0.9289	0.9276	0.9353	0.9377
Швейцария GBs	0.9953	0.9997	0.9991	0.9993	0.9994	0.9971	0.9733	0.9766	0.9756	0.9763	0.9770	0.9749
ГБ	0.9973	1.0007	1.00008	0.9998	0.9994	0.9988	0.9766	0.9790	0.9783	0.9794	0.9783	0.9797
Великобритании												
ГБ США	0.9988	0.9981	0.9981	0.9980	0.9982	0.9982	0.9195	0.8747	0.8750	0.8817	0.8926	0.9008
Риск												
	Out-Sample											
	ln-S	H = 1	H = 3	H = 6	H = 12	H = 24						
Дания GBs	0.9930	0.9913	0.9910	0.9930	0.9940	0.9980						
Евро GBs	0.9933	0.9930	0.9934	0.9932	0.9924	0.9934						
Япония GBs	0.9568	0.9388	0.9396	0.9426	0.9444	0.9507						
Новая Зеландия	0.9470	0.9461	0.9466	0.9468	0.9447	0.9431						
Норвегия GBs	0.9389	0.9416	0.9412	0.9398	0.9399	0.9372						
Швеция GBs	0.9635	0.9686	0.9687	0.9632	0.9667	0.9652						
Швейцария GBs	0.9867	0.9856	0.9852	0.9857	0.9867	0.9865						
ГБ	0.9854	0.9774	0.9774	0.9800	0.9801	0.9816						
Великобритании												
ГБ США	0.9728	0.9731	0.9725	0.9705	0.9712	0.9735						

Примечание: U-статистика меньше 1 показывает, что меры нефтяных шоков являются надежным предиктором GBM.

Таблица 6

Одиночный предиктор: Статистика CW (COVID-19).

	Поста вка						Спрос					
	Out-Sample						Out-Sample					
	ln-S	H = 1	H = 3	H = 6	H = 12	H = 24	ln-S	H = 1	H = 3	H = 6	H = 12	H = 24
Дания GBs	1.3889	1.4831	1.5485	1.5116	1.5928	1.4705	1.3312	1.1340	1.1665	1.0645	1.0150	0.7437
Евро GBs	1.2519	1.2290	1.2331	1.2115	1.2351	1.2332	0.7898	0.7899	0.7881	0.7898	0.7897	0.7894
Япония GBs	2.3489	2.3652	2.1005	2.3143	2.0551	2.3355	3.3203	2.9387	2.9503	3.0761	3.1072	3.0973
Новая Зеландия	1.6061	1.0804	0.8318	0.9574	0.8307	1.2680	4.815	3.6312	3.6568	3.8886	4.1122	4.5158
Норвегия GBs	2.6682	2.4878	2.2654	2.4064	2.2526	2.5249	4.7889	3.3623	3.4205	3.7476	3.8662	4.2511
Швеция GBs	1.9414	1.6301	1.1041	1.4261	1.1636	1.7088	4.2184	2.9339	2.9747	3.4020	3.4333	3.7625
Швейцария GBs	1.9493	0.98848	0.9749	0.9639	0.8598	1.4474	3.1964	2.2837	2.3632	2.4562	2.5573	2.7935
ГБ	1.5684	0.8992	0.5789	0.7962	0.6068	1.0487	3.143	2.6876	2.709	2.6370	2.821	2.8581
Великобритании												
ГБ США	0.4172	0.4609	0.4210	0.4590	0.4164	0.4553	2.8006	2.0602	2.1072	2.3136	2.3482	2.4223
Риск												
	Out-Sample											
	ln-S	H = 1	H = 3	H = 6	H = 12	H = 24						
Дания GBs	0.8033	1.1080	1.0943	0.9643	0.8804	0.8148						
Евро GBs	0.8838	0.8837	0.8834	0.8830	0.8834	0.8813						
Япония GBs	2.9124	2.4561	2.4773	2.7313	2.8346	2.8173						
Новая Зеландия	3.8859	2.8590	2.8311	3.0521	3.1998	3.3897						
Норвегия GBs	4.6966	3.8906	3.8965	4.1241	4.2519	4.3920						
Швеция GBs	3.7683	3.1854	3.1806	3.3562	3.4318	3.5321						
Швейцария GBs	2.604	1.7649	1.8315	1.9352	2.0945	2.2977						
ГБ	2.604	1.7985	1.7915	1.8634	2.0197	2.2346						
Великобритании												
ГБ США	3.159	3.1293	3.1592	3.2030	3.2556	3.2362						

Примечание: CW измеряет уровень статистической значимости. Значения выше 2,5 означают стат. значимость на 5% уровне.

шоки предложения не позволяют прогнозировать доходность как в выборке, так и вне выборки на всех инвестиционных горизонтах. Эти результаты характерны для GBM Дании, Европы, Новой Зеландии, Великобритании и США. Другими словами, шоки предложения не помогут инвесторам в этих странах максимизировать доходность при инвестировании в "зеленые" облигации во время пандемии COVID-19.

Мы также видим, что шоки предложения лишь слабо прогнозируют доходность шведского рынка облигаций в

экстремально долгосрочной перспективе (т.е. H = 24) и не прогнозируют доходность в краткосрочной и среднесрочной перспективе (т.е. H = 1 - H = 12). Случай Швейцарии аналогичен, но немного отличается, так как шоки предложения прогнозируют только доходность внутри выборки и не могут предсказать доходность вне выборки. Однако шоки предложения могут быть использованы для точного прогнозирования

*М.У. Рехман и др.*  
прогнозировать доходность японского и норвежского рынков "зеленых" облигаций во время кризисных рыночных условий.

*Экономика энергетики 117 (2023)*

Подобно шокам предложения, шоки спроса также оказываются неэффективными для точного прогнозирования доходности зеленых облигаций как для Дании, так и для Европы в период COVID-19. Мы также видим, как шоки спроса помогают прогнозировать доходность внутри выборки более точно, чем вне выборки, для ГЦБ Швейцарии и США. Однако доходность точно прогнозируется для GBM Японии, Новой Зеландии, Норвегии, Швеции и Великобритании во время пандемии COVID-19. В отличие от этого, шоки риска не могут быть использованы для прогнозирования ни на выборке, ни вне выборки доходности зеленых облигаций Дании и США в период кризиса COVID-19.



