

## ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ



DOI: 10.26794/2587-5671-2020-24-3-81-91

УДК 336.018(045)

JEL C72, D61, E42

## Развитие рынка криптовалют: метод Херста

А.Ю. Михайлов

Финансовый университет, Москва, Россия

<https://orcid.org/0000-0003-2478-0307>

### АННОТАЦИЯ

**Целью** данной работы является изучение ценообразования на рынке криптовалют и возможностей их применения Банком России при осуществлении своей монетарной политики. **Задачи** исследования: выявление цикличности динамики цен, изучение степени сформированности рынка и потенциальных рисков, имеющих долгосрочную положительную связь с финансовой стабильностью рынка криптовалют. Автор использует **методы** Херста с коэффициентом неликвидности Амихуда, чтобы изучить степень стойкости четырех криптовалют (Bitcoin, Litecoin, Ripple и Dash) и их эволюцию в течение последних пяти лет. **В результате** исследования автор выяснил, что рынок криптовалют вышел на новую стадию развития, что означает снижение возможности получения сверхнормальных доходов при инвестировании в наиболее ликвидные криптовалюты в будущем. Однако остаются возможности для получения спекулятивного дохода при покупке новых высокорискованных инструментов. Сделан **вывод**, что неликвидные криптовалюты проявляют сильную обратную антиперсистентность в виде низкого коэффициента Херста. Для получения аномальной прибыли на крипторынке может быть использована трендовая инвестиционная стратегия. Банк России мог бы частично применять цифровую валюту при осуществлении денежно-кредитной политики, что позволило бы смягчить деловой цикл и контролировать уровень инфляции. В случае принятия закона «О цифровых финансовых активах» и легализации криптовалют в России после экономического кризиса, вызванного пандемией Covid-19, Банк России мог бы действовать как кредитор последней инстанции, предлагая кредиты в криптовалюте.

**Ключевые слова:** биткойн; лайткойн; даш; риппл; денежно-кредитная политика; ликвидность; волатильность; доходность; метод Херста; кредиты в криптовалюте

**Для цитирования:** Михайлов А.Ю. Развитие рынка криптовалют: метод Херста. *Финансы: теория и практика.* 2020;24(3):81-91. DOI: 10.26794/2587-5671-2020-24-3-81-91

## ORIGINAL PAPER

## Cryptocurrency Market Development: Hurst Method

A. Yu. Mikhailov

Financial University, Moscow, Russia

<https://orcid.org/0000-0003-2478-0307>

### ABSTRACT

**The aim** of this work is to study the pricing in the cryptocurrency market and applying cryptocurrencies by the Bank of Russia for its monetary policy. The research **objectives** are to identify the cyclical nature of price dynamics, to study market maturity and potential risks that have a long-term positive relationship with the financial stability of the cryptocurrency market. The author uses the Hurst **method** with the Amihud illiquidity measure to study the resistance of four cryptocurrencies (Bitcoin, Litecoin, Ripple and Dash) and their evolution over the past five years. The study **results** in the author's conclusion that the cryptocurrency market has entered a new stage of development, which means a reduced possibility to have excess profits when investing in the most liquid cryptocurrencies in the future. However, buying new high-risk tools provides opportunities for speculative income. The author **concludes** that illiquid cryptocurrencies exhibit strong inverse anti-persistence in the form of a low Hurst exponent. A trend investing strategy may help obtain abnormal profits in the cryptocurrency market. The Bank of Russia could partially apply digital currency to implement monetary policy, which would soften the business cycle and control the inflation. If Russia accepts the law "On Digital Financial Assets" and legalizes cryptocurrencies after the economic crisis caused by the COVID-19 pandemic, the Bank of Russia might act as a lender of last resort and offer crypto loans.

**Keywords:** Bitcoin; Litecoin; Dash; Ripple; monetary policy; liquidity; volatility; profitability; Hurst method; crypto loans

**For citation:** Mikhailov A. Yu. Cryptocurrency market development: Hurst method. *Finance: theory and practice.* 2020;24(3):81-91. (In Russ.). DOI: 10.26794 / 2587-5671-2020-24-3-81-91

© Михайлов А.Ю., 2020

## ВВЕДЕНИЕ

Изучение и анализ рынка криптовалют является относительно новой областью. В последние годы опубликовано несколько работ на эту тему, учитывающих потенциальный интерес к ней.

С тех пор, как появился биткойн, многие ученые изучают его с разных точек зрения. В России на данный момент не решена проблема правового статуса цифровых финансовых активов (криптоактивов), поскольку законопроект «О цифровых финансовых активах» был принят Государственной Думой, но в дальнейшем вызвал много вопросов в Правительстве РФ<sup>1</sup>.

В связи с молодым возрастом технологии блокчейн академическая литература по этой теме все еще находится в зачаточном состоянии. Существует множество исследований, посвященных безопасности и технологическим аспектам криптовалют, которые не будут здесь обсуждаться.

Одним из недостатков разработанности данного вопроса является то, что большинство статей содержат информацию только о самой популярной из криптовалют — биткойне.

Криптовалюта — это разновидность цифровой валюты, создание и контроль за которой базируются на криптографических методах. Как правило, учет криптовалют децентрализован.

Некоторые исследователи утверждают, что биткойн — это просто пузырь. Выяснить фундаментальную ценность биткойна — трудная задача, и история показала, что инновационные активы действительно более подвержены пузырям.

На цену биткойна могут влиять макроэкономический индекс и индекс цен на активы. Криптовалюта может получить некоторую ценность и от сетевых эффектов из-за размера сети, в которой она используется. Поскольку соотношение между стоимостью сети и ее размером является суперлинейным, это означает, что стоимость самой популярной криптовалюты (биткойн) намного выше, чем у других криптовалют с меньшим количеством пользователей, и это отражается в рыночной капитализации. По мере роста вычислительной мощности должна повышаться и ценность криптовалюты.

