DOI: 10.26794/2587-5671-2018-22-2-66-89
УДК 336(045)
JEL E62

Сравнительный анализ волатильности криптовалют и фиатных денег

Г.О. Крылов,
Финансовый университет, Москва, Россия
https://orcid.org/0000-0001-8145-1994

А.Ю. Лисицын,
Национальная ассоциация форекс-дилеров, Москва, Россия
https://orcid.org/0000-0002-4520-0263

Л.И. Поляков,
ООО «Контакт Информ», Москва, Россия
http://orcid.org/0000-0002-4690-2662

АННОТАЦИЯ

В статье дается сравнительный анализ волатильности ведущих национальных фиатных валют и их транснациональных анонимных аналогов, получивших сленговое название «криптовалюта». Волатильность — важнейший финансовый показатель в процессах управления финансовыми потоками как мера риска использования финансового инструмента на заданном промежутке времени. Технология добычи криптовалюты доступна широким слоям населения и стала инновационным феноменом. Новейшие финансовые явления необходимо исследовать, поэтому требуется проведение многостороннего научного анализа, идентификации и сопоставления криптовалюты с фиатной валютой.

Цель исследования — получение новых оценок криптовалюты на основе применения таких инструментов, как GARCH-модель, простая историческая волатильность (SHV) и разработанного авторского инструментария, в основе которого лежит метод Чайкина.

Методической основой исследования являются логические, эконометрические, экономико-статистические методы анализа, технического и фундаментального анализа и методы научной визуализации. Расчетные оценки волатильности проведены на основе данных Центробанка по курсам валют и исследованы на трех приведенных моделях.

В статье впервые приводятся результаты сравнения волатильности как ведущих фиатных валют (доллара США, евро, китайского юаня и японской йены), так и наиболее популярных на сегодняшний день так называемых криптовалют (бикойн, лайткойн, эфириум и монеро). Расчетная оценка волатильности показала, что пока криптовалюта имеет волатильность существенно выше, чем фиатные деньги. В связи с этим делается вывод, что признание криптовалюты, в частности биткойна, денежным средством — преждевременно не только из-за отсутствия нормативных правовых актов о равноправии определенной криптовалюты с фиатными деньгами, но и по признакам нарушения существенных требований к свойствам валюты, таких как низкий уровень волатильности.

Ключевые слова: криптовалюта; блокчейн; оценка волатильности; методы оценки; волатильность; оценка; фиатная валюта; финансовый анализ; цифровая экономика

Для цитирования: Крылов Г.О., Лисицын А. Ю., Поляков Л.И. Сравнительный анализ волатильности криптовалют и фиатных денег. *Финансы: теория и практика.* 2018;22(2):66-89. DOI: 10.26794/2587-5671-2018-22-2-66-89

DOI: 10.26794/2587-5671-2018-22-2-66-89
UDC 336(045)
JEL E62

Comparative Analysis of Volatility of Cryptocurrencies and Fiat Money

G.O. Krylov,
Financial University, Moscow, Russia
http://orcid.org/0000-0001-8145-1994

A.Yu. Lisitsyn,
National Association of Forex-dealers, Moscow, Russia
https://orcid.org/0000-0002-4520-0263

L.I. Polyakov,
"Kontakt Inform" Ltd., Moscow, Russia
http://orcid.org/0000-0002-4690-2662

ABSTRACT

The article provides a comparative analysis of the volatility of the leading national fiat currencies and their transnational anonymous analogues, which received the slang name "cryptocurrency". Volatility is the most important financial indicator in the management of financial flows, as a measure of the risk of using a financial instrument at a specified period of time. Cryptocurrency mining technology is available to the general public and has become an innovative phenomenon. The latest financial phenomena need to be investigated, so it is necessary to conduct a multilateral scientific analysis, identification, and comparison of cryptocurrency with fiat currency. The aim of this study is to obtain new estimates of cryptocurrency based on the use of tools such as GARCH-model, simple historical volatility (SHV) and developed by the author's toolkit, which is based on the Chaikin method. The methodological basis of the research is logical, econometric, economic and statistical methods of analysis, technical and fundamental analysis, and method of scientific visualization. The calculated volatility estimates are based on the Central Bank's data on currency rates and investigated using named three models. The article for the first time presents the results of comparison of volatility of the leading fiat currencies (US dollar, euro, Chinese yuan and Japanese yen) and the most popular today so-called cryptocurrencies (bicoin, litecoin, ethereum, and monero). Estimation of volatility showed that the volatility of bitcoin is significantly higher than fiat money. In this regard, it is concluded that the recognition of cryptocurrency, in particular bitcoin, as a real money is premature, not only due to the lack of regulations of a certain cryptocurrency as a legal tender, but also on the grounds of violation of essential requirements for the properties of the currency, such as a low level of volatility.

Keywords: cryptocurrency; blockchain; volatility; volatility estimation; estimation methods; fiat currency; financial analysis; digital economy

For citation: Krylov G.O., Lisitsyn A.Y., Polyakov L.I. Comparative analysis of volatility of cryptocurrencies and fiat money. *Finansy: teoriya i praktika = Finance: Theory and Practice*. 2018;22(2):66-89. DOI: 10.26794/2587-5671-2018-22-2-66-89

ВВЕДЕНИЕ

В 2008 г. 18 августа было зарегистрировано доменное имя bitcoin.or, а уже 31 октября был опубликован документ "Bitcoin P2P e-cash paper", который представил миру цифровой товар Биткойн (bit — единица измерения количества информации, coin — монета), получивший название виртуальной валюты (криптовалюты)[1].