Однако результаты для японского и швейцарского рынков довольно интересны, поскольку шоки риска могут быть использованы для точного прогнозирования доходности в выборке, но они лишь слабо прогнозируют краткосрочную доходность (т.е.  $H = 1$  и  $H = 6$ ) доходность японских зеленых облигаций и краткосрочные и

среднесрочная (т.е. от  $H = 1$  до  $H = 12$ ) доходность для швейцарского GBM. На сайте напротив, шоки риска могут быть использованы для правильного прогнозирования доходности "зеленых" облигаций Новой Зеландии, Норвегии, Швеции и США как в рамках выборки, так и вне ее. Другими словами, инвесторы в этих странах могут использовать шоки риска в качестве инструмента для прогнозирования доходности "зеленых" облигаций в условиях кризиса на рынке как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе.

### 5.1. Проверки на устойчивость

Мы провели четыре проверки на устойчивость. Во-первых, поскольку сфера исследования охватывает различные международные рынки, важно изучить разницу во времени в прогностической модели. Поэтому мы использовали скользящее среднее двухдневных доходностей; статистика Theil-U и CW-тест этого упражнения представлены в [таблицах 7 и 8](#). Мы также проверили, совпадает ли анализ предсказуемости волатильности с анализом доходности. Эти результаты представлены в [таблицах 9 и 10](#). В-третьих, мы учли некоторые контрольные переменные (в качестве контрольных использовались инфляция, процентные ставки, обменный курс и индекс промышленного производства). Раздел литературы показал, что дополнение модели прогнозирования некоторыми макроэкономическими фундаментальными показателями улучшает эффективность модели прогнозирования (Salisu et al., 2019; Ur Rehman et al., 2022). Эти результаты представлены в [таблицах 11 и 12](#). Наконец, мы исследуем работу прогнозной модели во время российско-украинской войны, результаты которой представлены в [таблицах 13 и 14](#). Обобщая результаты этих проверок, мы показываем, что наши предыдущие результаты устойчивы к первым двум проверкам. Мы показываем, что эффективность модели слаба для периода российско-украинской войны.

В [таблицах 7-8](#) представлены результаты прогнозирования моделей с помощью статистики Theil-U и теста CW, соответственно, с использованием скользящего среднего за 2 дня. Мы наблюдаем аналогичные результаты, как и ранее представленные в [таблицах 3-4](#). В [таблице 3](#) представлены коэффициенты теста Theil-U, и результаты свидетельствуют о значительных результатах для всех рынков на разных горизонтах. Единственным исключением является японский рынок зеленых облигаций, результаты которого остаются незначительными для шоков риска. Тем не менее, для спроса

и шоков, обусловленных предложением, результаты модели прогнозирования оказываются значимыми. Эти результаты подтверждают наши предыдущие выводы о том, что все шоки, связанные с нефтью, т.е. спрос, предложение и шоки, обусловленные риском, точно прогнозируют рынок зеленых облигаций. В [таблице 8](#) представлены результаты теста CW с использованием скользящего среднего за 2 дня. Интересно отметить, что способность прогнозирования всех трех шоков значительно улучшилась, если использовать среднюю доходность за 2 дня. Коэффициент для всех рынков зеленых облигаций превышает пороговое значение

2,5, что свидетельствует о значительных результатах. В отличие от наших предыдущих результатов, представленных в [таблице 4](#), шоки предложения эффективно предсказывают доходность всего рынка зеленых облигаций. Аналогичным образом, способность прогнозирования шоков предложения также значительно возросла для "зеленых" облигаций, выпущенных в Дании, Европе и Великобритании. Однако способность прогнозирования шоков спроса и риска значительно снизилась для рынка зеленых облигаций, использующих скользящее среднее за 2 дня. Результаты все еще выглядят значительными, однако сила способности прогнозирования для шоков предложения и риска уменьшается.

Анализ предсказуемости на основе волатильности зеленых облигаций представлен в [таблицах 9-10](#). В [таблице 9](#) представлена статистика U Теила для прогнозирования волатильности зеленых облигаций с использованием трех структурных нефтяных шоков. Результаты аналогичны способности прогнозирования этих дезагрегированных нефтяных шоков для доходности зеленых облигаций, представленных ранее. Прогнозная способность всех трех нефтяных шоков остается значимой во всех периодах. Такие результаты показывают, что перенос момента с доходности на волатильность не влияет на способность прогнозирования нефтяных шоков. В [таблице 10](#) представлен анализ предсказуемости с использованием статистики CW для волатильности зеленых облигаций. Мы наблюдаем снижение способности прогнозирования для шоков предложения на рынке зеленых облигаций Новой Зеландии и Великобритании. Предсказуемость еврооблигаций также снижается по мере перехода от краткосрочного к долгосрочному периоду. Однако на других оставшихся рынках шоки предложения предсказывают волатильность зеленых облигаций. Аналогичным образом, шоки, обусловленные спросом и риском, успешно прогнозируют волатильность на рынке зеленых облигаций.

В [таблицах 11-12](#) представлены оценки моделей прогнозирования с использованием статистики U и CW Теила при наличии обменного курса, VIX и CPI в качестве контрольных переменных. Результаты в [таблице 11](#) подчеркивают хорошую способность прогнозирования шоков спроса, предложения и риска для зеленых облигаций всех выбранных стран. Поэтому введение контрольных переменных вместе с дезагрегированными нефтяными шоками прогнозирует доходность зеленых облигаций. Затем в [Таблице 12](#) прогнозируется доходность зеленых облигаций с помощью статистики CW, результаты которой выглядят довольно интересными. Мы видим, что способность прогнозирования предложения-

**Таблица 7**

2-дневная средняя U-статистика Тиля.