Активная торговля на крипторынке началась только в 2013 г. Один из ключевых вопросов, который еще предстоит проанализировать: предсказуемо ли поведение криптоактивов? Прогнозы параметров крипторынка можно было бы использовать в качестве основы для торговых стратегий,

направленных на получение прибыли на криптовалютном рынке.

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Гетерогенная агентская модель рынка биткойна относительно точно моделирует многие характеристики реального рынка. Она включает в себя различные торговые стратегии, начальное распределение богатства по закону Парето, реалистичный механизм торговли и выравнивания цен на основе книги заказов, увеличение со временем общего количества биткойнов из-за майнинга.

Автокорреляция необработанных доходностей очень низкая для всех временных периодов, тогда как автокорреляция абсолютных доходов намного выше, что подтверждает наличие кластеризации волатильности [1].

В работах R. Böhme, N. Christin, B. Edelman, T. Moore и A. M. Antonopoulos изучена прибыльность производства биткойнов, его слабые стороны и долгосрочная финансовая устойчивость [2, 3].

Предложены модели стоимости с точки зрения затрат на создание (с технической стороны). В ходе расчетов и экспериментов обнаружено, что стоимость выполнения бизнес-процессов в Ethereum может быть на два порядка выше, чем в Amazon SWF [4, 5]. Учитывая высокую волатильность обменного курса, важна модель оценки стоимости [6, 7].

Блокчейн преследует децентрализованный подход для укрепления доверия. Это фундаментальная технология и платформа для инноваций, ее ценность в будущем будет расти [8].

Подавляющее большинство экономической литературы, касающейся биткойнов и криптовалют, посвящено изучению различных факторов, которые могли бы объяснить развитие цен. Ценовые детерминанты могут быть сгруппированы и сведены в следующие группы:

- рыночные силы, т.е. факторы спроса и предложения;
- макрофинансовые факторы;
- интерес общественности и инвесторов;
- освещение в новостях.

Основными факторами являются привлекательность для инвесторов, а также общественный интерес в СМИ. Примеры исследований, рассматривающих эти факторы, а также другие ценовые детерминанты биткойна, приведены ниже.

Изучены показатели объемов торгов и волатильности криптовалют, которые прошли ряд тестов, таких как Dicky-Fuller (ADF) и CGCD [9, 10].

<sup>1</sup> URL: <http://duma.gov.ru/news/27027/>.

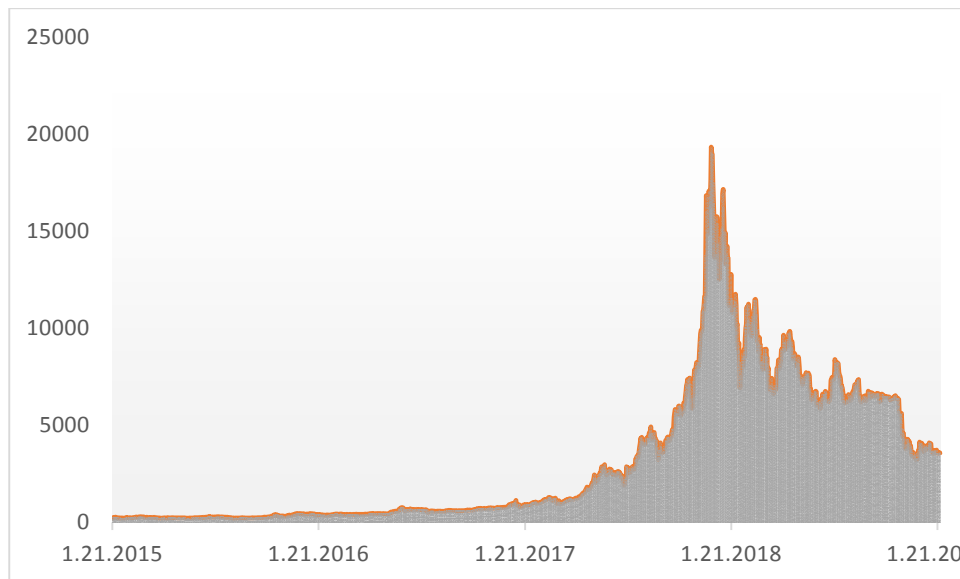


Рис. 1 / Fig. 1. **Динамика Bitcoin (BTC), доллар США / Bitcoin dynamics (BTC), US dollar**

Источник / Source: Thomson Reuters Datastream.

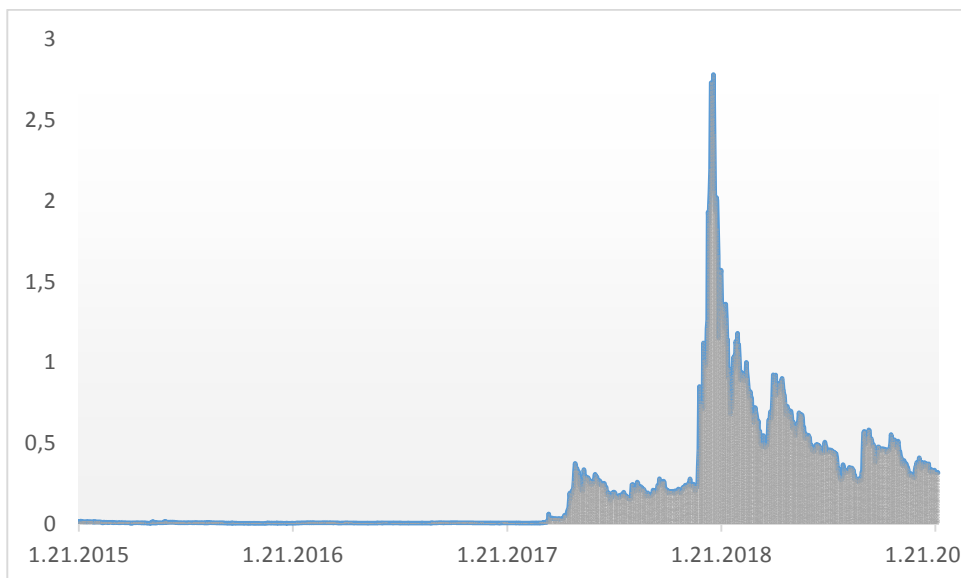


Рис. 2 / Fig. 2. **Динамика Ripple (XRP), доллар США / Ripple (XRP) dynamics, US dollar**