Биткойн [1] — это децентрализованная одноранговая пиринговая система цифровой виртуальной валюты (***криптовалюты***), в которой ***ключевой инновацией является блокчейн*** (от. англ. Blockchain — цепочка блоков). По сути блокчейн представляет собой специализированную распределенную базу данных, предназначенную для обработки упорядоченной во времени информации о финансовых транзакциях [2].

По словам Ника Сабо (Nick Szabo), изобретателя идеи смарт-контрактов, «настоящие финансовые инструменты уже в некоторой степени децентрализованы благодаря «человеческому блокчейну», состо-

[1] URL: http://ru.bitcoinwiki.org/%D 0%98%D 1%81%D 1%82% D 0%BE%D 1%80%D 0%B 8%D 1%8F_Bitcoin (дата обращения: 10.05.2017).

ящему из бухгалтеров, аудиторов и т.п., проверяющих работу друг друга» [3].

С 2014 г. тема баз данных на основе блокчейнов стала популярной среди банков и других финансовых учреждений. Было анонсировано несколько прототипов и моделей с использованием технологии блокчейна. В некоторых случаях блокчейн биткойна используется напрямую. Приведем несколько примеров.

- Эстонский LHV Bank тестирует Cuber (Cryptographic Universal Blockchain Entered Receivables) — систему платежей, основанную на окрашенных монетах (от. англ.— colored coins), организованных поверх биткойновского блокчейна [4].
- Аналогично биржа NASDAQ планирует использовать один из протоколов покраски биткойнов Open Assets Protocol для обеспечения полного цикла управления ценными бумагами [5, 6].
- Крупнейший французский банк BNP Paribas, по некоторым сведениям, исследует возможные способы интегрировать биткойн в валютные запасы банка [7].
- Британский банк Barclays заключил партнерство с биткойновской биржей Safello для исследования возможных приложений блокчейн-технологии в финансовом секторе [8].
- Goldman Sachs опубликовал отчет «Будущее финансов: революция способов оплаты в грядущем десятилетии», в котором подразумевается, что биткойн и криптовалюты в целом могут изменить платежную экосистему [9]. Goldman Sachs также принял участие в финансировании общим объемом 50 млн долларов биткойновского стартапа Circle [9].

ОБЗОР ПОПУЛЯРНЫХ КРИПТОВАЛЮТ

В статье рассмотрены наиболее популярные криптовалюты, входящие в первую пятерку, на предмет оценки их волатильности.

Bitcoin (BTC) — это исторически первая криптовалюта, система которой была запущена 9 января 2009 г. Ее создатель — якобы Сатоши Накамото. В системе Bitcoin все платежи являются открытыми, и каждый пользователь может посмотреть, куда и сколько отправляется виртуальных монет. Однако для безопасности шифруются и реальные отправители, и получатели. Bitcoin очень часто сравнивают с золотом в финансовом мире [10–13].

Litecoin. Если Bitcoin называют золотом в мире криптовалют, то Litecoin (Лайткоин) — серебром. Litecoin запущен в оборот 7 октября 2011 г. на базе технологии Bitcoin. Создатель Чарли Ли предложил альтернативу BTC. В отличие от первоисточника в Лайткоине сокращено время подтверждения транзакции. Благодаря цепочке блоков количество транзакций, которые может обрабатывать система, значительно увеличено.

Ethereum. В русскоязычном сегменте пользуется особой популярностью как «Эфир». Разработан русским программистом Виталиком Бутериным. Впервые идею создания Ethereum автор высказал в журнале “BitcoinMagazine” в конце 2013 г., в этом же году успешно прошла презентация валюты. После этого начался активный сбор денег на специализированных площадках для создателей стартапов.

Monero. Монеро входит в пятерку лидеров по капитализации. В отличие от биткоина в этой валюте отсутствует ограничение на эмиссию со стороны пользователей. Система была запущена 25 апреля 2014 г. с целью максимальной анонимности платежей. Главная особенность этой криптовалюты — использование протокола CryptoNote. Суть протокола сводится к тому, что платежи перемешиваются и сливаются между собой, после чего их довольно сложно отследить. Из недостатков можно выделить более слабую защищенность по сравнению с биткойном.

На сегодняшний день число криптовалют исчисляется тысячами, однако в подавляющем большинстве все они являются клонами с некоторыми доработками и изменениями самых популярных систем, таких как Bitcoin и Litecoin.

Блокчейн обладает колоссальной возможностью в области повышения уровня кибербезопасности [14] и защиты финансовых сетей от хакерских атак, так как использует механизм согласования Proof-of-work — «доказательство выполнения работы» (PoW). Механизм PoW предотвращает проблему мошенничества двойного расхода в сети, пресекая требования вторичной оплаты и отрицая успешность предыдущей транзакции. Механизм «доказательства выполнения работы» решает проблему безопасности вторичной оплаты за счет сетевых майнеров, которые отыскивают криптографические доказательства при помощи своего оборудования. Механизм доказательства выполнения работы зависит от потребления ресурсов электроэнергии и вычислительной мощности, но это единственный известный механизм предотвращения атак, при которых хакер, как правило, получает ресурсы незаконно.