	Поста вка	Спрос										
		Out-Sample						Out-Sample				
	In-S	H = 1	H = 3	H = 6	H = 12	H = 24	In-S	H = 1	H = 3	H = 6	H = 12	H = 24
Дания GBs	0.9132	0.9090	0.9052	0.9094	0.9149	0.9138	0.9128	0.9140	0.8631	0.9819	0.9245	0.8654
Евро GBs	0.9131	0.9132	0.9055	0.9091	0.9146	0.9148	0.9124	0.9135	0.8642	0.8667	0.9229	0.9801
Япония GBs	0.8955	8955.1693	0.8933	0.9167	0.8340	0.8371	0.8874	0.9231	0.9104	0.9106	0.8974	0.9005
Новая Зеландия	0.9113	0.9114	0.9215	0.9260	0.9153	0.9153	0.9149	0.9149	0.8979	0.9009	0.8796	0.8826
Норвегия GBs	0.9101	0.9101	0.9204	0.9173	0.9140	0.9140	0.9147	0.9145	0.8997	0.9009	0.8657	0.9027

Мировая GBs	0.9005	0.9005	0.9341	0.9306	0.8941	0.8940	0.9097	0.9067	0.8853	0.8861	0.8758	0.9004
Дания GBs	0.8910	0.8913	0.9059	0.9547	0.9188	0.9191	0.9145	0.9250	0.9091	0.9096	0.9093	0.9230
Швейцария GBs	0.8962	0.8963	0.8752	0.8813	0.8917	0.8922	0.8964	0.8973	0.9123	0.9116	0.9070	0.9070
ГБ												
Великобритании												
ГБ США	0.9037	0.9038	0.9145	0.9077	0.8914	0.8923	0.8884	0.8855	0.8866	0.8903	0.8742	0.9125
Риск												
Out-Sample												
	In-S	H = 1	H = 3	H = 6	H = 12	H = 24						
Дания GBs	0.9074	0.9032	0.8995	0.9036	0.9091	0.9080						
Евро GBs	0.9073	0.9074	0.8997	0.9034	0.9088	0.9090						
Япония GBs	0.8898	8898.1818	0.8876	0.9108	0.8287	0.8317						
Новая Зеландия	0.9055	0.9056	0.9156	0.9201	0.9095	0.9095						
Норвегия GBs	0.9043	0.9043	0.9145	0.9115	0.9082	0.9082						
Швеция GBs	0.8948	0.8948	0.9282	0.9246	0.8884	0.8883						
Швейцария GBs	0.8854	0.8856	0.9002	0.9486	0.9130	0.9133						
ГБ	0.8905	0.8906	0.8696	0.8757	0.8860	0.8865						
Великобритании												
ГБ США	0.8979	0.8981	0.9086	0.9019	0.8857	0.8866						

Примечание: U-статистика меньше 1 показывает, что показатели нефтяных шоков являются надежными предикторами доходности GBM.

## Таблиц

Среднее значение статистики за 2 дня: CW ка.

	Поставка						Спрос					
	ln-S	Out-Sample					ln-S	Out-Sample				
		H = 1	H = 3	H = 6	H = 12	H = 24		H = 1	H = 3	H = 6	H = 12	H = 24
Дания GBs	2.9943	2.9805	2.9682	2.9820	3.0000	2.9964	2.9931	2.9970	2.8302	3.2196	3.0315	2.8377
Евро GBs	2.9940	2.9943	2.9691	2.9811	2.9991	2.9997	2.9919	2.9955	2.8338	2.8419	3.0261	3.2136
Япония GBs	2.9364	29,364.0000	2.9292	3.0057	2.7348	2.7447	2.9097	3.0267	2.9853	2.9859	2.9427	2.9526
Новая Зеландия	2.9883	2.9886	3.0216	3.0363	3.0012	3.0012	3.0000	3.0000	2.9442	2.9541	2.8842	2.8941
Норвегия GBs	2.9841	2.9841	3.0180	3.0078	2.9970	2.9970	2.9994	2.9985	2.9501	2.9541	2.8386	2.9601
Швеция GBs	2.9529	2.9529	3.0630	3.0513	2.9316	2.9313	2.9829	2.9730	2.9028	2.9055	2.8719	2.9523
Швейцария GBs	2.9217	2.9226	2.9706	3.1305	3.0129	3.0138	2.9985	3.0330	2.9811	2.9826	2.9817	3.0264
ГБ Великобритании	2.9385	2.9391	2.8698	2.8899	2.9238	2.9256	2.9394	2.9424	2.9913	2.9892	2.9739	2.9739
ГБ США	2.9631	2.9637	2.9985	2.9763	2.9229	2.9259	2.9130	2.9034	2.9070	2.9193	2.8665	2.9922
Риск												
	ln-S	H = 1	H = 3	H = 6	H = 12	H = 24						
Дания GBs	2.7947	2.7818	2.7703	2.7832	2.8000	2.7966						
Евро GBs	2.7944	2.7947	2.7712	2.7824	2.7992	2.7997						
Япония GBs	2.7406	27,406.4000	2.7339	2.8053	2.5525	2.5617						
Новая Зеландия	2.7891	2.7894	2.8202	2.8339	2.8011	2.8011						
Норвегия GBs	2.7852	2.7852	2.8168	2.8073	2.7972	2.7972						
Швеция GBs	2.7560	2.7560	2.8588	2.8479	2.7362	2.7359						
Швейцария GBs	2.7269	2.7278	2.7726	2.9218	2.8120	2.8129						
ГБ Великобритании	2.7426	2.7432	2.6785	2.6972	2.7289	2.7306						
ГБ США	2.7656	2.7661	2.7986	2.7779	2.7280	2.7308						

Примечания: CW измеряет уровень статистической значимости. Значения выше 2,5 означают статистическую значимость на уровне 5%. значимость на уровне 5%.

## Таблица 9

Волатильность: U-Волатильность. статистика.

