

УДК: 336.761.6

M.V.Utevskaia, V.A. Makarova, A.N. Budarin

FLIGHT TO QUALITY: EVIDENCE FROM THE CHINESE BOND MARKET IN 2020

The article examines the relationship between the COVID-19 crisis and the change in the structure of the PRC market using the example of bonds with a high degree of safety based on data from 2020. The authors discover the existence of a relationship between structural changes in the market and the time of the pandemic, while showing the stability of the model. Using the example of the Chinese bond market, the authors show the phenomenon of flight to quality, and assess the consistency of the results of the study with other studies on similar topics.

Keywords: flight to quality, bond market, pandemic, COVID-19 crisis, investor behavior, reaction to the crisis.

М.В. Утевская¹, В.А. Макарова², А.Н. Бударин³

БЕГСТВО К КАЧЕСТВУ: НА ПРИМЕРЕ КИТАЙСКОГО РЫНКА ОБЛИГАЦИЙ В 2020 ГОДУ

Статья рассматривает взаимосвязь между кризисом, связанным с COVID-19, и изменением структуры рынка КНР на примере облигаций с высокой степенью надёжности на данных 2020 г. Авторы обнаруживают наличие взаимосвязи структурных изменений рынка со временем развития пандемии, при этом показывая устойчивость модели. На примере китайского рынка облигаций авторы показывают феномен бегства к качеству, а также дают оценку согласованности результатов исследования с другими исследованиями на похожие темы.

Ключевые слова: бегство к качеству, рынок облигаций, пандемия, кризис COVID-19, поведение инвесторов, реакция на кризис.

DOI: 10.36807/2411-7269-2023-2-33-139-150

КОНТЕКСТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Бегство к качеству

Бегство к качеству (flight to safety / flight to quality), характеризующееся отрицательной взаимосвязью между активами с высоким уровнем риска (традиционно к ним относится сегмент акций) и низким уровнем риска (к которым относят сегмент облигаций) [10], [6], [8], усиливает своё влияние на финансовый рынок в период кризисов [10], [8], [10].

В работе Adrian et al. [3] показывается нелинейная обратная взаимосвязь доходностей акций и облигаций, в зависимости от уровня неопределённости, измеряемого VIX индексом.

Бегство к качеству, по мнению Baele et al. [5], также может интерпретироваться не только как выбор более "безопасных" активов, но и как выбор более ликвидных активов в контексте глобальной экономической системы, с учётом снижения реальных ставок.

Другими словами, в данной работе термин "бегство к качеству" будет применяться для характеристики ситуации на финансовом рынке, которая подразумевает реаллокацию активов инвесторов, с увеличением доли высокозащищённых активов (как то государственные или инвестиционные (investment-grade) облигации), и снижением доли активов, ассоциированных с повышенным риском (high-yield облигации, акции).

¹ Утевская М.В., доцент кафедры финансов, кандидат экономических наук, доцент; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный экономический университет", г. Санкт-Петербург

Utevskaia M.V., Associate Professor of the Department of Finance, PhD in Economics, Associate Professor; Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State University of Economics", Saint-Petersburg

E-mail: mpuchkova@unecon.ru

² Макарова В.А., доцент, кандидат экономических наук, доцент; Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики", г. Санкт-Петербург

Makarova V.A., Associate Professor, PhD in Economics, Associate Professor; Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "National Research University "Higher School of Economics", Saint-Petersburg

E-mail: vmakarova@hse.ru

³ Бударин А.Н., руководитель отдела долговых рынков России и СНГ, ООО "Сбондс.ру", г. Санкт-Петербург

Budarin A.N., Head of Debt Markets Department of Russia and the CIS, Sbond.ru LLC, Saint-Petersburg

E-mail: alexboudarin@gmail.com

COVID-19 и экономика Китая

Бегство к качеству, как было отмечено ранее, является поведением инвесторов, характерным для кризисных ситуаций. В 2020 г. наблюдалось распространение коронавирусной инфекции COVID-19, которая получила статус пандемии к 11 марта 2020 г. из-за высокой скорости распространения и летальностью симптомов [6]. Пандемическая ситуация сопровождалась обширным обсуждением в медиа, локдаунами, ограничениями социального характера и экономической активности, что мы, в контексте исследования, характеризуем как кризисную ситуацию.

По объёму ВВП китайская экономика находится на 2 месте в мире, состоянию на конец 2020 г. по объёму внутреннего рынка облигаций на 2 месте [9], по капитализации рынка акций на 2 месте [20]. Примечательно, что при таком значительном размере экономики и роли, которую Китай играет в международной торговле, доля иностранных инвесторов на финансовом рынке по состоянию на 2021 г. составляла только 3% [7].

Размер экономической системы достаточно велик, чтобы утверждать, что экономика самостоятельная и не находится в прямой зависимости от других экономических систем, при этом доля внешнего капитала на фондовом рынке Китая настолько мала, что не может повлиять на поведение рынка, как, например, в более маленьких экономиках с большей долей иностранных вложений, что было подробно показано в исследовании Senea et al. [22]. Таким образом, в контексте исследования бегства к качеству на примере Китая закономерно исключить перетекание средств в зарубежные активы, а сам финансовый рынок можно рассматривать как закрытую систему.

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДАННЫЕ

Для проведения исследования в контексте изучения влияния кризиса 2020 г. на финансовый рынок Китая, мы фокусируемся только на рынке внутренних облигаций. Исследуемой величиной является доходность к погашению облигаций. Мы будем изучать показатели, характеризующие следующие облигации:

- Государственные облигации со сроками до погашения: овернайт, 1 месяц, 6 месяцев, 1 год, 5 лет, 10 лет.
- Облигации банков с рейтингом AAA со сроками до погашения: овернайт, 1 месяц, 3 месяца, 6 месяцев, 9 месяцев, 1 год, 5 лет, 9 лет, 15 лет.
- Коммерческие бумаги с рейтингом AAA со сроками до погашения: овернайт, 7 дней, 14 дней, 1 месяц, 2 месяца, 3 месяца, 6 месяцев, 9 месяцев, 1 год.

Исследуемые данные представляют собой совокупный индекс доходности по каждой из указанных категорий, данные рассчитываются и размещаются центральным депозитарием КНР (CCDC) на основе внутренней методологии [11]. Данные представляются на ежедневной основе. В ходе работы исследуются данные за период с 02 января 2018 г. по 31 декабря 2020 г.