Источник / Source: Thomson Reuters Datastream.

Инвестиции в биткойн демонстрируют очень высокую волатильность, но также и очень высокую доходность. Кроме того, для держателей хорошо диверсифицированных портфелей большой риск компенсируется низкой корреляцией с другими активами [11–13].

Финансовым посредникам необходимо модернизировать и оптимизировать свою деятельность, основываясь на результатах изучения криптовалют [14, 15].

Результаты исследования крипторынка подтверждают гипотезы переговоров и стратегической торговли [16].

Было обнаружено, что постоянство цен имеет большое значение для будущей волатильности двух криптовалют (рис. 1–4). Условная ковариация двух криптовалют значительно зависит от предыдущих новостей, что подтверждает выводы о взаимосвязанности криптовалют [17].

Исследователи выделяют конкретный механизм ценообразования: максимизацию прибыли предпринимателей, которые играют координирующую роль в создании возможностей для использования новой валюты (при небольшом размере сети) [18]. Но нельзя забывать об отличиях между виртуальными (централизованными) и крипто

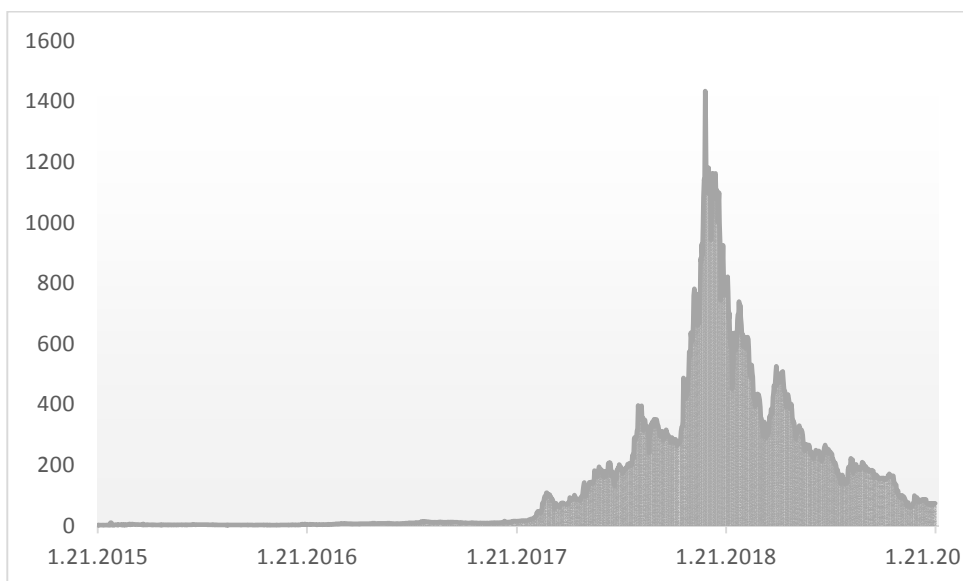


Рис. 3 / Fig. 3. **Динамика DASH, доллар США / DASH dynamics, US dollar**

Источник / Source: Thomson Reuters Datastream.

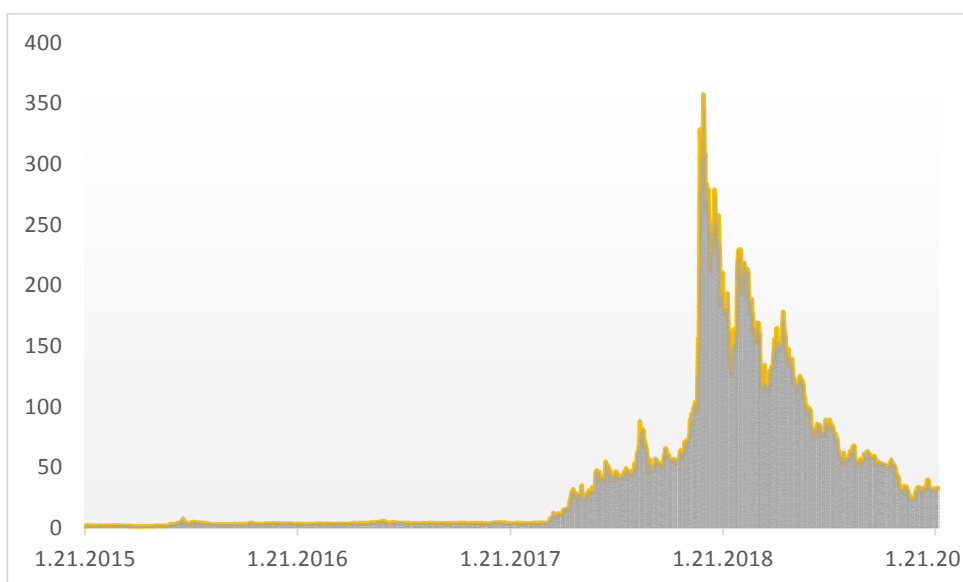


Рис. 4 / Fig. 4. **Динамика Litecoin (LTC), доллар США / Litecoin (LTC) dynamics, US dollar**

Источник / Source: Thomson Reuters Datastream.