МЕТОДОЛОГИЯ

В статье представлены некоторые промежуточные результаты инициативной межвузовской научно-исследовательской работы, выполненной на кафедре «Финансовый мониторинг» НИЯУ МИФИ (Г. О. Крылов, Л. И. Поляков, Д.М.Сат) и на

кафедре «Информационная безопасность» Финансового университета (И.А. Шеремет, Г.О. Крылов, Ю.М. Бекетнова), полученные на основе ранее выполненных работ [15–19]. В качестве научно-методического аппарата использовался инструментарий фундаментального и технического анализа рынков, кластерного и факторного анализа, нейронных сетей и др. Волатильность тестировалась на основе модели SHV (SimpleHistoricalVolatility) — простой исторической волатильности, путем расчета методом простой (равно взвешенной) скользящей средней, модели авторегрессионной условной гетероскедастичности, или сокращенно — ARCH (Autoregressive Conditional Heteroscedastic, автор — Роберт Ингл, 1982 г.), модели GARCH (Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic, автор метода — Тим Боллерслев, 1986 г.), модели или осциллятора ChaikinVolatility (разработана трейдером Марком Чайкиным в качестве индикатора для анализа момента линии накопления-распределения). Индикатор волатильности Чайкина (CHV) позволяет определить разницу между максимумом и минимумом курса в одном временном промежутке [20]. При помощи метода Чайкина можно проводить качественный анализ диапазонов изменения максимумов и минимумов. Но CHV не позволяет учитывать расчет курсовых разрывов. Это скорее относится к недостаткам.

Метод позволяет рассмотреть рост волатильности на коротком временном отрезке (трех- и десятидневном), при большей вероятности приближения курса валют к своему минимуму или максимуму. При падении волатильности на средних и длительных периодах считается, что курс достиг своей точки (минимума/максимума).

Данный метод позволяет генерировать сигналы на основе пересечения нулевой линии для более низких/высоких минимумов стоимостных курсов на графике, а также более высоких/низких максимумов на графике индикатора-осциллятора, указывающих на разворот направленного курса вверх[2] /вниз[3].

Задача по расчету волатильности криптовалют в сравнении с фиатными валютами требует системного подхода. Для ее решения использовался метод скользящей средней. Исходные данные по курсу криптовалют снимались с общедоступных сайтов[4] и переносились в таблицу, данные курса фиатных валют (доллар, евро, юань) брались из базы данных Банка России[5].

Волатильность была рассчитана по исходным данным за период 2013–2017 гг.

При определении волатильности за год на основе имеющихся дневных данных допускается существенная погрешность, так как стандартное отклонение следует процессу “mean reversion” (возвращение к среднему). В этом случае в долгосрочной перспективе волатильность испытывает колебания вокруг среднего значения (минимальные значения возрастают, а максимальные понижаются, стремясь приблизиться к среднему). В связи с этим для расчета волатильности взят интервал времени 10 торговых дней, длительность года — количество торговых дней — принята равной 250 дням (с учетом выходных и праздничных дней). Относительная волатильность определяется как стандартное отклонение ежедневных изменений курса за 10 дней, отнесенное к среднему значению курса за этот период и деленное на квадратный корень из 10/250, равный 0,2.

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДОЛОГИИ

Для реализации автоматизированных расчетов по волатильности валют было разработано программное обеспечение на языке программирования СИ++ на платформе Visual Studio 2017 применительно к операционной системе Windows.

В программе были реализованы:

- методы SHV, GARCH(1,1) и метод Чайкина, которые приведены выше;
- графическое отображение информации по табличным данным, реализованной в библиотеке Math.net, пример отображен на *рис. 1*;
- выгрузка в Excel и в базу данных MySQL;
- выгрузка данных из Excel и из базы данных, пример отображен на *рис. 2, 3*;
- математическая модель, выполненная с помощью библиотеки СИ++ — Math.net.

Для автоматизации расчетов и удобства ее использования аналитиками была разработана база данных. В реализованной базе данных хранятся и загружаются все курсы запрошенных фидуциарных (фиатных) валют и криптовалют. Была реализована возможность выгрузки данных, которую можно использовать удаленным способом по сети Интернет. В программе используется база данных MySql, которая развернута на операционной системе Ubunta.

[2] Разворот тренда вверх — это модель бычьей дивергенции.

[3] Разворот тренда вниз — это модель медвежьей дивергенции.

[4] Например, http://www.eurasiangroup.org/ru/ (дата обращения: 10.05.2017). Crypto Currency_ http://www.cryptocurrencychart.com/ (дата обращения: 11.05.2017).

[5] http://www.cbr.ru/-currency_base/dynamics.aspx/ (дата обращения: 12.05.2017).