Исходя из описанных выше данных, всего в работе исследуемыми величинами являются 24 временных ряда, влияние объясняющих переменных исследуется по отдельности для каждого ряда, так как срок до погашения облигаций и их эмитент являются существенными параметрами для принятия инвестиционных решений, и, таким образом, влияние внешних факторов на каждый из исследуемых рядов может быть различным.

Помимо этого, для удобства расчёта даты были заменены на искусственную переменную времени, начинающуюся от 1 и прибавляющую единицу для каждого последовательного компонента ряда (т.е. увеличение временной переменной происходит только по торговым дням). Для момента времени 31 декабря 2020 г. значение переменной составляет 751.

В рамках исследования для проверки устойчивости моделей также используются данные о значении одного из индикативных для финансового рынка Китая индексов – SSE Composite [9]; кроме того, используются данные об уровне инфляции в Китае [9].

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

В рамках исследования мы последовательно используем ряд подходов, традиционно используемых для изучения временных рядов.

ARIMA

Мы используем модель ARIMA для определения авторегрессионных процессов и зависимости текущего значения параметра от скользящего среднего. В результате проведённого моделирования мы останавливаемся на моделях ARIMA(1,1,1), ARIMA(1,1,0), которые имеют следующую математическую интерпретацию:

$$ARIMA(1,1,1): \Delta r_t = \beta_1 \Delta r_{t-1} + \beta_2 e_{t-1} + e_t,$$

$$ARIMA(1,1,0): \quad \Delta r_t = \beta_1 \Delta r_{t-1} + e_t,$$

где: Δr_t – первая разность наблюдаемой доходности в момент t , e_t – случайное отклонение в момент t , β_1 – коэффициенты при переменных.

Общее построение модели производится путём максимизации логарифма коэффициента правдоподобия (log-likelihood). Выбор подходящих моделей производится на основании выбора модели с наименьшим значением информационных критериев Акаике (AIC) и Шварца (BIC), а также модели с наибольшим значением максимизации логарифма коэффициента правдоподобия. Более подробно методология данного подхода описана в различных теоретических и учебных материалах, мы, в частности, используем подход аналогичный тому, который использовался в исследовании временных рядов CPI [14].

Модель Васичека

Для минимизации влияния волатильности рынка мы также применяем модель Васичека, которая была изначально описана в работе Vasicek (1977) [26]. Модель является формой стохастического дифференциального уравнения вида:

$$dr = \alpha(\beta - r)dt + \sigma dz,$$

где: r – реально наблюдаемое значение доходности к погашению, β – долгосрочное среднее значение доходности, α – неотрицательный параметр, σ – величина вариации, z – стохастический процесс, вызывающий отклонения реально наблюдаемых значений доходностей от долгосрочного "нормального" состояния.

Подход к пониманию модели заключается в том, что реально наблюдаемая доходность (r) стремится к некому долгосрочно-нормальному значению (β), со скоростью, которая отображается параметром (α). Подход к изучению доходностей на облигационном рынке также используется в различных исследованиях [19], [23].

С учётом описанного понимания модели мы преобразуем изучаемые временные ряды, и параллельно с изучением реально наблюдаемой доходности, исследуем также и "долгосрочно-нормальный" уровень доходности (β), для проверки устойчивости выводов и для поиска новых закономерностей.

Для поиска параметров мы решаем следующую задачу минимизации:

$$\min_{\alpha, \beta, \sigma} ((r_t - r_{t-1}) - \alpha(\beta - r_t)), \quad s. t. z \sim N(0, \sigma),$$

где: α интерпретируется как скорость возврата к среднему значению доходности β , σ – величина, характеризующая влияние случайных шоков финансового рынка на наблюдаемую доходность.

В результате преобразования оригинальных временных рядов мы получаем 24 производных временных ряда, которые также исследуем методами, изложенными ниже.

Очевидно также, что модель должна быть использована не для сравнения двух значений, как первая разность, а на более длительном временном промежутке. Для данного исследования мы выбрали промежуток в 5 торговых дней, решали проблему минимизации на нём, и использовали полученное значение доходности как общее для 5-дневного периода.

Отметим также, что, в отличие от исследования первых разностей, которые проводились параллельно с исследованием и также приведены в работе, исследование данных с помощью модели Васичека ограничено меньшим временным промежутком: с 3 января 2019 г. по 28 декабря 2020 г. Такое ограничение связано с тем, что, в отличие от первой разности, используемой в ARIMA, долгосрочные уровни доходности имеют тенденцию к изменению, которая зависит от времени, что подробнее обсуждается в ряде исследований [17], [25].

В рамках изложенных ограничений, получено 99 периодов для каждого временного ряда, и следовательно 99 значений средней доходности для каждого из них, которые исследуются в дальнейшем.

Структурный сдвиг

В рамках исследования мы используем тест Вальда, который определяет на временном ряду точку, которая может считаться датой структурного сдвига (structural break), до и после которого параметры регрессионной модели, построенной на исследуемых данных, не равны.

Тест строится последовательно двумя способами для каждого из исследуемых временных рядов. Сначала мы проводим тест с неизвестной датой структурного сдвига, для получения наиболее вероятной даты структурного сдвига для каждого из рядов, после чего мы обобщаем полученные данные и выбираем наиболее подходящую общую для всех 24 временных рядов дату структурного сдвига и повторно проводим тест с предположением, что сдвиг имел место в полученную нами дату. Подробнее методология и логика использования теста Вальда описана в исследовании Katsouris, сравнивающим подходы к исследованию структурных сдвигов [16].

U-критерий Манна – Уитни

Для сравнения наблюдаемых уровней доходности с учётом обнаруженных структурных сдвигов мы используем U-критерий Манна – Уитни (Mann–Whitney U-test). Тест показывает вероятность, с которой случайно взятое число из одной выборки будет больше числа из другой выборки.

Данный тест активно используется в литературе [1], [2], [18] для проверки гипотезы о наличии статистически значимых различий между исследуемыми выборками.

Плацебо-тестирование

Мы также используем плацебо-тесты (placebo tests) для проверки устойчивости полученных результатов. Интуитивное понимание теста сравнимо с медицинским термином: для его проведения в модель добавляются заведомо незначимые условия, которые моделируют наличие исследуемого признака там, где его нет. Тест считается успешным, если плацебо-признаки не показали значимость в модели, иначе даже показавший значимость исследуемый признак может расцениваться как индивидуальный эффект, а не как значимая переменная в модели. Использование плацебо-тестирования распространено в экономической и финансовой литературе [4], [15], [21], [24].