(децентрализованными) валютами [19]. Биткойн коррелирует с различными финансовыми и процентными драйверами, тем не менее ни один из внутренних факторов не оказывает существенного влияния на цену [20, 21].

Контроль за денежной массой и процентными ставками становится все более сложным. Роль центральных банков придется адаптировать к этой новой денежной системе, если криптовалюты будут приняты в качестве эквивалентных платежных средств и финансовых активов со значительной рыночной капитализацией [22, 23].

Были озвучены юридические и экономические сложности реализации использования криптовалют для межгосударственных переводов [24, 25].

Более высокие транзакционные издержки на рынках с низким оборотом влияют на способность трейдеров действовать быстро [26, 27].

В основном зарубежные исследователи рассматривают биткойн не как денежное средство, а как актив. Эмпирические исследования показывают, что экономические факторы, такие как CPI, DJIA, USDI и ставка ФРС, оказывают долгосрочное негативное влияние на цену биткойн-

на. Это подразумевает, что биткойн может быть инструментом хеджирования против снижения доллара США [28, 29].

## ДАННЫЕ И МЕТОДЫ

Методологической основой исследования стал анализ доходности различных криптовалют, отсортированных по рыночной ликвидности. Для изучения рынка автор использовал тесты, основанные на применении коэффициента неликвидности Амихуда [30, 31].

Данный подход выбран исходя из его надежности и простоты. Он требует только ежедневных рыночных данных, что удобно, когда информация о микроструктуре рынка недоступна. В то же время не требуется полных данных о капитализации рынка, которые необходимы для показателей, основанных на обороте, что может быть проблематичным для альткоинов.

Ежедневная доходность актива  $i$  в день  $t$  в долларах США вычисляется формулой

$$R_t = \ln(P_t) - \ln(P_{t-1}), \quad (1)$$

где  $\ln(P_t)$  — натуральный логарифм цены  $P$  от времени  $t$ .

Коэффициент неликвидности Амихуда определяется как:

$$ILLIQ_T^i = \frac{1}{D_T} \sum_{t=1}^{D_T} \frac{|R_t^i|}{P_t^i V_t^i}, \quad (2)$$

где  $D_T$  — количество торгуемых дней в году  $T$ ;

$R_t^i$  — ежедневная доходность актива  $i$  в день  $t$  в долларах США;

$V_t^i$  — дневной объем, торгуемый актив  $i$  в день  $t$ ;

$P_t^i$  — дневная цена актива  $i$  в день  $t$  в долларах США.

Данный коэффициент обеспечивает понимание взаимосвязи между объемом и ценовыми изменениями.

Чтобы исследовать рынок криптовалют, можно использовать набор статистических тестов:

- Лджунга-Бокса;
- Бартелса, если доходности криптовалют окажутся независимыми;
- Lo&McKinlay, чтобы проверить, масштабируется ли стандартное отклонение от  $\sqrt{T}$ .

Для теста коэффициента вариации целесообразно использовать автоматический тест дисперсии (AVR), предложенный исследователями J. H. Bergstrand, J. J. Lewer и H. Van den Berg [32,

33] и тест BDS на последовательную зависимость со средними значениями  $p$  в разных спецификациях.

Экспонента  $R/S$  показателя Херста помогает исследовать длинную память доходности. Импульсы проявляются во временных рядах доходности, если показатель Херста больше 0,65, а средняя реверсия временного ряда (или антиперсистентность) проявляется, когда значение показателя Херста меньше 0,45.

В табл. 1 представлены средние значения для каждой из пяти групп криптовалют. Заметна взаимосвязь между их ликвидностью и волатильностью. Наиболее ликвидными являются криптовалюты группы 1, наименее ликвидными — группы 5. При этом мы не наблюдаем признаков премии за ликвидность в криптовалютах. Это интересно и противоречит характеристикам традиционных классов активов.

Мы также отмечаем сильные положительные перекосы и высокие уровни эксцессов в доходах. Положительные перекосы ценовых рядов могут характеризовать значительный уровень оптимизма среди инвесторов во время нестабильности.

В табл. 2 указаны средние значения  $p$  со средним коэффициентом Херста.

Криптовалюты с самой низкой ликвидностью отклоняют нулевую гипотезу случайности во всех тестах. Средние значения  $p$  повышаются в более высоких квантилях ликвидности.

Кроме того, показатель Херста доказывает стойкость на неликвидных рынках ( $<0,5$ ), что подтверждает результаты С. Carrere, J. S. Silva и S. Tenreiro [34, 35].

Показатель Херста лежит в интервале  $[0, 1]$  и рассчитывается по формуле

$$X_{k,a} = \sum_{i=1}^k (N_{i,a} - e_a). \quad (3)$$

На основе значений  $H$  могут быть идентифицированы три категории серий данных:

- серия антиперсистентна, результаты отрицательно коррелированы ( $0 \leq H < 0,5$ );
- серия случайна, возврат не коррелирован, в серии нет памяти ( $H = 0,5$ );
- серия устойчива, результаты сильно коррелированы, динамика памяти ( $0,5 < H \leq 1$ ).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате исследования выявлено, что альткойны демонстрируют цикличность, поскольку спекулянты влияют на уровень пессимизма. Од-

Таблица 1 / Table 1

**Доходность криптовалют, отсортированных по коэффициенту неликвидности Амихуда / Profitability of cryptocurrencies sorted by the Amihud illiquidity measure**

Ликвидность	Статистика доходности					
	Группа	Кэф. Амихуда	Среднее	Стандартное отклонение	Скос	Куртозис
Высокая	1	< 0,00001	0,010	0,106	0,925	11,422
	2	0,00011	0,010	0,160	1,167	13,162
	3	0,00101	0,009	0,234	0,90	17,409
	4	0,00900	0,009	0,22	0,742	20,276
Низкая	5	0,02581	0,010	0,366	0,101	10,829

Источник / Source: Thomson Reuters Datastream, расчеты автора / Thomson Reuters Datastream, calculated by the author.