	Поставка						Спрос					
	ln-S	Выходной образец					ln-S	Выходной образец				
		H = 1	H = 3	H = 6	H = 12	H = 24		H = 1	H = 3	H = 6	H = 12	H = 24
Дания GBs	0.7358	0.7359	0.7387	0.7367	0.7374	0.7378	0.7347	0.7347	0.7353	0.7357	0.7360	0.7366
Евро GBs	0.7357	0.7357	0.7360	0.7367	0.7373	0.7377	0.7348	0.7348	0.7354	0.7358	0.7361	0.7367
Япония GBs	0.7027	0.7029	0.7030	0.7041	0.7044	0.7057	0.6440	0.6439	0.6439	0.6445	0.6454	0.6461
Новая Зеландия	0.7398	0.7397	0.7397	0.7399	0.7400	0.7399	0.7290	0.7291	0.7293	0.7292	0.7292	0.7296
Норвегия GBs	0.7219	0.7219	0.7215	0.7224	0.7214	0.7216	0.7224	0.7216	0.7220	0.7210	0.7217	0.7219
Швеция GBs	0.7315	0.7301	0.7300	0.7309	0.7305	0.7319	0.7125	0.7127	0.7124	0.7152	0.7156	0.7167
Швейцария GBs	0.7297	0.7297	0.7299	0.7305	0.7313	0.7317	0.7186	0.7186	0.7190	0.7194	0.7198	0.7203
ГБ Великобритании	0.7333	0.7333	0.7336	0.7333	0.7339	0.7344	0.7299	0.7299	0.7300	0.7298	0.7302	0.7307
ГБ США	0.6981	0.6984	0.6983	0.6987	0.6987	0.6998	0.6306	0.6306	0.6301	0.6308	0.6310	0.6322
Риск												
	ln-S	H = 1	H = 3	H = 6	H = 12	H = 24						
Дания GBs	0.7335	0.7335	0.7339	0.7339	0.7339	0.7341						
Евро GBs	0.7336	0.7336	0.7340	0.7340	0.7339	0.7341						
Япония GBs	0.6945	0.6945	0.6944	0.6947	0.6956	0.6969						
Новая Зеландия	0.7339	0.7339	0.7339	0.7336	0.7336	0.7341						
Норвегия GBs	0.7343	0.7342	0.7339	0.7344	0.7347	0.7348						
Швеция GBs	0.7337	0.7338	0.7336	0.7344	0.7350	0.7353						
Швейцария GBs	0.7254	0.7254	0.7258	0.7260	0.7258	0.7261						
ГБ Великобритании	0.7381	0.7381	0.7381	0.7381	0.7383	0.7381						
ГБ США	0.7139	0.7138	0.7135	0.7138	0.7143	0.7156						

Примечание: U-статистика меньше 1 показывает, что показатели нефтяных шоков являются надежными предикторами доходности GBM.

и шоков, вызванных спросом, значительно ухудшается при использовании контрольных переменных почти для всех стран. Единственным исключением является рынок зеленых облигаций в Евро, для которого модели прогнозирования работают хорошо как в случае шоков, обусловленных спросом, так и в случае шоков, обусловленных предложением. Напротив, мы видим хороший анализ предсказуемости для шоков риска, где все коэффициенты остаются значимыми.

В таблицах 13-14 представлена способность прогнозирования дезинтегрированных нефтяных шоков в период российско-украинской войны. Результаты в таблице 11 сильно отличаются от результатов полной выборки, так как мы видим много свидетельств незначительных результатов в этот беспокойный период. Шоки предложения не выявили никакой предсказательной способности для рынка зеленых облигаций в Новом

Зеландии, Норвегии и Швеции в долгосрочном периоде. Помимо этих рынков, предсказательная способность шоков предложения остается значительной для рынка зеленых облигаций других стран. С другой стороны, шоки, обусловленные спросом, демонстрируют лучшую предсказательную способность для рынков зеленых облигаций, за исключением Швейцарии (на протяжении всего периода) и Новой Зеландии (в долгосрочном периоде). В [таблице 12](#) представлена статистика CW, которая подчеркивает слабую способность дезагрегированных шоков прогнозировать рынок зеленых облигаций. Ни один из типов нефтяных шоков не демонстрирует никаких признаков способности прогнозирования для любого рынка зеленых облигаций. Такие результаты свидетельствуют о том, что способность прогнозирования нефтяных шоков в период российско-украинской войны представляется незначительной.

Таблица

Волатильность: Статистика CW.

	Постав ка	Спрос										
		Out-Sample					ln-S	Out-Sample				
		ln-S	H = 1	H = 3	H = 6	H = 12		H = 1	H = 3	H = 6	H = 12	H = 24
Дания GBs	2.6374	2.2744	2.5841	2.4342	2.6374	2.2156	5.9907	5.9907	5.9729	5.8497	5.9474	5.8264
Евро GBs	2.6507	2.6507	2.5996	2.4498	2.2899	2.2289	5.9274	5.9285	5.7742	5.8009	5.9041	5.9263
Япония GBs	7.8821	7.8721	7.8943	7.8854	7.9199	7.8699	11.3975	11.4041	11.4363	11.4596	11.4263	11.4152
Новая Зеландия	1.2599	1.1933	1.3009	1.2909	1.2665	1.2143	6.0107	6.0473	6.1039	6.2682	6.3292	6.1106
Норвегия GBs	5.4834	5.4779	5.6055	5.6166	5.8752	6.0451	5.1693	5.1793	5.3669	5.2448	5.2037	5.2181
Швеция GBs	7.1473	7.1817	7.2261	6.9353	7.1606	6.7366	5.5001	5.4612	5.5400	5.2448	5.1215	5.0461
Швейцария GBs	5.2581	5.0216	5.2181	5.1526	5.2625	4.9617	8.5492	8.5459	8.4771	8.4427	8.5648	8.5503
ГБ	2.4509	2.4487	2.4231	2.4864	2.4331	2.3821	3.5687	3.5742	3.6053	3.6808	3.5453	3.3822
Великобритании												
ГБ США	6.3792	6.5512	6.4114	6.4802	6.3781	6.5457	9.8013	9.8024	9.8857	9.8912	9.9023	9.7702
Риск												
		Out-Sample										
	ln-S	H = 1	H = 3	H = 6	H = 12	H = 24						
Дания GBs	3.7718	3.7718	3.5975	3.4987	3.4355	3.2701						
Евро GBs	3.7396	3.7396	3.5631	3.4710	3.4044	3.2401						
Япония GBs	12.7783	12.7850	12.8327	12.8571	12.8605	12.8882						
Новая Зеландия	5.9463	5.9296	5.9696	6.0373	6.1128	6.0961						
Норвегия GBs	6.8709	6.8731	7.0407	6.8831	7.0851	7.2605						
Швеция GBs	4.0776	4.0776	3.8892	3.7824	3.7140	3.5352						
Швейцария GBs	7.7556	7.7511	7.6923	7.6646	7.6479	7.6024						
ГБ	5.3691	5.3713	5.3624	5.4501	5.3868	5.2914						
Великобритании												
ГБ США	3.6563	3.6566	3.6797	3.6934	3.7153	3.7216						

Примечания: CW измеряет уровень статистической значимости. Значения выше 2,5 означают статистическую значимость на уровне 5%. значимость на уровне 5%.