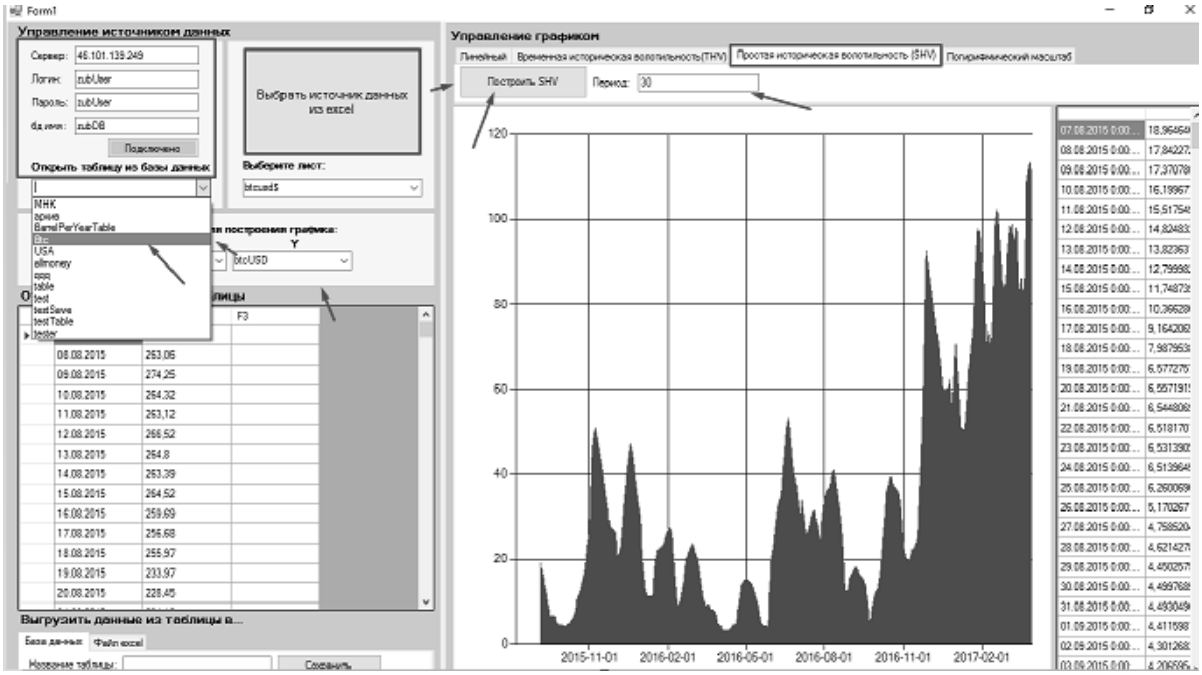

Рис. 1 / Fig. 1. **Графическое отображение расчетов / Graphical display of the calculations**

Источник / Source: скриншот экрана рабочей программы / screenshot of the working program.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Расчет исторической волатильности доллара США за период с января 2013 по март 2017 г. проводился на основании данных об изменении курса доллара к рублю. Расчет исторической волатильности других фиатных валют (евро, японской йены и китайского юаня), а также биткойна за тот же период проводился на основании данных об изменении курсов этих валют по отношению к доллару. Волатильность криптовалют лайткоин, монеро, эфириум рассчитывалась за период с 2015 по март 2017 г.

Расчет проводился методом простой исторической волатильности (Simple-Historical-Volatility, SHV). На *рис. 4–11* представлены графики изменения курсов и волатильности рассматриваемых валют за указанные периоды, а в *табл. 1–7* — результаты расчетов.

Рассматриваемые данные криптовалют Ethereum, Litecoin, Monero имеются за период с 2015 г. Волатильность этих криптовалют рассчитывается за 2015–2017 гг. по отношению к курсу доллара (*табл. 6*) на основании данных, полученных с графиков, опубликованных на сайте time-forex.com/skripty/raschet-volatilnosti.

Как видно из расчета, для криптовалюты характерен не просто плавающий, а свободно плавающий режим валютного курса, который, в свою очередь, устанавливается как результат спроса и предложения на валютном рынке.

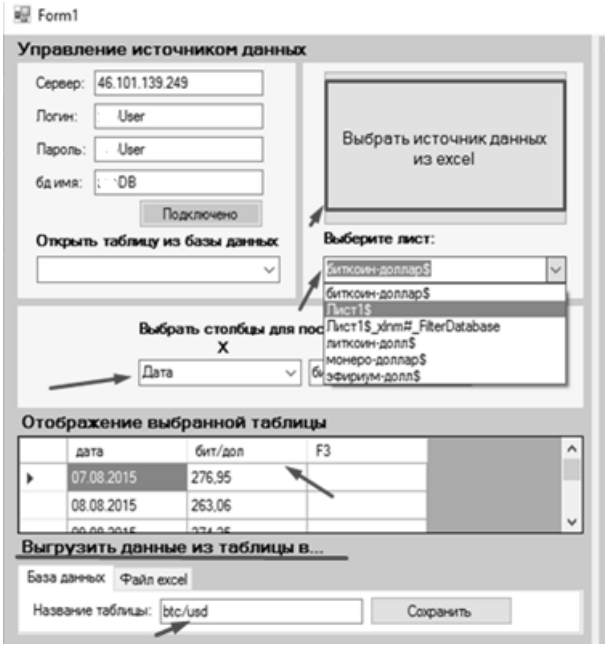

Рис. 2 / Fig. 2. **Пример занесения в базу данных / An example entry in the database**

Источник / Source: скриншот экрана рабочей программы / screenshot of the working program.