В рамках нашего исследования мы используем в качестве плацебо-признака временной интервал, который расцениваем как период влияния COVID-кризиса на облигационный рынок. Мы двигаем указанный интервал по временной линии и проводим тесты, чтобы убедиться, что наблюдаемые нами изменения конъюнктуры свойственны только для того промежутка времени, который мы оцениваем как кризисный.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Структурные сдвиги: на первых разностях

После построения ARIMA-моделей, их взаимного сравнения, на основании критериев, описанных в методологии, мы остановились на использовании моделей ARIMA(1,1,1), ARIMA(1,1,0). Обе модели подразумевают наличие значимости первой разности и первого лага переменной в контексте определения её текущего значения.

Для поиска структурного сдвига во временном ряду доходностей мы исследуем первую разность и её зависимость от параметра времени, дополнительно проверяя устойчивость полученного результата при замене переменной времени на переменную первого лага, а также добавлением других переменных.

Результаты проведённых тестов представлены в Табл. 1, ниже представлено описание процесса тестирования.

Поиск структурного сдвига осуществлялся при помощи проведения теста Вальда сначала для неизвестной даты структурного сдвига (Табл. 1 (1)). Полученные даты для рядов, показавших статистическую значимость в первом тесте, варьируются в пределах 27.04.2020 – 26.05.2020, и для дальнейшего исследования были усреднены с получением даты 14.05.2020.

Далее мы проводим тест для определения, может ли указанная дата считаться датой структурного сдвига для рядов, без изменений в исходной регрессии (Табл. 1 (2)), после чего проводим серию тестов на устойчивость, где последовательно заменяем переменную времени на первый лаг разности доходностей (Табл. 1 (3)), первую разность индекса SSE Composite (Табл. 1 (4)), а также комбинацию первой разности индекса SSE Composite и величиной среднемесячной инфляции (Табл. 1 (5)).

Все ряды, показавшие значимость на 5-процентном уровне при проведении первого теста с заданной датой сдвига (Табл. 1 (2)), показывают устойчивость результатов при дальнейших проверках. Данные строки выделены серым в Табл. 1.

Следует обратить внимание, что значимость свойственна бумагам со средней по всем исследуемым секторам, что может быть объяснено чрезмерной волатильностью краткосрочного рынка, с одной стороны, и рыночным ожиданием временности кризиса, с другой.

Таблица 1 - Результаты тестов Вальда для первых разностей

ИССЛЕДУЕМЫЙ ТЕСТ	ТЕСТ ВАЛЬДА ДЛЯ НЕИЗВЕСТНОЙ ДАТЫ СТРУКТУРНОГО СДВИГА			ТЕСТ ВАЛЬДА ДЛЯ ЗАДАННОЙ ДАТЫ СТРУКТУРНОГО СДВИГА (ИССЛЕДУЕМАЯ ДАТА: 14.05.2020)							
	Регрессия первых разностей доходностей по времени (1)			Регрессия первых разностей доходностей по времени (2)		Регрессия первых разностей доходностей по первому лагу разности доходностей (3)		Регрессия первых разностей доходностей по первой разности индекса SSE Composite и (4)		Регрессия первых разностей доходностей по времени, первой разности индекса SSE Composite и среднемесячной инфляции (5)	
Рассматриваемый временной ряд	Значение статистики теста Вальда (Supremum Wald test statistic)	Вероятность принятия нулевой гипотезы (p-value)	Рассчитанная дата структурного сдвига	Wald test statistic	p-value	Wald test statistic	p-value	Wald test statistic	p-value	Wald test statistic	p-value
YTM_ON_Gov	1.2167	1.0000	23.04.2020	0.8183	0.6642	2.4936	0.2874	5.2509	0.0724	6.2735	0.0990
YTM_1M_Gov	9.3071	0.1246	26.06.2018	2.5537	0.2789	1.3915	0.4987	2.6455	0.2664	4.1138	0.2494
YTM_6M_Gov	26.3924	0.0001***	30.04.2020	23.6785	0.0000***	10.5145	0.0052**	14.6348	0.0007***	25.4127	0.0000***
YTM_1Y_Gov	37.4593	0.0000***	18.05.2020	34.5274	0.0000***	12.0532	0.0024***	16.4293	0.0003***	34.1317	0.0000***
YTM_5Y_Gov	30.9128	0.0000***	06.05.2020	18.3140	0.0001***	7.1310	0.0283**	9.3796	0.0092***	14.6951	0.0021***
YTM_10Y_Gov	11.2428	0.0570*	30.04.2020	4.3649	0.1128	3.6191	0.1637	3.1400	0.2080	2.0794	0.5561
YTM_ON_Banks	2.0930	0.9850	30.06.2020	1.5328	0.4647	0.9487	0.6223	4.2123	0.1217	5.4182	0.1436
YTM_1M_Banks	5.0648	0.5487	20.06.2018	2.1389	0.3432	0.7679	0.6812	4.8519	0.0884*	6.2239	0.1012
YTM_3M_Banks	10.1608	0.0888*	08.08.2018	7.4942	0.0236**	7.6141	0.0222**	4.0160	0.1343	6.7224	0.0813*
YTM_6M_Banks	17.9564	0.0030***	12.05.2020	15.3540	0.0005***	6.4589	0.0396**	8.4083	0.0149**	11.1289	0.0110**
YTM_9M_Banks	20.2200	0.0011***	25.05.2020	17.3250	0.0002***	11.9304	0.0026***	10.6112	0.0050***	14.9609	0.0019***
YTM_1Y_Banks	19.8982	0.0012***	19.05.2020	17.7062	0.0001***	16.4197	0.0003***	13.0582	0.0015***	15.9965	0.0011***
YTM_5Y_Banks	36.0865	0.0000***	06.05.2020	25.5536	0.0000***	12.8314	0.0016***	16.0443	0.0003***	24.5273	0.0000***
YTM_9Y_Banks	14.1949	0.0162**	27.04.2020	5.6649	0.0589*	4.6104	0.0997*	5.5975	0.0609*	6.2642	0.0994*
YTM_15Y_Banks	10.2425	0.0859*	17.04.2020	4.7706	0.0921*	4.6412	0.0982*	5.5910	0.0611*	3.0840	0.3789
YTM_ON_CP	2.4997	0.9510	30.04.2020	1.5391	0.4632	0.0610	0.9700	7.3212	0.0257**	8.4235	0.0380**
YTM_7D_CP	8.3700	0.1786	28.06.2018	0.2384	0.8876	0.5346	0.7655	3.9830	0.1365	4.7735	0.1892
YTM_14D_CP	8.4427	0.1738	28.06.2018	0.5885	0.7451	0.4569	0.7958	3.1852	0.2034	4.3079	0.2301
YTM_1M_CP	7.4084	0.2546	27.12.2018	2.2258	0.3286	0.6719	0.7147	5.4530	0.0654*	7.7392	0.0517*
YTM_2M_CP	8.0987	0.1978	07.08.2018	5.8612	0.0534*	3.0179	0.2211	4.3287	0.1148	7.5312	0.0568*
YTM_3M_CP	16.8260	0.0050***	26.05.2020	13.1901	0.0014***	8.4362	0.0147**	9.0513	0.0108**	12.7447	0.0052***
YTM_6M_CP	27.8028	0.0000***	25.05.2020	22.8753	0.0000***	11.0271	0.0040***	13.1382	0.0014***	17.8753	0.0005***
YTM_9M_CP	28.3895	0.0000***	26.05.2020	22.9057	0.0000***	24.3536	0.0000***	16.1015	0.0003***	23.5305	0.0000***
YTM_1Y_CP	38.3310	0.0000***	26.05.2020	31.4665	0.0000***	21.7017	0.0000***	22.5722	0.0000***	32.4314	0.0000***