Таблица 11

Контрольные переменные: U-статистика Тейла (COVID-19).

	Поста вка	Спрос										
		Out-Sample					ln-S	Out-Sample				
		ln-S	H = 1	H = 3	H = 6	H = 12		H = 1	H = 3	H = 6	H = 12	H = 24
Дания GBs	0.8242	0.8161	0.8172	0.8188	0.8200	0.8209	0.8295	0.8231	0.8234	0.8258	0.8273	0.8285
Евро GBs	0.9011	0.9028	0.9012	0.9014	0.9011	0.9010	0.9061	0.9016	0.9020	0.9021	0.9009	0.9020
Япония GBs	0.8125	0.8110	0.8103	0.8059	0.8059	0.8084	0.7710	0.7663	0.7707	0.7569	0.7592	0.7653
Новая Зеландия	0.7945	0.7984	0.7986	0.7977	0.7970	0.7958	0.7600	0.7614	0.7633	0.7613	0.7636	0.7620
Норвегия GBs	0.8451	0.8405	0.8414	0.8418	0.8412	0.8425	0.7480	0.7220	0.7261	0.7298	0.7403	0.7424
Швеция GBs	0.8273	0.8303	0.8309	0.8286	0.8277	0.8276	0.7856	0.7719	0.7741	0.7730	0.7794	0.7814
Швейцария GBs	0.8294	0.8331	0.8326	0.8328	0.8328	0.8309	0.8111	0.8138	0.8130	0.8136	0.8142	0.8124
ГБ	0.8311	0.8339	0.8334	0.8332	0.8328	0.8323	0.8138	0.8158	0.8153	0.8162	0.8153	0.8164
Великобритании												
ГБ США	0.8323	0.8318	0.8318	0.8317	0.8318	0.8318	0.7663	0.7289	0.7292	0.7348	0.7438	0.7507
Риск												
		Out-Sample										
	ln-S	H = 1	H = 3	H = 6	H = 12	H = 24						
Дания GBs	0.7976	0.7898	0.7908	0.7924	0.7935	0.7944						
Евро GBs	0.8329	0.8416	0.8401	0.8403	0.8400	0.8399						
Япония GBs	0.8484	0.8469	0.8462	0.8416	0.8416	0.8442						
Новая Зеландия	0.8788	0.8832	0.8834	0.8824	0.8816	0.8803						
Норвегия GBs	0.8376	0.8331	0.8340	0.8343	0.8337	0.8350						
Швеция GBs	0.8786	0.8817	0.8824	0.8799	0.8789	0.8788						
Швейцария GBs	0.8808	0.8847	0.8842	0.8843	0.8844	0.8824						
ГБ	0.8826	0.8856	0.8850	0.8848	0.8844	0.8839						
Великобритании												
ГБ США	0.8839	0.8833	0.8833	0.8832	0.8834	0.8834						

Примечание: U-статистика меньше 1 показывает, что меры нефтяных шоков являются надежным предиктором GBM.

## 6. Заключение

В последние годы развитие ГКО привлекло значительное внимание инвесторов, политиков и ученых, в основном из-за растущей глобальной осведомленности и обеспокоенности по поводу изменения климата. Среди огромного количества существующей литературы, изучая роль "зеленых" инвестиций в портфельных стратегиях, [Zerbib \(2019\)](#) и [Bachelet et al. \(2019\)](#)

утверждают, что инвесторы платят премию за "зеленые" облигации. Такой вывод подтверждается растущим уровнем инвестиций в "зеленые" облигации со стороны инвесторов как в развитых, так и в развивающихся странах ([Banga, 2019](#); [Tu et al., 2020](#)). Однако вопрос о том, превосходят ли "зеленые" облигации другие

Это вопрос, на который еще предстоит ответить, но некоторые ~~важные~~ факторы, безусловно, могут играть важную роль в определении доходности "зеленых" инвестиций, к которым в основном относятся меняющиеся экономические условия и показатели традиционных рынков облигаций и акций по сравнению с их энергетическими аналогами. Учитывая важность нефти для мировой экономики, ее значение нельзя игнорировать для любого вида инвестиций, как традиционных, так и более современных финансовых классов активов. Поэтому, опираясь на существующую литературу, мы изучили роль различных нефтяных шоков (т.е. спроса, предложения и риска), следуя примеру [Ready \(2018\)](#), в прогнозировании доходности "зеленых" облигаций для широкого спектра ГЦБ, в том числе в Дании, Европе,



Таблица 12

Контрольная переменная: Статистика CW (COVID-19).

	Поста вка						Спрос					
	ln-S	Out-Sample					ln-S	Out-Sample				
		H = 1	H = 3	H = 6	H = 12	H = 24		H = 1	H = 3	H = 6	H = 12	H = 24
Дания GBs	2.4726	2.4483	2.4516	2.4564	2.46	2.4627	2.4885	2.4693	2.4702	2.4774	2.4819	2.4855
Евро GBs	2.7033	2.7084	2.7036	2.7042	2.7033	2.703	2.7183	2.7048	2.706	2.7063	2.7027	2.706
Япония GBs	2.4375	2.433	2.4309	2.4177	2.4177	2.4252	2.313	2.2989	2.3121	2.2707	2.2776	2.2959
Новая Зеландия	2.3835	2.3952	2.3958	2.3931	2.391	2.3874	2.28	2.2842	2.2899	2.2839	2.2908	2.286
Норвегия GBs	2.5353	2.5215	2.5242	2.5254	2.5236	2.5275	2.244	2.166	2.1783	2.1894	2.2209	2.2272
Швеция GBs	2.4819	2.4909	2.4927	2.4858	2.4831	2.4828	2.3568	2.3157	2.3223	2.319	2.3382	2.3442
Швейцария GBs	2.4882	2.4993	2.4978	2.4984	2.4984	2.4927	2.4333	2.4414	2.439	2.4408	2.4426	2.4372
ГБ	2.4933	2.5017	2.5002	2.4996	2.4984	2.4969	2.4414	2.4474	2.4459	2.4486	2.4459	2.4492
Великобритании												
ГБ США	2.4969	2.4954	2.4954	2.4951	2.4954	2.4954	2.2989	2.1867	2.1876	2.2044	2.2314	2.2521
Риск												
	ln-S	Out-Sample										
		H = 1	H = 3	H = 6	H = 12	H = 24						
Дания GBs	2.6374	2.6115	2.6150	2.6202	2.6240	2.6269						
Евро GBs	2.8835	2.8890	2.8838	2.8845	2.8835	2.8832						
Япония GBs	2.6000	2.5952	2.5930	2.5789	2.5789	2.5869						
Новая Зеландия	2.5424	2.5549	2.5555	2.5526	2.5504	2.5466						
Норвегия GBs	2.7043	2.6896	2.6925	2.6938	2.6918	2.6960						
Швеция GBs	2.6474	2.6570	2.6589	2.6515	2.6486	2.6483						
Швейцария GBs	2.6541	2.6659	2.6643	2.6650	2.6650	2.6589						
ГБ	2.6595	2.6685	2.6669	2.6662	2.6650	2.6634						
Великобритании												
ГБ США	2.6634	2.6618	2.6618	2.6614	2.6618	2.6618						