Рассматривая приведенные в *табл. 1–7* результаты расчетов волатильности методом SHV, можно с уверенность сказать, что волатильность доллара в 2014 и 2015 гг. составляла ~6–7%, в остальные года изучаемого периода — ниже 5% (максимальные

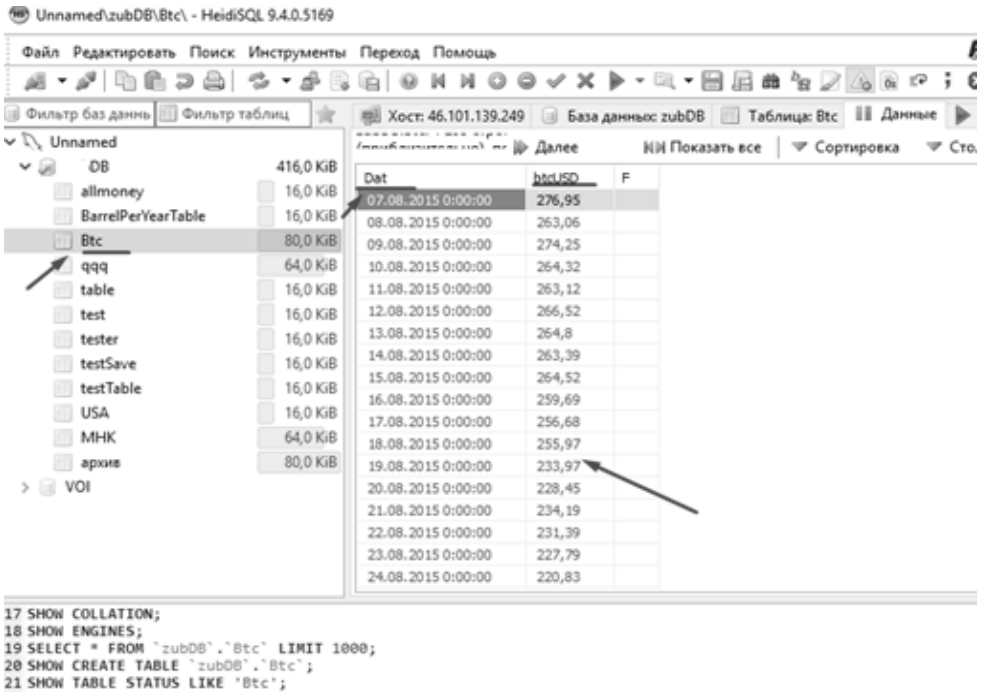

Рис. 3 / Fig. 3. **Пример интерфейса базы данных / The example of database interface**

Источник / Source: скриншот экрана рабочей программы / screenshot of the working program.

значения волатильности достигали ~30–40%, что было вызвано резким падением курса рубля в этот период).

Средняя волатильность пары Евро-Доллар не превышает 4%, а максимальная — ниже 6%. Пара Йена-Доллар имеет среднюю волатильность меньше 5%, при этом максимальная не превышает 9%. Пара Юань-Доллар имеет среднюю волатильность за весь рассматриваемый период меньше 1%, и только в августе 2015 г. и январе-феврале 2016 г. значения волатильности превышали 2%.

Биткойн в 2013 г. имел волатильность более 30%, в 2014 г.— 23%, в 2015 — ~14%, в 2016 г.— чуть меньше 7%, в 2017 г. (за период трех месяцев) — ~13%. При этом максимальные значения волатильности достигали в 2013–2014 гг. ~130–140%, а в 2015, 2016 и 2017 гг.— ~60, 20 и 15% соответственно.

Лайткоин в 2015 г. располагал волатильностью больше 20%, в 2016 г.— ~9%, в 2017 г. (за три месяца) — ~14%. Максимальные значения в эти же периоды достигали ~80, 35 и 60%.

Монеро в 2015 г. имел волатильность ~27%, в 2016 — ~33%, в 2017 (за три месяца) — ~33%. Максимальные в эти же периоды достигали ~70, 120 и 85%.

Эфириум в 2015 г. имел волатильность ~36%, в 2016 — ~ 30%, в 2017 (за период трех месяцев) — ~31%. При этом максимальные значения достигали ~118, 85 и 80% соответственно.

На основании проведенного анализа следует заключить, что большую волатильность из криповалют в 2017 г. имеют Ethereum и Monero, из фиатных денег — пара Доллар-Рубль. Волатильность фиатных валют гораздо ниже, чем рассматриваемых криптовалют, несмотря на то, что волатильность биткойна снижается.

Из фиатных валют на первое место претендует Юань, на второе — Евро, третье место поделили Йена и Доллар. Следует учитывать, что наличие большого объема торговли по криптовалютам не всегда может указывать на дальнейшее сильное движение цены. Цена криптовалют, в отличие от фиатных валют, реагирует на мировые события, но бывают определенные ситуации, в которых произошедшие события не влияют на цену, которая остается изменчивой согласно техническому анализу, либо может служить фактором воздействия торговых терминалов [21].

К событиям относится политическая нестабильность, которая влияет на стоимостной курс валютных пар, но волатильность на рынке может измениться. Изменение волатильности может зависеть от привлечения крупных банков. Существует предположение, что многие крупные игроки на рынках совершают маневры по покупке или продаже больших сумм с целью получения прибыли.

Рассматривая эти важные факторы и влияние событий на валютные пары и криптовалюту, следует отметить, что валютные пары отстают от событий, в то время как криптовалюта совершает колоссальные скачки.