Таблица 2 / Table 2

**Коэффициент Херста для криптовалют, отсортированных по коэффициенту неликвидности Амихуда: средние значения  $p$  / The Hurst exponent for cryptocurrencies sorted by the Amihud illiquidity measure:  $p$  average values.**

Ликвидность	Группа	Кэф. Амихуда	Средние $p$					Кэф. Херста
			Лджун-Бокс	Кэф. Ранса	Кэф. Бартела	AVR	BDS	
Высокая	1	<0,00001	0,35	0,44	0,40	0,41	0,02	0,53
	2	0,00011	0,11	0,27	0,19	GL25	0,01	0,50
	3	0,00191	0,05	0,12	0,04	OLQ9	0,01	0,46
	4	0,00960	0,02	0,09	0,02	O103	0,02	0,44
Низкая	5	0,03531	0,01	0,04	0,01	OL02	0,01	0,41

Источник / Source: Thomson Reuters Datastream, расчеты автора / Thomson Reuters Datastream, calculated by the author.

Таблица 3 / Table 3

**Результаты динамического анализа  $R/S$ , (шаг = 50, окно данных = 300) / Results of  $R/S$  dynamic analysis (step = 50, data window = 300)**

Логдоходность	Без условий	Перехват	Время
BITCOIN	0,992 (0,961, 1,040)	1,009 (0,983, 1,039)	1,009 (0,983, 1,039)
LITECOIN	1,005 (0,977, 1,038)	1,021 (0,994, 1,053)	1,021 (0,994, 1,053)
RIPPLE	1,028 (0,997, 1,064)	1,053 (1,023, 1,086)	1,053 (1,023, 1,087)
DASH	0,966 (0,933, 1,005)	0,985 (0,954, 1,022)	0,986 (0,954, 1,022)

Источник / Source: Thomson Reuters Datastream, расчеты автора / Thomson Reuters Datastream, calculated by the author.



Таблица 4 / Table 4

**Первые 10 криптовалют по капитализации по состоянию на 01.02.2019 / Top 10 cryptocurrencies by capitalization as of 02.01.2019**

№	Название	Капитализация	Цена
1	Bitcoin	60 958 002 560	3 480,60
2	XRP	12 605 993 911	0,306 242
3	Ethereum	11 147 795 484	106,51
4	EOS	2 112 336 072	2,33
5	Bitcoin Cash	2 045 890 560	116,26
6	Tether	2 030 218 013	1
7	Litecoin	1 957 580 695	32,48
8	TRON	1 739 274 086	0,026 089
9	Stellar	1 582 069 187	0,082 539
10	Bitcoin	1 130 006 345	64,21

Источник / Source: Thomson Reuters Datastream / Thomson Reuters Datastream, calculated by the author.

нако в более высоких квинтилях ликвидности показатель Херста близок к случайному блужданию (0,5) [36].

Большая часть исследований финансовой стабильности фокусируется на криптовалютах как на инвестиционном активе. Большинство биткойнов принадлежат инвесторам и не рассматриваются как средство оплаты. После бурного роста цены на них в 2017–2018 гг. стало понятно, что существует пузырь на рынке криптовалют. В 2018 г. он стал активно сдуваться, и биткойн потерял около 85% от своей максимальной исторической стоимости.

Как правило, пузырь определяется как положительный отход от фундаментальной ценности актива. Вопрос сводится к тому, что недавние ценовые выгоды были обусловлены ожиданиями будущей ценовой прибыли и, следовательно, могут быть подвергнуты внезапному развороту. Пузыри цен на активы часто привязаны к технологическим изменениям и неопределенному будущему. Но сдувание этих пузырей не обязательно приводит к проблемам финансовой стабильности. Например, крах пузыря доткомов в 2000 г. имел ограниченные последствия.

На рынке криптовалют также наблюдается сдувание пузыря, что подтверждается результатами динамического анализа  $R/S$  (табл. 3) и снижением общей капитализации рынка (табл. 4).

Класс активов, составляющий всего около 60 млрд долл. (на 01.02.2019), вероятно, слишком мал, чтобы быть существенным для финансовых рынков. Риски для финансовой стабильности криптоактивов в настоящее время или в ближайшем будущем, вероятно, будут сосредоточены в странах, где они пользуются большим спросом. В тех случаях, когда значительное и быстрое снижение стоимости валюты может привести к повсеместным потерям и даже панике, трудно понять, как эти потери будут переданы основным финансовым посредникам в экономике.

Аналогичные проблемы возникают, когда центральный банк должен предоставить кредитору последнюю помощь в иностранной валюте. В этой ситуации основные центральные банки могли бы создать механизмы валютного свопа для облегчения таких операций. В случае с цифровой валютой, однако, нет контрагента, с которым центральный банк мог бы создать своп-линию.

Центральный банк мог бы иметь хорошие возможности выступать в качестве кредитора последней инстанции для банков, хотя это ограничено его необходимостью поддерживать достаточный запас цифровой валюты для возврата полученных им банковских депозитов.

Полный переход на цифровую валюту является удобным, хотя, по общему мнению, неправдопо-

добным. Ситуация в какой-то мере будет похожа на ту, как если бы вся глобальная экономика полностью конвертировалась в доллары.