Примечание: CW измеряет уровень статистической значимости. Значения выше 2,5 означают стат. значимость на 5% уровне.

Таблица 13

Российско-украинская война: Статистика Theil U.

	Предложение				Спрос				Риск			
	ln-S	Вне выборки			ln-S	Вне выборки			ln-S	Вне выборки		
		H = 10	H = 20	H = 30		H = 10	H = 20	H = 30		H = 10	H = 20	H = 30
Дания GBs	0.9981	0.9935	0.9894	0.9940	1.000	0.9988	0.9977	0.999	0.9434	1.0732	1.0105	0.9459
Евро GBs	0.9980	0.9981	0.9897	0.9937	0.9997	0.9999	0.9973	0.9985	0.9446	0.9473	1.0087	1.0712
Япония GBs	0.9788	0.9788	0.9764	1.0019	0.9116	0.9149	0.9699	1.0089	0.9951	0.9953	0.9809	0.9842
Новая Зеландия	0.9961	0.9962	1.0072	1.0121	1.0004	1.0004	1.0000	1.0000	0.9814	0.9847	0.9614	0.9647
Норвегия GBs	0.9947	0.9947	1.0060	1.0026	0.9990	0.9990	0.9998	0.9995	0.98336	0.9847	0.9462	0.9867
Швеция GBs	0.9843	0.9843	1.0210	1.0171	0.9772	0.9771	0.9943	0.9910	0.9676	0.9685	0.9573	0.9841
Швейцария GBs	0.9739	0.9742	0.9902	1.0435	1.0043	1.0046	0.9995	1.0110	0.9937	0.9942	0.9939	1.0088
ГБ	0.9795	0.9797	0.9566	0.9633	0.9746	0.9752	0.9798	0.9808	0.9971	0.9964	0.9913	0.9913
Великобритании												
ГБ США	0.9877	0.9879	0.9995	0.9921	0.9743	0.9753	0.9710	0.9678	0.9690	0.9731	0.9555	0.9974

Таблица 14

Россия-Украина: Статистика CW.

	Предложение				Спрос				Риск			
	ln-S	Вне выборки			ln-S	Вне выборки			ln-S	Вне выборки		
		H = 10	H = 20	H = 30		H = 10	H = 20	H = 30		H = 10	H = 20	H = 30
Дания GBs	0.3781	0.3769	1.2855	0.9446	1.6006	0.2084	1.0651	1.5727	0.1981	0.1800	0.5639	0.4035
Евро GBs	0.3846	0.3829	1.2611	0.9216	1.6132	1.5821	1.0944	0.2205	0.2706	0.2516	0.6108	0.4512
Япония GBs	1.3103	1.3099	1.4984	0.5711	0.7629	0.7605	1.4755	1.7060	2.7585	2.7470	2.1564	0.9827
Новая Зеландия	0.5369	0.5368	0.3870	0.6398	1.4819	1.3579	2.2596	2.2918	0.1025	0.0988	0.0498	0.0204
Норвегия GBs	0.7899	0.7931	0.6292	0.1726	1.2263	1.2005	1.8247	1.2616	0.6941	0.7070	0.1774	0.5250
Швеция GBs	1.0279	1.0282	0.0597	0.2432	1.7158	1.6976	1.8396	1.6592	1.3254	1.3276	1.0117	1.205
Швейцария GBs	1.4190	1.4142	1.3743	0.3733	0.7880	0.7489	0.9481	0.3948	0.3729	0.3619	0.6074	0.0647
ГБ	1.332	1.3343	2.0383	2.0300	0.4403	0.5075	0.9333	1.1620	1.6779	1.6685	1.6870	1.6937
Великобритании												
ГБ США	1.0883	1.0869	0.7752	1.0868	1.3889	1.3071	1.8248	1.1422	1.3663	1.3530	1.6338	1.8969

Швейцария, Новая Зеландия, Швеция, Япония, Норвегия, Великобритания и США за период со 2 декабря 2008 года по 11 июля 2021 года. В качестве диагностического теста мы использовали скорректированную оценку OLS, которая была введена Вестерлуном и Нараяном (2012, 2015), чтобы избежать серьезных проблем, связанных с постоянством, эндогенностью и

гетероскедастичностью.