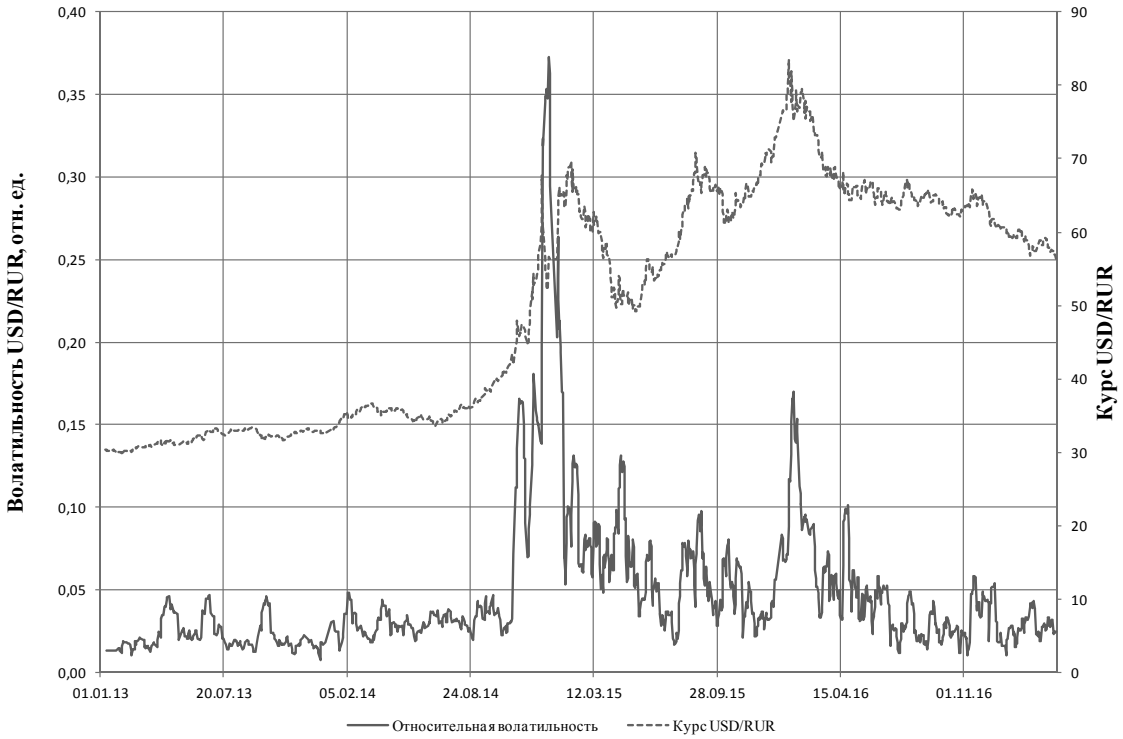

Рис. 4 / Fig. 4. **Изменение курса и волатильности доллара / Changes in dollar's exchange rate and volatility**

Источник / Source: результат авторской визуализации расчетов по данным http://www.cbr.ru/currency_base/dynamics.aspx за соответствующие годы (дата обращения: 10.05.2017) / results of author's visualization of data calculations http://www.cbr.ru/currency_base/dynamics.aspx for the relevant years (accessed 10.05.2017).

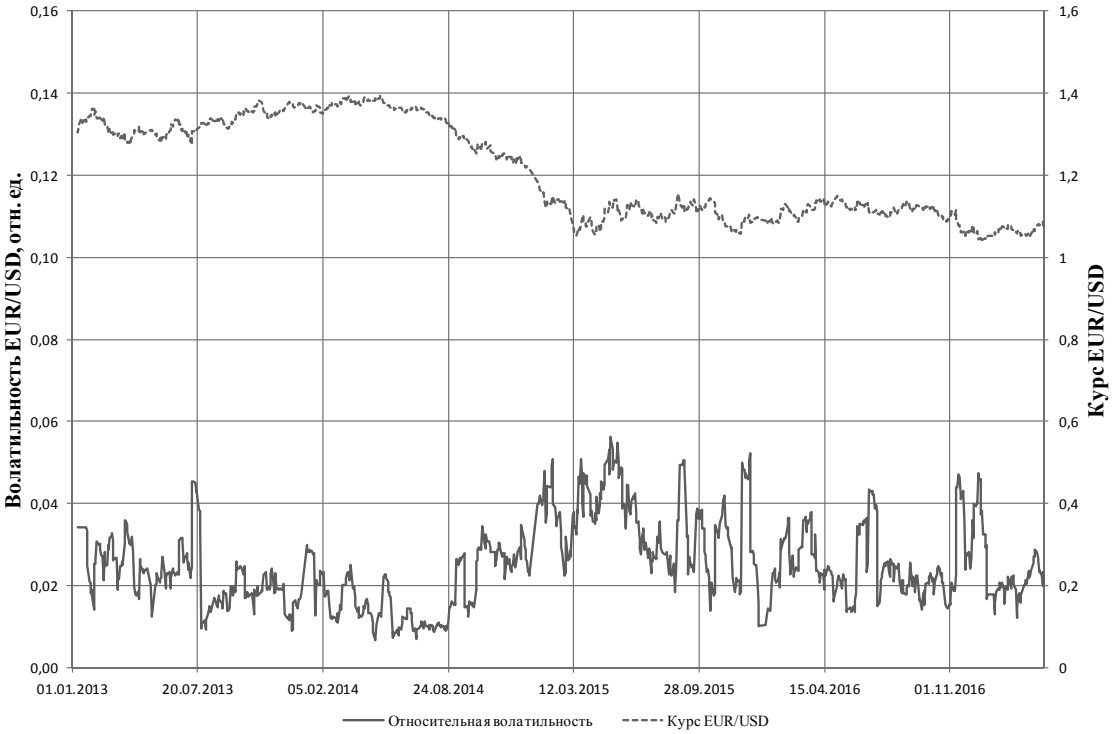

Рис. 5 / Fig. 5. **Изменение курса и волатильности евро в 2013–2017 гг. / Changes in euro's exchange rate and volatility in 2013–2017**