Центральный банк в этом случае не смог бы стабилизировать макроэкономику. Более того, поскольку предложение цифровой валюты является фиксированным, могла бы усилиться экономическая и финансовая волатильность.

Если количество цифровой валюты будет зафиксировано, то по мере роста экономики реальная стоимость каждой единицы валюты будет расти.

---

***Если бы монетарная политика могла полностью перейти на цифровую валюту, можно было бы отменить нулевую нижнюю границу по номинальным процентным ставкам.***

---

Иными словами, если цены на товары в валюте падают — возникает дефляция, которая, как правило, связана с неэффективной экономикой. Предприятия и домашние хозяйства в этой ситуации, как правило, откладывают расходы, поскольку в будущем цены будут меньше, чем в настоящее время.

Сдерживающие последствия дефляции обусловлены, прежде всего, тем, что номинальные процентные ставки обычно не могут быть отрицательными. Их нулевая граница объясняется тем, что валюта всегда обеспечивает нулевую норму прибыли. В мире цифровой валюты ограничение по процентным ставкам может быть отменено.

В любом случае проблема дефляции, по-видимому, частично устраняется, позволяя количеству цифровой валюты расти вместе с экономикой. Несмотря на это, количество цифровой валюты не сможет двигаться вверх и вниз с сезонным спросом, а также частично реагировать на другие внешние потрясения для экономики.

Более реалистичным было бы частичное использование экономикой цифровой валюты. Центральный банк тогда мог бы смягчить деловой цикл и контролировать уровень инфляции в валюте, но с меньшей точностью.

Некоторые из недавних дискуссий по вопросам денежно-кредитной политики касаются цифровых валют центрального банка. Единая

цифровая валюта центрального банка может принимать форму токена, подобного цифровым наличным деньгам.

Если бы монетарная политика могла полностью перейти на цифровую валюту, можно было бы отменить нулевую нижнюю границу по номинальным процентным ставкам. Центральный банк мог бы выплачивать отрицательную процентную ставку банкам, делая свой политический курс настолько низким, насколько это необходимо для достижения экономического стимулирования.

Экономические кризисы XX в. были связаны с искажающим эффектом монетарной политики, проводимой правительствами, а не с так называемыми провалами рынка.

Тем не менее центральный банк не обязательно должен был бы немедленно прекратить свою деятельность. В конкуренции с коммерческими банками и другими частными производителями денег он будет иметь сильный стимул обеспечивать граждан стабильной валютой.

Мониторинг криптовалют в значительной степени опирается на общедоступные агрегированные данные третьих сторон. Большая часть агрегированной информации размещена на общедоступных веб-сайтах. Например, показатели для сетей блокчейна, оценки рыночной капитализации, цены и объемы торговли, а также средства, собранные в первоначальных предложениях монет (ICO). Эти источники различаются в зависимости от используемых методологий, полноты охвата и доступа к базовой исходной информации.

Обработка исходной информации (когда она доступна) также окружена неопределенностью, связанной с отсутствием (только частичным) регулирования, относящегося к различным участникам цепочки создания стоимости криптоактивов, которые работают в среде без границ.

Тем не менее обработка данных позволяет осуществлять некоторый контроль качества данных. Помимо общедоступных источников, статистические и контрольные механизмы отчетности обычно не охватывают криптовалюты.

Для построения структуры мониторинга криптовалют на этой основе требуется осторожность при обработке доступных данных и поэтапный подход к заполнению текущих пробелов.

Потребности в мониторинге будут периодически пересматриваться, чтобы гарантировать, что структура мониторинга по-прежнему актуальна и усилия по мониторингу остаются пропорцио-



нальными потенциальным рискам, связанным с изменяющимися размерами рынка и ценовыми изменениями отдельных криптовалют, а также связями между криптовалютами и финансовой системой.

После рекордного максимума капитализации в 650 млрд евро в январе 2018 г. и последующей резкой коррекции рыночная капитализация криптовалют снизилась до 96 млрд евро в январе 2019 г. Она двигалась в тандеме с ценами на активы, о чем свидетельствует цена биткойна, чья корреляция с общей рыночной капитализацией составляет 95%. В относительном выражении рыночная капитализация криптовалют составляет 4% от рыночной капитализации акции и 1% — ВВП еврозоны.

Этот пузырь криптовалют меньше по размеру, чем пик двух основных прошлых пузырей — доткомов и субстандартных ипотечных ценных бумаг. По сравнению с денежными агрегатами стоимость криптовалют составляет 1,2% от еврозоны М1 и 0,8% — от денежных агрегатов М3. Биткойн продолжает лидировать в сфере криптоактивов с точки зрения рыночной капитализации, пользовательской базы и популярности.

Хотя биткойн потерял некоторые позиции по сравнению с другими криптовалютами за последние два года из-за усиления конкуренции и неопределенности относительно успеха различных бизнес-моделей, лежащих в их основе, его рыночная доля восстановилась в течение 2018 г. и в настоящее время составляет 54%.

Для сравнения, на пике пузыря доткомов индекс NASDAQ был в четыре раза выше, чем три года назад. За последние два года историческая волатильность криптовалют затмила не только волатильность диверсифицированных европейских рынков акций и облигаций, но и волатильность цен на нефть и золото, подчеркивая рыночный риск, которому подвержены инвесторы в криптовалюты.

По сравнению с началом 2018 г., когда несколько криптовалют испытали пик цен, волатильность стала меньше. Интересно отметить, что биткойн не так изменчив, как другие

криптовалюты, что потенциально отражает более широкую базу инвесторов и относительно более высокий срок существования в качестве актива.