Вероятность отклонения нулевой гипотезы об отсутствии структурного сдвига на уровне значимости: * 10%, ** 5%, *** 1%

Структурные сдвиги: на модели Васичека

Как уже было описано выше, исследуемые временные ряды мы разбиваем на 5-дневные серии, после чего проводится преобразование, описанное в методологии, и в результате мы получаем 24 новых временных ряда. При этом временная переменная соответствует не одному дню, а пятидневному промежутку.

Принципиальное отличие использования модели Васичека от использования подхода первых разностей заключается в том, что первые разности представляют собой характеристику динамики временного ряда, в то время как доходности, полученные при помощи преобразования по модели Васичека – характеристику уровня доходности бумаги на временном промежутке.

Тем не менее, подход по поиску структурного сдвига в рядах доходностей, полученных после преобразования, похож на подход, описанный в разделе выше: мы также проводим тест Вальда сначала для незаданной даты, а после фиксируем дату и проводим тесты на проверку устойчивости полученных результатов.

При этом после первого теста мы обнаруживаем широкий разброс по датам структурного сдвига для доходностей, и для второго этапа тестирования добавляем не только усреднённое значение полученных дат (период 10.01.2020 – 16.01.2020), но и два других промежутка, соответствующие началу (23.01.2020 – 06.02.2020) и концу (12.05.2020 – 18.05.2020) активного распространения инфекции COVID-19 в Китае в 2020 г. Примечательно, что приводимый период окончания стремительного распространения инфекции включает в себя дату, определённую как дата структурного сдвига в разделе выше.

Результаты проведённого теста приведены в Табл. 2. На основании результатов теста можно сделать вывод, что периоды начала (Табл. 2 (3)) и окончания (Табл. 2 (4)) стремительного распространения инфекции в Китае в 2020 г. показывают большее количество статистически значимых сдвигов (выделение серым цветом в Табл. 2 соответствует 5-процентному уровню значимости), чем усреднённое значение сдвигов (Табл. 2 (2)).

На основании логики исследования мы можем сказать: мы продолжаем работу именно с теми датами, которые показывают статистически значимые изменения для большего количества временных рядов, как показывающие более значимые изменения на рынке. Таким образом, дальнейшие исследования проводились с промежутками, соответствующими началу (23.01.2020 – 06.02.2020) и концу (12.05.2020 – 18.05.2020) активного распространения инфекции (Табл. 2 (3) и (4)).

При проведении проверки на устойчивость (Табл. 3) ни один из рядов не показывает устойчивости даже на уровне 10-процентной значимости в обеих проверках при проведении тестирования структурного сдвига с заданным промежутком сдвига в период 12.05.2020 – 18.05.2020 (Табл. 3 (4), (5), (6)).

В то же самое время большая часть рядов, значимых в изначальном тесте для периода 23.01.2020 – 06.02.2020 (Табл. 3 (1)), также сохраняет свою значимость при проверке на устойчивость (Табл. 3 (2) и (3)) как минимум на 10-процентном уровне значимости (выделение серым цветом в Табл. 3 соответствует 5-процентному уровню значимости, светло-серым – 10-процентному уровню значимости).

Результат данного тестирования показывает, что дата структурного сдвига для усреднённых по принципу модели Васичека уровней доходности с наибольшей вероятностью соответствует периоду начала (23.01.2020 – 06.02.2020) активного распространения инфекции в Китае в 2020 г. При этом значимость (в ряде случаев значимость проверки на устойчивость падает до 10-процентного уровня), как и в предыдущем разделе исследования, появляется для доходностей облигаций среднего срока до погашения

Таблица 2 – Результаты тестов Вальда для преобразования Васичека с плавающей датой