Источник / Source: результат авторской визуализации расчетов по данным CBR base http://www.cbr.ru за соответствующие годы (дата обращения: 10.05.2017) / the result of the author's visualization of the calculations according to the CBR base http://www.cbr.ru for the relevant years (accessed: 10.05.2017).

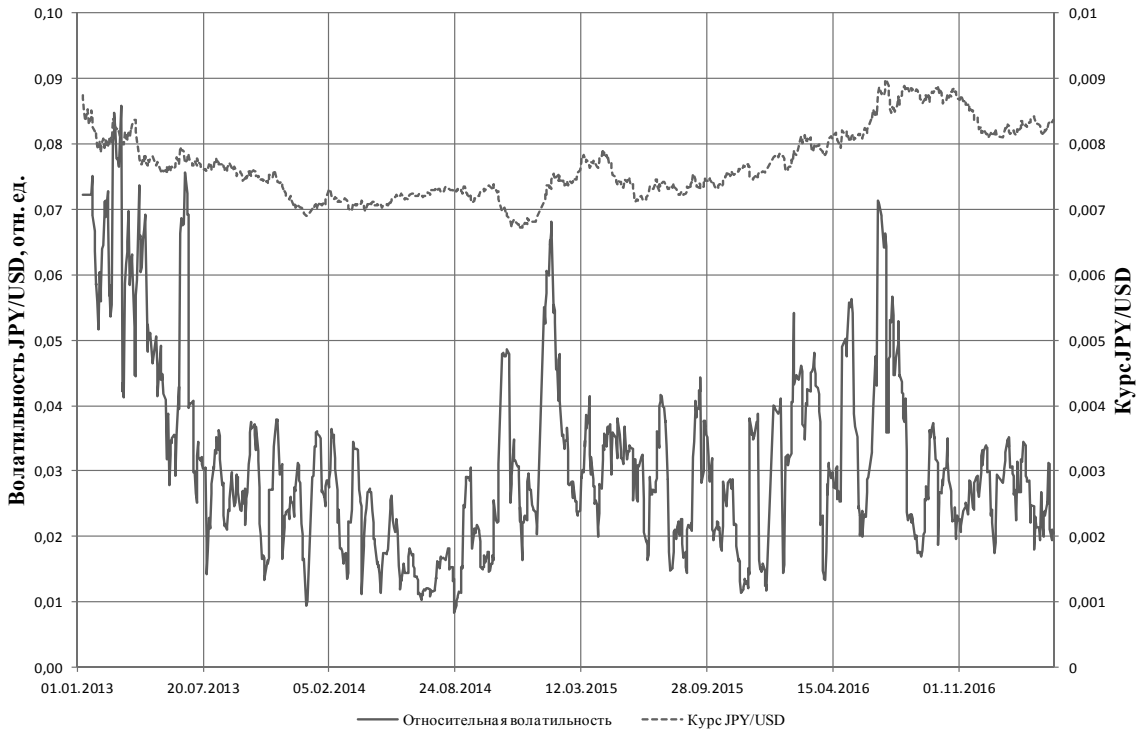

Рис. 6 / Fig. 6. **Изменение курса и волатильности йены / Changes in yen's exchange rate and volatility**

Источник / Source: результат авторской визуализации расчетов по данным CBR base http://www.cbr.ru за соответствующие годы (дата обращения: 10.05.2017) / the result of the author's visualization of the calculations according to the CBR base http://www.cbr.ru for the relevant years (accessed: 10.05.2017).