Мы обнаружили несколько интересных результатов, которые можно обобщить следующим образом: Во-первых, мы обнаружили поддержку предсказуемости независимо от конкретного

*М.У. Рехман и др.*  
шок, связанный с нефтью, для всех индексов "зеленых" облигаций, кроме британского GBM. Более конкретно, шок спроса не позволяет предсказать доходность "зеленых" облигаций только в случае Великобритании, однако он может быть использован для точного прогнозирования всех других рассматриваемых рынков "зеленых" облигаций. Во-вторых, статистика U Тейла относительно более значима для прогнозирования доходности зеленых облигаций по всем инвестиционным индексам.  
горизонты (т.е. от  $H = 1$  до  $H = 24$ ) при рассмотрении предложения, спроса и рисков потрясений. В-третьих, доходность "зеленых" облигаций в Японии и США более

точно предсказаны всеми тремя шоками. В-четвертых, статистика CW показывает, что шок предложения является единственным предиктором, который не может предсказать доходность в выборке и вне выборки для новозеландского GBM. Однако результаты для кризисного периода COVID-19 выглядят неоднородными. Показатель, основанный на U Тейла, показывает, что

только шоки от поставок нефти не помогают спрогнозировать доходность как внутри, так и вне выборки для зеленых облигаций Великобритании во время пандемии COVID-19. Более того, статистика

CW показывает, что все три нефтяных шока не помогают предсказать доходность как на выборке, так и вне выборки для конкретных индексов зеленых облигаций Дании и Европы во время COVID-19, что говорит о том, что эти нефтяные шоки не

помогают прогнозировать будущую доходность зеленых облигаций во время кризисных рыночных условий. Наши выводы имеют ряд последствий для практиков и инвесторов. Доходность

"зеленых" облигаций, по-видимому, в значительной степени предсказуема при учете потрясений на рынке нефти, и это, несомненно, должно быть полезно для инвесторов, чтобы помочь им перебалансировать свои портфели и получить максимальный доход от своих инвестиций в GBM. Кроме того, эта способность к

прогнозированию относительно сильна на различных инвестиционных горизонтах в случае японского и американского GBM, поэтому это открытие может быть привлекательным как

для краткосрочных (т.е. менее шести месяцев), так и для долгосрочных (т.е. до 24 месяцев) инвесторов на этих рынках.

Грубо говоря, мониторинг колебаний на рынке нефти может помочь инвесторам обыграть рынки и получить дополнительную прибыль от торговли GBMs. Наконец, наши выводы о вариациях предсказуемости в период кризиса COVID-19 также имеют

значение для инвесторов, желающих перестроить свои инвестиционные стратегии. Так, инвесторы могут перевесить или недовесить свои вложения в GBMs в соответствии с прогнозами,

основанными на потрясениях на нефтяном рынке. Любое

изменение рыночных условий может побудить инвесторов изменить свои инвестиции и перебалансировать портфель. Мы

также даем дальнейшее направление нашей работе, взяв за образец международные "зеленые" облигации, чтобы рассмотреть влияние неоднородности в разных странах.

рынки.

## Заявление об авторском вкладе CRediT

**Мобин Ур Рехман:** Концептуализация, курирование данных, программное обеспечение, валидация. **Ибрагим Д. Рахим:** Методология, программное обеспечение, формальный анализ. **Рами Зейтун:** Исследование, Написание - рецензирование и редактирование. **Суан Винь Во:** Администрирование проекта, Надзор, Ресурсы. **Насир Ахмад:** Написание - первоначальный проект.

## Благодарность

Данное исследование частично финансируется Экономическим университетом Хошимина, Вьетнам. Финансирование открытого доступа предоставлено Катарской национальной библиотекой.

## Приложение А. Дополнительные данные

Дополнительные данные к этой статье можно найти в Интернете по адресу <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.106429>.

## Ссылки

- Apergis, N., Payne, J.E., 2015. Возобновляемая энергия, объем производства, выбросы углекислого газа и цены на нефть: данные по Южной Америке. *Energy Sour. Часть В Экон. Plan. Policy* 10 (3), 281-287.
- Ажгалиева, Д., Капсаямова, З., Мишра, Р., 2022. Шоки цен на нефть и "зеленые"

облигации: эмпирическое доказательство. *Energy Econ.* 106108.

Бачелет, М.Ж., Беккетти, Л., Манфредония, С., 2019. Загадка премии по "зеленым" облигациям: роль характеристик эмитента и проверки третьей стороной. *Sustainability* 11 (4), 1098.

Банга, Дж., 2019. Рынок зеленых облигаций: потенциальный источник климатического финансирования для развивающихся стран. *J. Sustain. Financ. Invest.* 9 (1), 17-32.

Bollerslev, T., Tauchen, G., Zhou, H., 2009. Ожидаемая доходность акций и дисперсионная премия за риск. *Rev. Financ. Stud.* 22 (11), 4463-4492.

Брага, Ж.П., Семмлер, В., Грасс, Д., 2021. Снижение риска "зеленых" инвестиций через рынок "зеленых" облигаций - эмпирика и динамическая модель. *J. Econ. Dyn. Control.* 131, 104201.

Кэмпбелл, Дж.И., Томпсон, С.Б., 2008. Прогнозирование избыточной доходности акций вне выборки: может ли что-нибудь побить историческое среднее? *Rev. Financ. Stud.* 21 (4), 1509-1531.