ИСПОЛЬЗУЕМЫЙ ТЕСТ	ТЕСТ ВАЛЬДА ДЛЯ НЕИЗВЕСТНОЙ ДАТЫ СТРУКТУРНОГО СДВИГА			ТЕСТ ВАЛЬДА ДЛЯ ЗАДАННОЙ ДАТЫ СТРУКТУРНОГО СДВИГА					
	Исследуемая модель	Регрессия рассчитанных доходностей по времени (1)			Регрессия рассчитанных доходностей по времени (дата сдвига 10.01.2020 - 16.01.2020) (2)		Регрессия рассчитанных доходностей по времени (дата сдвига 23.01.2020 - 06.02.2020) (3)		Регрессия рассчитанных доходностей по времени (дата сдвига 12.05.2020 - 18.05.2020) (4)
Рассматриваемый временной ряд	Значение статистики Вальда (Supremum Wald test statistic)	Вероятность принятия нулевой гипотезы (p-value)	Рассчитанная дата структурного сдвига	Wald test statistic	p-value	Wald test statistic	p-value	Wald test statistic	p-value
YTM_ON_Gov	19.9459	0.0012***	19.07.2019 - 25.07.2019	4.7028	0.0952*	3.5509	0.1694	3.5650	0.1682
YTM_1M_Gov	15.8233	0.0079***	31.10.2019 - 06.11.2019	14.6496	0.0007***	11.0726	0.0039***	6.1652	0.0458**
YTM_6M_Gov	19.8577	0.0013***	17.01.2020 - 22.01.2020	17.8948	0.0001***	19.2184	0.0001***	7.7495	0.0208**
YTM_1Y_Gov	44.1987	0.0000***	23.01.2020 - 06.02.2020	35.2500	0.0000***	44.1987	0.0000***	19.5544	0.0001***
YTM_5Y_Gov	13.6607	0.0204**	23.01.2020 - 06.02.2020	4.6655	0.0970*	13.6607	0.0011***	7.4352	0.0243**
YTM_10Y_Gov	30.6667	0.0000***	17.01.2020 - 22.01.2020	26.9836	0.0000***	25.6839	0.0000***	13.7951	0.0010***
YTM_ON_Banks	9.6554	0.1086	11.10.2019 - 16.10.2019	0.1668	0.9200	1.7524	0.4164	1.1779	0.5549
YTM_1M_Banks	5.3111	0.5104	03.04.2020 - 10.04.2020	0.4031	0.8174	0.7725	0.6796	0.8718	0.6467
YTM_3M_Banks	22.6455	0.0003***	17.01.2020 - 22.01.2020	17.5218	0.0002***	22.1437	0.0000***	7.0530	0.0294**
YTM_6M_Banks	17.5978	0.0035***	19.12.2019 - 25.12.2019	12.0219	0.0025***	15.7385	0.0004***	8.8994	0.0117**
YTM_9M_Banks	15.3094	0.0099***	23.01.2020 - 06.02.2020	0.3074	0.8575	15.3094	0.0005***	0.8987	0.6380
YTM_1Y_Banks	40.5784	0.0000***	08.07.2020 - 14.07.2020	5.4352	0.0660*	6.8496	0.0326**	14.5320	0.0007***
YTM_5Y_Banks	77.4081	0.0000***	23.01.2020 - 06.02.2020	61.8826	0.0000***	77.4081	0.0000***	41.4136	0.0000***
YTM_9Y_Banks	12.3069	0.0365***	24.04.2019 - 29.04.2019	10.5856	0.0050***	12.2954	0.0021***	10.2933	0.0058**
YTM_15Y_Banks	16.7620	0.0052***	23.01.2020 - 06.02.2020	13.1064	0.0014***	16.7620	0.0002***	7.5696	0.0227**
YTM_ON_CP	10.2027	0.0873*	02.06.2020 - 08.06.2020	0.6215	0.7329	1.1696	0.5572	3.4228	0.1806
YTM_7D_CP	11.2637	0.0566*	26.05.2020 - 01.06.2020	2.7503	0.2528	2.3384	0.3106	5.3006	0.0706*
YTM_14D_CP	12.3220	0.0363**	02.09.2020 - 08.09.2020	4.6153	0.0995*	5.3340	0.0695*	7.4037	0.0247
YTM_1M_CP	12.4918	0.0338**	23.06.2020 - 30.06.2020	2.2692	0.3215	4.0460	0.1323	2.5078	0.2854
YTM_2M_CP	9.4595	0.1174	12.08.2020 - 18.08.2020	5.5442	0.0625*	8.0116	0.0182**	7.3282	0.0256**
YTM_3M_CP	15.5251	0.0090***	24.04.2019 - 29.04.2019	4.4673	0.1071	4.9344	0.0848*	5.9228	0.0517*
YTM_6M_CP	9.7797	0.1034	26.12.2019 - 02.01.2020	6.8841	0.0320**	7.8146	0.0201**	3.7374	0.1543
YTM_9M_CP	29.8688	0.0000***	23.01.2020 - 06.02.2020	21.8292	0.0000***	29.8688	0.0000***	8.9937	0.0111**
YTM_1Y_CP	50.9366	0.0000***	26.12.2019 - 02.01.2020	48.8108	0.0000***	25.2689	0.0000***	17.9385	0.0001***

Вероятность отклонения нулевой гипотезы об отсутствии структурного сдвига на уровне значимости: * 10%, ** 5%, *** 1%

Таблица 3 – Результаты тестов Вальда для преобразования Васичека с фиксированной датой