## ВЫВОДЫ

Как видно, степень настойчивости меняется со временем и колеблется вокруг среднего. Временная вариация особенно очевидна в случае с Litecoin, показатель которого значительно снизился: с 0,70 в 2015 г. до 0,40 в 2018 г. Это свидетельствует об адаптивности рынка: через 2–3 года он стал более ликвидным, а количество участников и объемы торговли выросли.

Денежная система на основе цифровой валюты может показаться привлекательной, так как она предоставляет возможность ограничить роль центрального банка. Более высокие транзакционные издержки на рынках влияют на способность трейдеров действовать быстро, что приводит к неэффективности рынка.

В результате исследования обнаружено, что неликвидные криптовалюты проявляют сильную обратную антиперсистентность в виде низкого коэффициента Херста.

Исследование выявило цикличность динамики цен криптовалют. Изучена степень сформированности рынка: доказано, что рынок криптовалют перешел в новую стадию развития, что подтверждено снижением волатильности всех ликвидных криптовалют. Выявлены потенциальные риски, имеющие долгосрочную положительную связь с финансовой стабильностью рынка криптовалют.

Сделан вывод, что вполне реалистичным было бы частичное использование цифровой валюты при осуществлении денежно-кредитной политики Банком России, который мог бы таким образом смягчить деловой цикл и контролировать уровень инфляции.

В случае принятия закона «О цифровых финансовых активах» и легализации криптовалют в России после экономического кризиса, вызванного пандемией Covid-19, Банк России мог бы действовать как кредитор последней инстанции, предлагая кредиты в криптовалюте.

## БЛАГОДАРНОСТЬ

Статья подготовлена по результатам исследований, выполненных за счет бюджетных средств по государственному заданию Финансового университета. Финансовый университет, Москва, Россия.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The article is based on the results of research carried out at the expense of budget funds on the state task of the Financial University. Financial University, Moscow, Russia.

## REFERENCES

1. Henry C. S., Huynh K. P., Nicholls G. Bitcoin awareness and usage in Canada. *Journal of Digital Banking*. 2018;2(4):311–337.
2. Böhme R., Christin N., Edelman B., Moore T. Bitcoin: Economics, technology, and governance. *Journal of Economic Perspectives*. 2015;29(2):213–238. DOI: 10.1257/jep.29.2.213
3. Antonopoulos A. M. *Mastering Bitcoin: Unlocking digital cryptocurrencies*. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, Inc.; 2014.
4. Kroll J. A., Davey I. C., Felten E. W. The economics of Bitcoin mining, or Bitcoin in the presence of adversaries. In: 12<sup>th</sup> Workshop on the economics of information security — WEIS2013 (Washington, DC, June 11–12, 2013). Washington, DC: Georgetown University; 2013. URL: <https://www.econinfosec.org/archive/weis2013/papers/KrollDaveyFeltenWEIS2013.pdf>
5. Javarone M. A., Wright C. S. From Bitcoin to Bitcoin cash: A network analysis. In: CryBlock'18: Proc. 1<sup>st</sup> Workshop on cryptocurrencies and Blockchains for distributed systems (Munich, June 15, 2018). New York: Association for Computing Machinery; 2018:77–81. DOI: 10.1145/3211933.3211947
6. Swan M. *Blockchain: Blueprint for a new economy*. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, Inc.; 2015.
7. Kristoufek L. What are the main drivers of the Bitcoin price? Evidence from wavelet coherence analysis. *PLoS ONE*. 2015;10(4). DOI: 10.1371/journal.pone.0123923
8. Ciaian P., Rajcaniova M., Kancs D. The economics of BitCoin price formation. *Applied Economics*. 2016;48(19):1799–1815. DOI: 10.1080/00036846.2015.1109038
9. ElBahrawy A., Alessandretti L., Kandler A., Pastor-Satorras R., Baronchelli A. Evolutionary dynamics of the cryptocurrency market. *Royal Society Open Science*. 2017;4(11). DOI: 10.1098/rsos.170623
10. Guo T., Antulov-Fantulin N. Predicting short-term Bitcoin price fluctuations from buy and sell orders. 2018. URL: [https://www.researchgate.net/publication/323141771\\_Predicting\\_short-term\\_Bitcoin\\_price\\_fluctuations\\_from\\_buy\\_and\\_sell\\_orders](https://www.researchgate.net/publication/323141771_Predicting_short-term_Bitcoin_price_fluctuations_from_buy_and_sell_orders)
11. Evans D. Economic aspects of Bitcoin and other decentralized public-ledger currency platforms. Coase-Sandor Institute for Law & Economics Working Paper. 2014;(685). URL: [https://chicagounbound.uchicago.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=2349&context=law\\_and\\_economics](https://chicagounbound.uchicago.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=2349&context=law_and_economics)
12. Krause M. Bitcoin: Implications for the developing world. CMC Senior Theses Paper. 2016;(1261). URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/95b1/b3059752517e0da4ff82b1777707b8bb4f67.pdf>
13. Reid F., Harrigan M. An analysis of anonymity in the Bitcoin system. In: Altshuler Y., Elovici Y. et al., eds. *Security and privacy in social networks*. New York: Springer-Verlag; 2013:197–223.
14. Tasca P., Hayes A., Liu S. The evolution of the Bitcoin economy: Extracting and analyzing the network of payment relationships. *Journal of Risk Finance*. 2018;19(2):94–126. DOI: 10.1108/JRF-03–2017–0059
15. Foley S., Karlsen J., Putnin T. J. Sex, drugs, and Bitcoin: How much illegal activity is financed through cryptocurrencies? *Review of Financial Studies*. 2019;32(5):1798–1853. DOI: 10.1093/rfs/hhz015
16. Lischke M., Fabian B. Analyzing the Bitcoin network: The first four years. *Future Internet*. 2016;8(1). DOI: 10.3390/fi8010007
17. Androulaki E., Karame G. O., Roeschlin M., Scherer T., Capkun S. Evaluating user privacy in Bitcoin. In: Sadeghi A. R., ed. *International conference on financial cryptography and data security — FC2013* (Okinawa, Apr. 1–5, 2013). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag; 2013:34–51. URL: <https://eprint.iacr.org/2012/596.pdf>
18. Nyangarika A., Mikhaylov A., Richter U. Influence oil price towards economic indicators in Russia. *International Journal of Energy Economics and Policy*. 2019;9(1):123–129. DOI: 10.32479/ijeep.6807
19. Nyangarika A., Mikhaylov A., Richter U. Oil price factors: Forecasting on the base of modified autoregressive integrated moving average model. *International Journal of Energy Economics and Policy*. 2019;9(1):149–159. DOI: 10.32479/ijeep.6812
20. Mikhaylov A. Volatility spillover effect between stock and exchange rate in oil exporting countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*. 2018;8(3):321–326. URL: <http://zbw.eu/econis-archiv/bitstream/handle/11159/2130/1028136102.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
21. Koshy P., Koshy D., McDaniel P. An analysis of anonymity in Bitcoin using P2P network traffic. In: Christin N., Safavi-Naini R., eds. *International conference on financial cryptography and data security — FC2014* (Christ Church, Barbados, Mar. 3–7, 2014). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag; 2014:469–485. URL: <https://www.freehaven.net/anonbib/cache/bitcoin-p2p-anon.pdf>