- Чен, Дж.М., Рехман, М.У., 2021. Новый паттерн в каждый момент времени: временная кластеризация рынков сырой нефти, очищенного топлива и других товаров. *Energies* 14 (19), 6099.
- Кларк, Т.Е., Вест, К.Д., 2007. Приблизительно нормальные тесты на одинаковую предсказательную точность во вложенных моделях. *J. Econ.* 138 (1), 291-311.
- Диболд, Ф.Х., Мариано, Р.С., 1995. Сопоставление точности прогнозирования. *J. Bus. Econ. Stat.* 13 (3), 253-263.
- Дутта, А., Джана, Р.К., Дас, Д., 2020. Реагируют ли "зеленые" инвестиции на шок цен на нефть? Последствия для устойчивого развития. *J. Clean. Prod.* 266, 121956.
- Дутта, А., Бури, Э., Нур, М.Х., 2021. Климатические рынки облигаций, акций, золота и нефти: динамические корреляции и анализ хеджирования во время вспышки COVID-19. *Res. Policy* 74, 102265.
- Феррер, Р., Шахзад, С.Дж.Х., Сориано, П., 2021. Являются ли "зеленые" облигации другим классом активов? Доказательства на основе анализа временных частот. *J. Clean. Prod.* 292, 125988.
- Гюнтер, Й.Х., 2014. Как производители нефти реагируют на потрясения спроса на нефть? *Energy Econ.* 44, 1-13.
- Энрикес, И., Садорски, П., 2008. Цены на нефть и котировки акций компаний альтернативной энергетики. *Energy Econ.* 30 (3), 998-1010.
- Исах, К.О., Рахим, И.Д., 2019. Скрытая предсказательная сила криптовалют и QE: свидетельства на фондовом рынке США. *Phys. A Stat. Mech. Appl.* 536, 121032.
- Канамура, Т., 2020. Являются ли "зеленые" облигации экологически чистыми и хорошо работающими активами? *Energy Econ.* 88, 104767.
- Канамура, Т., 2021. Снижение рисков и устойчивость доходности ETFs высокодоходных облигаций с компонентами ESG. *Financ. Res. Lett.* 41, 101866.
- 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., 2008. Экономические последствия потрясений цен на энергоносители. *J. Econ. Lit.* 46 (4), 871-909.
- Килян, Л., 2009. Не все потрясения цен на нефть одинаковы: разделение потрясений спроса и предложения на рынке сырой нефти. *Am. Econ. Rev.* 99 (3), 1053-1069.
- Килян, Л., Парк, К., 2009. Влияние шока цен на нефть на фондовый рынок США. *Int. Econ. Rev.* 50 (4), 1267-1287.
- Кокарслан, Б., Сойтас, У., 2019. Динамические корреляции между ценами на нефть и ценами акций компаний, занимающихся чистой энергетикой и технологиями: роль резервной валюты (доллара США). *Energy Econ.* 84, 104502.
- Кумар, С., Манаги, С., Мапула, А., 2012. Цены акций компаний, занимающихся чистой энергетикой, рынки нефти и углерода: Векторный авторегрессионный анализ. *Energy Econ.* 34 (1), 215-226.
- Кирицис, Е., Серлетис, А., 2019. Цены на нефть и сектор возобновляемой энергетики. *Energy J.* 40 (Новая эра энергетического перехода).
- Ли, К.К., Ли, К.К., Ли, Й.И., 2021. Шоки цен на нефть, геополитические риски и динамика рынка "зеленых" облигаций. *North Am. J. Econ. Financ.* 55, 101309.
- Liu, C., Naeem, M.A., Rehman, M.U., Farid, S., Shahzad, S.J.H., 2020. Нефть как хедж, безопасная гавань и диверсификатор для обычных валют. *Energies* 13 (17), 4354.
- Майтра, Д., Рехман, М.У., Даш, С.Р., Канг, С.Х., 2021. Волатильность цен на нефть и логистическая отрасль: динамическая взаимосвязь с последствиями для портфеля. *Energy Econ.* 102, 105499.
- Манаги, С., Окимото, Т., 2013. Взаимодействует ли цена на нефть с ценами на чистую энергию на фондовом рынке? *Jpn. World Econ.* 27, 1-9.
- Менс, В., Рехман, М.У., Во, Х.В., 2021. Перераспределение рисков и диверсификация между нефтью и цветными металлами во время медвежьего и бычьего рынков. *Res. Policy* 72, 102132.
- Нараян, П.К., Гупта, Р., 2015. Предсказывала ли цена на нефть доходность акций на протяжении более века? *Energy Econ.* 48, 18-23.
- Фам, Л., 2019. Все ли акции чистой энергетики однородно реагируют на цену на нефть? *Energy Econ.* 81, 355-379.
- Фам, Л., Хуинь, Т.Л.Д., 2020. Как внимание инвесторов влияет на рынок "зеленых" облигаций? *Financ. Res. Lett.* 35, 101533.
- Фам, Л., Нгуен, К.П., 2021. Как неопределенность в отношении акций, нефти и экономической политики влияет на рынок "зеленых" облигаций? *Financ. Res. Lett.* 102128.
- Риди, Р.К., 2018. Цены на нефть и фондовый рынок. *Rev. Financ.* 22 (1), 155-176.
- Реборедо, Ж.К., 2018. Green bond and financial markets: co-movement, diversification and price spillover effects. *Energy Econ.* 74, 38-50.
- Реборедо, Ж.К., Уголини, А., 2018. Влияние цен на энергоносители на цены акций компаний чистой энергетики. Подход на основе многомерной квантильной зависимости. *Energy Econ.* 76, 136-152.
- 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.
- Садорски, П., 2012. Корреляции и перемены волатильности между ценами на нефть и ценами акций компаний, занимающихся чистой энергетикой и технологиями. *Energy Econ.* 34 (1), 248-255.
- Салису, А.А., Сварай, Р., Олоко, Т.Ф., 2019. Улучшение предсказуемости связи между нефтью и американскими акциями: роль макроэкономических переменных. *Econ. Model.* 76, 153-171.
- Шах, И.Х., Хайлз, К., Морли, Б., 2018. Как цены на нефть, макроэкономические факторы и политика влияют на рынок возобновляемых источников энергии? *Appl. Energy* 215, 87-97.
- Стэнли, Морган, 2016. Инвестирование в будущее: Тенденции устойчивого, ответственного и результативного инвестирования. Accessed 1 July 2016. <http://www.morganstanley.com/idea/s/sustainable-investingtrends>.
- Ту, К.А., Расулинежад, Е., Саркер, Т., 2020. Исследование решений для развития рынка зеленых облигаций: данные аналитического процесса иерархии. *Financ. Res. Lett.* 34, 101457.
- Ур Рехман, М., Рахим, И.Д., Аль Рабабаа, А.Р., Ахмад, Н., Во, Х.В., 2022. Переоценка предсказуемости настроений инвесторов по акциям США: роль неопределенности и рисков. *J. Behav. Financ.* 1-16.
- Вестерлунд, Дж., Нараян, П.К., 2012. Имеет ли значение выбор оценщика при прогнозировании доходности? *J. Bank. Financ.* 36 (9), 2632-2640.

Вестерлунд, Дж., Нараян, П., 2015. Тестирование на предсказуемость в условно гетероскедастических доходностях акций. J. Finance. Econ. 13 (2), 342-375.  
Зербиб, О.Д., 2019. Влияние про-экологических предпочтений на цены облигаций: доказательства на примере "зеленых" облигаций. J. Bank. Finance. 98, 39-60.

Чжао, Х., 2020. Реагирует ли доходность акций корпораций, работающих в сфере чистой энергии, на шок цен на нефть и неопределенность политики? J. Econ. Struct. 9 (1), 1-16.