ИСПОЛЬЗУЕМЫЙ ТЕСТ	ТЕСТ ВАЛЬДА ДЛЯ ЗАДАННОЙ ДАТЫ СТРУКТУРНОГО СДВИГА (23.01.2020 - 06.02.2020)						ТЕСТ ВАЛЬДА ДЛЯ ЗАДАННОЙ ДАТЫ СТРУКТУРНОГО СДВИГА (12.05.2020 - 18.05.2020)					
	Регрессия рассчитанных доходностей по времени (1)		Регрессия рассчитанных доходностей по лагу первого рассчитанной доходности (2)		Регрессия рассчитанных доходностей по 5-дневному среднему индекса Composite SSE (3)		Регрессия рассчитанных доходностей по времени (4)		Регрессия рассчитанных доходностей по лагу первого рассчитанной доходности (5)		Регрессия рассчитанных доходностей по 5-дневному среднему индекса Composite SSE (6)	
Рассматриваемый временной ряд	Значение статистики теста Вальда (Supremum Wald test statistic)	Вероятность принятия нулевой гипотезы (p-value)	Wald test statistic	p-value	Wald test statistic	p-value	Wald test statistic	p-value	Wald test statistic	p-value	Wald test statistic	p-value
YTM_ON_Gov	3.5509	0.1694	2.3035	0.3161	5.7052	0.0577	3.5650	0.1682	1.3139	0.5184	3.0857	0.2138
YTM_1M_Gov	11.0726	0.0039***	2.4211	0.2980	0.6666	0.7166	6.1652	0.0458**	1.6380	0.4409*	0.4452	0.8004
YTM_6M_Gov	19.2184	0.0001***	4.8040	0.0905*	9.9632	0.0069***	7.7495	0.0208**	6.0274	0.0491*	1.1415	0.5651
YTM_1Y_Gov	44.1987	0.0000***	9.6039	0.0082***	29.2446	0.0000***	19.5544	0.0001***	5.8030	0.0549*	0.6458	0.7241
YTM_5Y_Gov	13.6607	0.0011***	7.4489	0.0241**	18.5632	0.0001***	7.4352	0.0243**	3.9614	0.1380	0.9934	0.6085
YTM_10Y_Gov	25.6839	0.0000***	3.0664	0.2158	16.7434	0.0002***	13.7951	0.0010***	8.8396	0.0120	0.1246	0.9396
YTM_ON_Banks	1.7524	0.4164	6.0049	0.0497**	19.4184	0.0001***	1.1779	0.5549	1.9395	0.3792	13.8830	0.0010***
YTM_1M_Banks	0.7725	0.6796	7.9195	0.0191**	2.4224	0.2978	0.8718	0.6467	1.5423	0.4625	1.3805	0.5015
YTM_3M_Banks	22.1437	0.0000***	5.3279	0.0697	18.7129	0.0001***	7.0530	0.0294**	1.6024	0.4488	0.2920	0.8641
YTM_6M_Banks	15.7385	0.0004***	8.0858	0.0175***	22.0467	0.0000***	8.8994	0.0117**	0.0614	0.9698	2.4431	0.2948
YTM_9M_Banks	15.3094	0.0005***	4.4097	0.1103	10.3905	0.0055***	0.8987	0.6380	0.5955	0.7425	0.7706	0.6803
YTM_1Y_Banks	6.8496	0.0326**	4.3236	0.1151	18.5873	0.0001***	14.5320	0.0007***	0.8324	0.6596	1.5207	0.4675
YTM_5Y_Banks	77.4081	0.0000***	9.9635	0.0069***	62.0749	0.0000***	41.4136	0.0000***	18.6148	0.0001*	1.9759	0.3723
YTM_9Y_Banks	12.2954	0.0021***	15.5096	0.0004***	27.5300	0.0000***	10.2933	0.0058**	1.5354	0.4641	9.6367	0.0081***
YTM_15Y_Banks	16.7620	0.0002***	11.4480	0.0033***	22.2748	0.0000***	7.5696	0.0227**	0.4849	0.7847	6.5264	0.0383**
YTM_ON_CP	1.1696	0.5572	1.7303	0.4210	2.3168	0.3140	3.4228	0.1806	2.0918	0.3514	1.3378	0.5123
YTM_7D_CP	2.3384	0.3106	6.2756	0.0434	8.9939	0.0111	5.3006	0.0706*	2.0190	0.3644	6.1282	0.0467**
YTM_14D_CP	5.3340	0.0695*	2.8155	0.2447	4.2764	0.1179	7.4037	0.0247	0.7812	0.6767	2.7985	0.2468
YTM_1M_CP	4.0460	0.1323	9.8525	0.0073*	7.0204	0.0299**	2.5078	0.2854	3.2286	0.1990	1.5333	0.4646
YTM_2M_CP	8.0116	0.0182**	8.1527	0.0170***	12.6265	0.0018***	7.3282	0.0256**	2.0326	0.3619	2.7548	0.2522
YTM_3M_CP	4.9344	0.0848*	6.4606	0.0395***	7.5668	0.0227**	5.9228	0.0517*	1.9409	0.3789	4.8425	0.0888*
YTM_6M_CP	7.8146	0.0201**	4.7816	0.0916*	5.6322	0.0598*	3.7374	0.1543	1.4511	0.4841	0.8678	0.6480
YTM_9M_CP	29.8688	0.0000***	5.8718	0.0531*	27.0007	0.0000***	8.9937	0.0111**	4.2403	0.1200	1.5650	0.4573
YTM_1Y_CP	25.2689	0.0000***	1.3928	0.4984	12.0857	0.0024***	17.9385	0.0001***	0.7236	0.6964	0.2998	0.8608

Вероятность отклонения нулевой гипотезы об отсутствии структурного сдвига на уровне значимости: * 10%, ** 5%, *** 1%

Уровни доходностей: критерий Манна – Уитни, плацебо-тестирование

Как уже отмечалось ранее, для исследования уровней доходности используются значения усреднённых доходностей, полученные после преобразования Васичека.

Для проведения теста с помощью критерия Манна – Уитни мы разбиваем исходный временной ряд преобразованных доходностей на 2 группы: группу, с двух сторон ограниченную обнаруженными ранее датами структурных сдвигов, приходящихся на начало и конец активного распространения инфекции в Китае в 2020 г., а также группу из оставшихся значений, не входящих в данный период.

В результате разделения получаем 2 группы данных: группу "In", включающую данные с 23.01.2020 по 14.05.2020, и группу "Out", включающую данные с 03.01.2019 по 28.12.2020, которые при этом не вошли в первую группу.

На основании проведённого теста (Табл. 4 (1)) можно сделать вывод о наличии статистически значимого различия между уровнями доходностей для периодов "In" и "Out" почти для всех временных рядов, при этом вероятность, что случайно взятое значение из группы "Out" больше случайно взятого значения из группы "In" превышает ~70% для всех статистически значимых результатов, что говорит о том, что во время активного распространения COVID-19 в Китае доходность большей части рассматриваемых облигаций статистически значимо снизилась (статистическую значимость не показали только короткие облигации, чья волатильность очень высока).

Для проверки результатов на устойчивость была проведена серия плацебо-тестов (Табл. 4 (2)-(6)), в которых мы выставляли группы "In" и "Out" без привязки к датам, обнаруженным на более ранних этапах исследования, а выбирали случайным образом.

Для тестов (2)-(4) 11 из 72 плацебо-тестов оказались статистически значимы на уровне 5%, однако они говорят об увеличении доходности в ограниченный период, что никак не противоречит нашим результатам о падении уровня доходности в период коронавируса. Статистическая значимость наблюдается точно и по разным рядам, и может быть вызвана какими-либо локальными шоками, изучение которых не является целью исследования.

Плацебо-тесты периода, совпадающего с коронавирусом и следующего за периодом активного распространения также не опровергают полученных результатов (Табл. 4 (5), (6)). Статистическая значимость первого периода (5) подтверждает статистически значимое снижение доходности в период эпидемии. Статистическая значимость второго периода (6) показывает повышение доходностей, что может быть объяснено процессом возврата к докризисным уровням.

В целом, по результатам проведённых тестов можно говорить о статистически значимом снижении доходностей исследуемых облигаций в период активного распространения COVID-19 и в короткий период после этого.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Резюмируя описанные результаты исследования, отметим, что мы обнаружили следующее:

- Исследуемые показатели доходности имеют структурные сдвиги в периоды, совпадающие с началом и окончанием распространения COVID-19 в Китае в 2020 г.
- Величина исследуемых доходностей снизилась в указанный период.

Все описанные особенности свойственны большей части, но не всем исследуемым доходностям облигаций, основным исключением являются короткие бумаги.