22. Biryukov A., Khovratovich D., Pustogarov I. Deanonymisation of clients in Bitcoin P2P network. In: Proc. 2014 ACM SIGSAC conference on computer and communications security. New York: Association for Computing Machinery; 2014:15–29. DOI: 10.1145/2660267.2660379
23. Decker C., Wattenhofer R. Bitcoin transaction malleability and MtGox. In: Kutyłowski M., Vaidya J., eds. 19<sup>th</sup> European symposium on research in computer security — ESORICS2014 (Wrocław, Sept. 7–11, 2014). Cham: Springer-Verlag; 2014:313–326. DOI: 10.1007/978-3-319-11212-1\_18
24. Nick J. D. Data-driven de-anonymization in Bitcoin. Master's thesis. 2015. URL: <https://jonasnick.github.io/papers/thesis.pdf>
25. Puri V. Decrypting Bitcoin prices and adoption rates using Google search. CMC Senior Theses Paper. 2016;(1418). URL: [https://scholarship.claremont.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2379&context=cmc\\_theses](https://scholarship.claremont.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2379&context=cmc_theses)
26. Neudecker T., Hartenstein H. Could network information facilitate address clustering in Bitcoin? In: Brenner M., Rohloff K. et al., eds. International conference on financial cryptography and data security — FC2017 (Sliema, Malta, Apr. 3–7, 2017). Cham: Springer-Verlag; 2017:155–169. URL: <https://fc17.ifca.ai/bitcoin/papers/bitcoin17-final11.pdf>
27. Doll A., Chagani S., Kranch M., Murti, V. btctrackr: Finding and displaying clusters in Bitcoin. 2014. URL: <https://www.cs.princeton.edu/~arvindn/teaching/spring-2014-privacy-technologies/btctrackr.pdf>
28. Remy C., Rym B., Matthieu L. Tracking Bitcoin users activity using community detection on a network of weak signals. In: Cherifi C., Cherifi H. et al., eds. 6th International conference on complex networks and their applications — COMPLEX NETWORKS2017 (Lyon, Nov. 29. Dec. 01, 2017). Cham: Springer-Verlag; 2017:166–177. DOI: 10.1007/978-3-319-72150-7\_14
29. Manning C. D., Raghavan P., Schütze H. Introduction to information retrieval. New York: Cambridge University Press; 2008.
30. Tinbergen J. Shaping the world economy: Suggestions for an international economic policy. New York: The Twentieth Century Fund; 1962.
31. Goldberger A. S. The interpretation and estimation of Cobb-Douglas functions. *Econometrica*. 1968;36(3/4):464–472. DOI: 10.2307/1909517
32. Bergstrand J. H. The gravity equation in international trade: Some microeconomic foundations and empirical evidence. *The Review of Economics and Statistics*. 1985;67(3):474–481. DOI: 10.2307/1925976
33. Lewer J. J., Van den Berg H. A gravity model of immigration. *Economics Letters*. 2008;99(1):164–167. DOI: 10.1016/j.econlet.2007.06.019
34. Carrère C. Revisiting the effects of regional trade agreements on trade flows with proper specification of the gravity model. *European Economic Review*. 2006;50(2):223–247. DOI: 10.1016/j.eurocorev.2004.06.001
35. Silva J. S., Tenreiro S. The log of gravity. *The Review of Economics and Statistics*. 2006;88(4):641–658. DOI: 10.1162/rest.88.4.641
36. Hasti T., Tibshirani R., Friedman J. The elements of statistical learning: Data mining, inference, and prediction. 1<sup>st</sup> ed. New York: Springer-Verlag; 2001.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ / ABOUT THE AUTHOR



**Алексей Юрьевич Михайлов** — кандидат экономических наук, заместитель директора Научно-исследовательского центра денежно-кредитных отношений, Финансовый университет, Москва, Россия

**Aleksei Yu. Mikhailov** — Cand. Sci. (Econ.), Deputy Director Research Center of Monetary Relations, Financial University, Moscow, Russia  
AYUMihajlov@fa.ru

*Статья поступила в редакцию 07.10.2019; после рецензирования 12.01.2020; принята к публикации 04.04.2020. Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.*  
*The article was submitted on 07.10.2019; revised on 12.01.2020 and accepted for publication on 04.04.2020. The author read and approved the final version of the manuscript.*