Таблица 4 – Результаты плацебо-тестирования модели

ИСПОЛЪЗУЕМЫЙ ТЕСТ	ТЕСТ МАННА – УИТНИ (ОРИГИНАЛЬНЫЙ ТЕСТ)			ТЕСТ МАННА – УИТНИ (ПЛАЦЕБО-ТЕСТЫ)														
	Даты выборки "In", для теста	23.01.2020-18.05.2020 (1)			03.01.2019-23.04.2019 (2)			30.05.2019-12.09.2019 (3)			24.10.2019-13.02.2020 (4)			20.03.2020-07.07.2020 (5)			12.08.2020-30.11.2020 (6)	
Временной ряд	z-Statistics	p-Value	p-Value (Out > In)	z-Statistics	p-Value	p-Value (Out > In)	z-Statistics	p-Value	p-Value (Out > In)	z-Statistics	p-Value	p-Value (Out > In)	z-Statistics	p-Value	p-Value (Out > In)	z-Statistics	-Value	-Value (Out > In)
YTM_ON_Gov	-0.738	0.461	0.440	1.123	0.261	0.591	-2.208	0.027***	0.321	0.586	0.558	0.548	-1.026	0.305	0.417	-0.244	.807	.480
YTM_1M_Gov	-0.537	0.591	0.456	1.923	0.055*	0.656	0.068	0.946	0.506	-2.801	0.005***	0.272	0.249	0.803	0.520	0.112	.911	.509
YTM_6M_Gov	4.343	0.000***	0.853	0.976	0.329	0.579	-1.035	0.301	0.416	-0.215	0.830	0.483	2.079	0.038**	0.669	-2.674	.007***	283
YTM_1Y_Gov	5.719	0.000***	0.965	0.166	0.868	0.513	-2.772	0.006***	0.275	1.327	0.184	0.608	2.664	0.008***	0.717	-1.649	.099*	.366
YTM_5Y_Gov	4.353	0.000***	0.854	-1.220	0.222	0.401	-0.932	0.351	0.424	0.966	0.334	0.579	3.396	0.001***	0.776	-1.493	.135	.379
YTM_10Y_Gov	4.119	0.000***	0.835	0.712	0.476	0.558	-1.288	0.198	0.395	0.869	0.385	0.571	2.537	0.011**	0.706	-2.098	.036**	.329
YTM_ON_Banks	2.236	0.025**	0.682	-1.592	0.111	0.371	-2.422	0.015**	0.303	0.337	0.736	0.527	1.279	0.201	0.604	-0.234	.815	.481
YTM_1M_Banks	1.362	0.173	0.611	-1.845	0.065*	0.350	1.552	0.121	0.626	-0.078	0.938	0.494	1.474	0.141	0.620	-0.722	.470	.441
YTM_3M_Banks	4.734	0.000***	0.885	0.137	0.891	0.511	-0.342	0.733	0.472	-1.718	0.086*	0.360	2.616	0.009***	0.713	-1.484	.138	.379
YTM_6M_Banks	4.372	0.000***	0.856	-0.791	0.429	0.436	-1.532	0.125	0.375	0.234	0.815	0.519	2.918	0.004***	0.737	-2.284	.022***	.314
YTM_9M_Banks	4.148	0.000***	0.837	0.488	0.626	0.540	0.517	0.605	0.542	-1.181	0.238	0.404	2.245	0.025**	0.683	-2.596	.009***	289
YTM_1Y_Banks	4.402	0.000***	0.858	0.112	0.911	0.509	-2.889	0.004**	0.265	0.898	0.369	0.573	4.070	0.000***	0.831	-2.567	.010***	291
YTM_5Y_Banks	5.914	0.000***	0.981	-2.733	0.006***	0.278	-2.020	0.043**	0.336	1.308	0.191	0.606	4.479	0.000***	0.864	-1.893	.058*	.346
YTM_9Y_Banks	5.055	0.000***	0.911	-2.937	0.003***	0.261	-2.147	0.032**	0.325	-0.029	0.977	0.498	4.138	0.000***	0.837	1.171	.242	.595
YTM_15Y_Banks	3.718	0.000***	0.802	-0.673	0.501	0.445	-2.811	0.005**	0.271	0.244	0.807	0.520	3.211	0.001***	0.761	0.195	.845	.516
YTM_ON_CP	2.284	0.022**	0.686	0.195	0.845	0.516	-1.323	0.186	0.392	0.283	0.777	0.523	1.142	0.253	0.593	-0.498	.619	.460
YTM_7D_CP	2.055	0.040	0.667	-0.703	0.482	0.443	-1.405	0.160	0.386	0.420	0.675	0.534	-0.098	0.922	0.492	2.211	.027**	.680
YTM_14D_CP	1.254	0.210	0.602	-0.205	0.838	0.483	-1.259	0.208	0.398	1.688	0.091**	0.637	1.547	0.122	0.626	0.791	.429	.564
YTM_1M_CP	3.045	0.002***	0.748	-0.039	0.969	0.497	-1.718	0.086*	0.360	-0.498	0.619	0.460	0.805	0.421	0.565	0.303	.762	.525
YTM_2M_CP	3.211	0.001***	0.761	-1.444	0.149	0.383	0.166	0.868	0.513	-0.020	0.984	0.498	3.035	0.002***	0.747	-2.293	.022**	.313
YTM_3M_CP	3.255	0.001***	0.765	-0.415	0.678	0.466	0.283	0.777	0.523	0.800	0.424	0.565	2.542	0.011**	0.707	-3.279	.001***	.233
YTM_6M_CP	3.494	0.000***	0.784	0.244	0.807	0.520	0.254	0.800	0.521	-0.678	0.498	0.445	1.400	0.161	0.614	-2.899	.004***	.264
YTM_9M_CP	4.880	0.000***	0.897	0.507	0.612	0.541	-0.488	0.626	0.460	-1.152	0.249	0.406	3.347	0.001***	0.772	-2.088	.037**	.330
YTM_1Y_CP	4.421	0.000***	0.860	-1.376	0.169	0.388	-0.059	0.953	0.495	0.468	0.639	0.538	2.381	0.017**	0.694	-2.557	.011**	.292

Вероятность отклонения нулевой гипотезы о равенстве выборок и принятии альтернативной гипотезы на уровне значимости: * 10%, ** 5%, *** 1%.

Где p-Value of (Out > In) означает вероятность случайно выбранного значения из выборки вне ограниченного периода быть больше случайно выбранного значения из выборки в ограниченном периоде.

Наличие влияния COVID-19 на финансовый рынок также обнаруживается и описывается в ряде работ [12], [13], [22], что говорит о наличии согласованности между результатами исследований.

Отметим, однако, что результаты исследования доходностей развивающихся рынков Sene et al. [22] показывают рост доходностей внутренних облигаций государственного сектора изучаемых стран, в то время как наше исследование показывает снижение уровней доходностей.

Интуиция данного различия заключается в разнице в масштабах исследуемых экономик и доле иностранных инвесторов на финансовом рынке. Авторы описываемой статьи аргументируют рост доходностей на рынке оттоком иностранного капитала из страны, что приводит к распродаже активов, в том числе государственных облигаций, что в конечном счёте повышает показатель доходности к погашению облигации. Т.е. происходит процесс бегства к качеству.

Снижение доходностей облигаций с высшим кредитным качеством на финансовом рынке Китая также связано с процессами бегства к качеству: в ситуации кризиса большая часть инвесторов покупают более "надёжные" и "традиционные" активы. При этом подавляющее большинство инвесторов на финансовом рынке Китая – внутренние инвесторы, как уже было отмечено выше, что говорит о том, что спрос на активы, ассоциированные с риском в Китае, ожидаемо, снижался, и рос спрос на надёжные активы, изученные в исследовании, вследствие чего их доходность снижалась из-за "избыточного" внутреннего спроса, несмотря на возможное снижение спроса со стороны иностранных инвесторов.

Таким образом, мы можем говорить об объяснимости наблюдаемых закономерностей с точки зрения феномена бегства к качеству, что согласуется с рассмотренными в работе исследованиями.

Дальнейшее продолжение исследования может включать в себя:

- более детальное рассмотрение каждой облигации, а не рассмотрение доходностей консолидированных групп;
- расширение списка рассматриваемых инструментов: включение более рискованных активов для проверки наличия обратной реакции на кризис;
- географическое расширение исследуемой модели – изучение аналогичных реакций на примере других стран;
- включение большего количества объясняющих переменных в модель, таких как нефть или различные СМИ-индексы;
- рассмотрение ситуации на постковидном периоде и на периоде второй волны коронавируса.

Однако даже текущая реализация исследования показывает наличие закономерностей, объясняемых иррациональным поведением инвесторов на финансовом рынке. При этом в свете исследования следует обратить внимание на то, что поведение облигационного рынка Китая свойственно развитым, а не развивающимся рынкам, к которым традиционно относится китайская экономика.

Проведённое исследование может быть использовано для принятия инвестиционных решений во время кризисных сценариев, построения предположений о поведении инвесторов на рынке, а также в качестве базиса для дальнейших исследований по теме.

Список использованных источников

1. Abdul-Baki Z., Uthman A.B., Sannia M. Financial ratios as performance measure: A comparison of IFRS and Nigerian GAAP // *Accounting and management information systems*. – 2014. – № 1.
2. Abidin Z., Prabantarikso R.M., Wardhani R.A., Endri E. Analysis of bank efficiency between conventional banks and regional development banks in Indonesia // *The Journal of Asian Finance, Economics, and Business*. – 2021. – № 1.
3. Adrian T., Crump R.K. & Vogt E. Nonlinearity and Flight To Safety in the Risk Return Tradeoff for Stocks and Bonds // *The Journal of Finance*, 2019.
4. Allman E. Pricing Climate Change Risk in Corporate Bonds // SSRN, 2021.
5. Baele, Lieven, Geert Bekaert, Koen Inghelbrecht and Min Wei. Flights to safety, Working Paper 19095 // National Bureau of Economic Research. – 2013 (Revised May 2019).
6. Beber A., Brandt M.W. & Kavajecz K.A. Flight-to-Quality or Flight-to-Liquidity? Evidence from the Euro-Area Bond Market // SSRN Electronic Journal, 2006.
7. Bloomberg. China bond market insight, 2022.

8. Brunnermeier Markus K. and Lasse Heje Pedersen. Market liquidity and funding liquidity // National Bureau of Economic Research, 2007.
9. Cbonds URL: <https://cbonds.ru> (дата обращения: 31.02.2022).
10. Chang C.L., Hsueh P.L. An Investigation of the Flight-to-Quality Effect: Evidence from Asia-Pacific Countries // Emerging Markets Finance and Trade, 2014.
11. China Central Depository & Clearing Co., Ltd. (CCDC). – URL: <https://www.chinabond.com.cn/>.
12. Gubareva M. The Impact of Covid-19 on liquidity of emerging market bonds // Finance Research Letters, 2020.
13. Hofmann B., Shim I., Shin H.S. Emerging market economy exchange rates and local currency bond markets amid the Covid-19 pandemic // BIS Bulletin. – 2020. – № 5.
14. Jama Mohamed. Time Series Modeling and Forecasting of Somaliland Consumer Price Index: A Comparison of ARIMA and Regression with ARIMA Errors // American Journal of Theoretical and Applied Statistics. – 2020. – Vol. 9. – No. 4.
15. Jiang F., C.W. Li, and Y. Qian. Can firms run away from climate-change risk? evidence from the pricing of bank loans. Evidence from the Pricing of Bank Loans, 2019.
16. Katsouris C. Partial Sum Processes of Residual-Based and Wald-type Break-Point Statistics in Time Series Regression Models // arXiv preprint arXiv:2202.00141. – 2022.
17. Kavita Chacko. Global Bond Yields: July 2020 // Care Ratings. Economics, 2020.
18. Kim J., Kim J., Lee S.K. & Tang L. Effects of epidemic disease outbreaks on financial performance of restaurants: Event study method approach // Journal of Hospitality and Tourism Management, 2020.
19. Mamon R.S. Three Ways to Solve for Bond Prices in the Vasicek Model // Journal of Applied Mathematics and Decision Sciences, 2004.
20. Market capitalization of listed domestic companies // The Worldbank. – URL: https://data.worldbank.org/indicator/CM.MKT.LCAP.CD?end=2020&most_recent_value_desc=true&start=1975 (дата обращения: 31.02.2022).
21. Painter M. An inconvenient cost: The effects of climate change on municipal bonds // Journal of Financial Economics. – 2020. – № 2.
22. Sènea B., Mbengueb M.L., Allayac M.M. Overshooting of sovereign emerging euro-bond yields in the context of COVID-19 // Finance Research Letters, 2020.
23. Tak Kuen Siu. Bond pricing under a Markovian regime-switching jump-augmented Vasicek model via stochastic flows // Applied Mathematics and Computation. – 2010. – № 216.
24. Todorov K. Quantify the quantitative easing: Impact on bonds and corporate debt issuance // Journal of Financial Economics. – 2020. – № 2.
25. Vanguard experts parse the decline in global bond yields. 2019 [электронный ресурс]. – URL: <https://institutional.vanguard.com/VGApp/iip/site/institutional/researchcommentary/article/InvComParseDeclineGlobalBd>.
26. Vasicek O. An equilibrium characterization of the term structure // Journal of Financial Economics. – 1977. – 5(2).
27. World Health Organization. WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19-11 March 2020. – 2020. [электронный ресурс]. – URL: <https://www.who.int/dg/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020>.