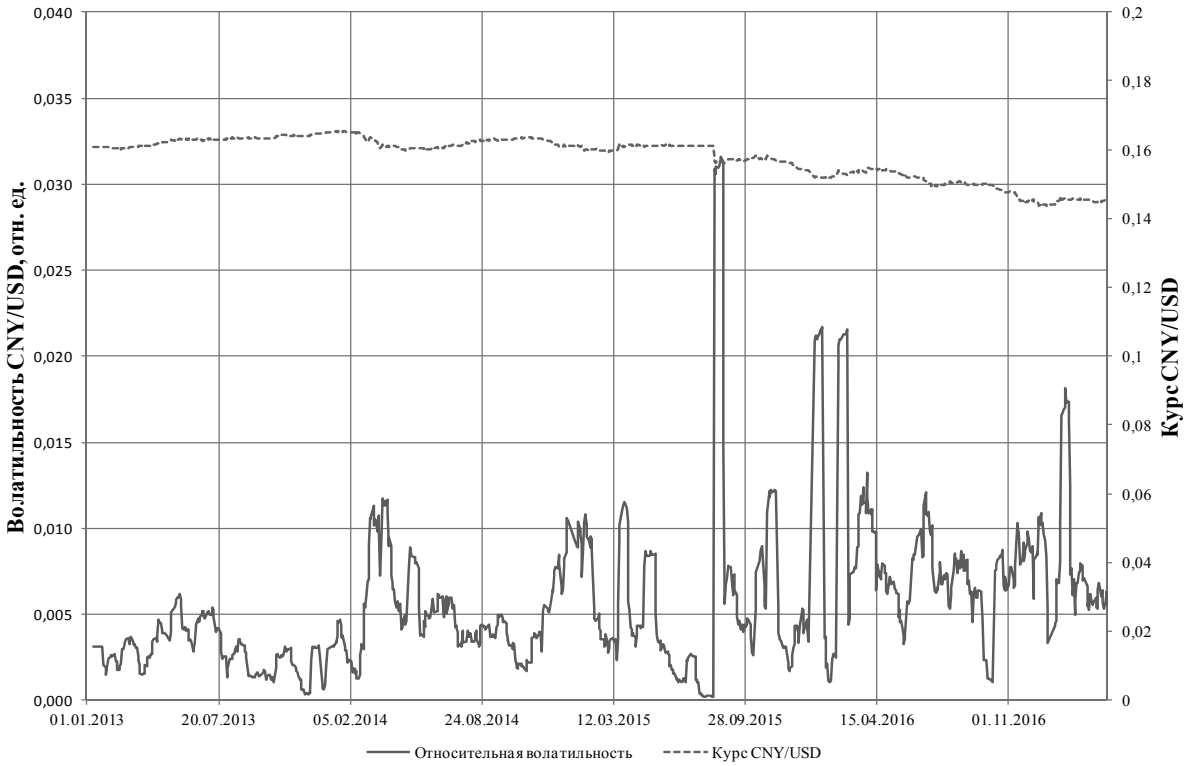

Рис. 7 / Fig. 7. **Изменение курса и волатильности юаня / Changes in yuan's exchange rate and volatility**

Источник / Source: результат авторской визуализации расчетов по данным CBR base http://www.cbr.ru за соответствующие годы (дата обращения: 10.05.2017) / the result of the author's visualization of the calculations according to the CBR base http://www.cbr.ru for the relevant years (accessed: 10.05.2017).

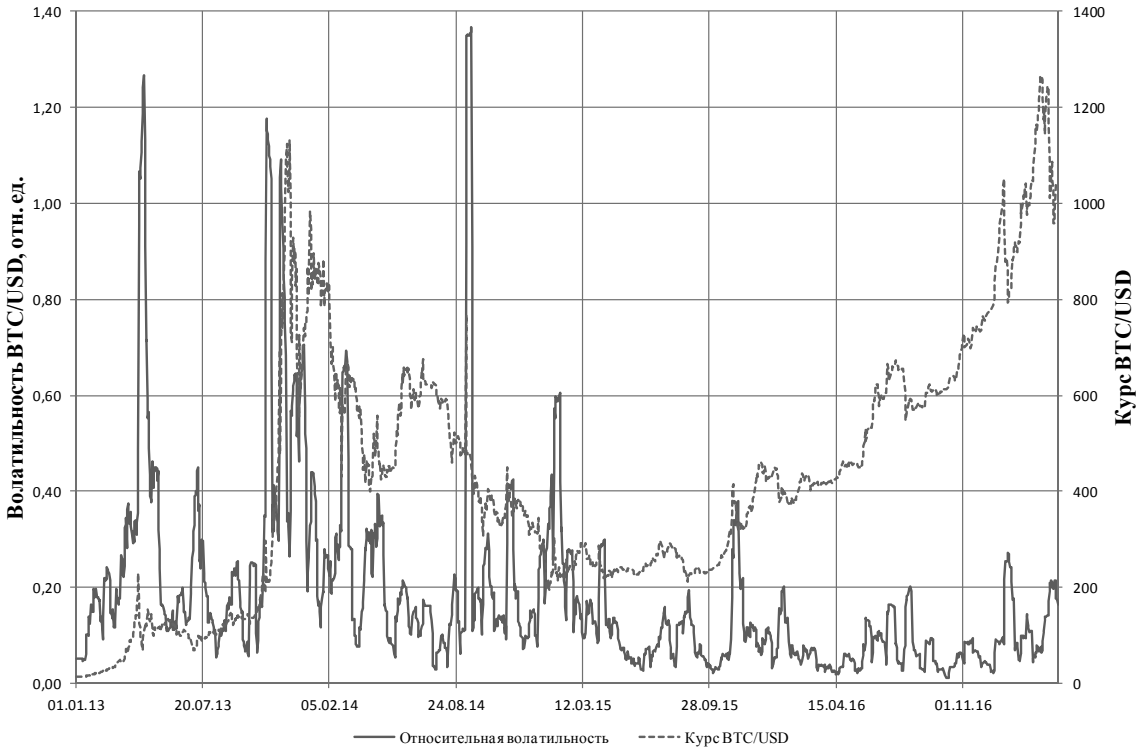

Рис. 8 / Fig. 8. **Изменение курса и волатильности биткойна / Changes in bitcoin's exchange rate and volatility**

Источник / Source: результат авторской визуализации расчетов по данным http://time-forex.com/skripty/raschet-volatilnosti за соответствующие годы (дата обращения: 10.05.2017) / results of author's visualization of data calculations according to http://time-forex.com/skripty/raschet-volatilnosti for the relevant years (accessed 10.05.2017).

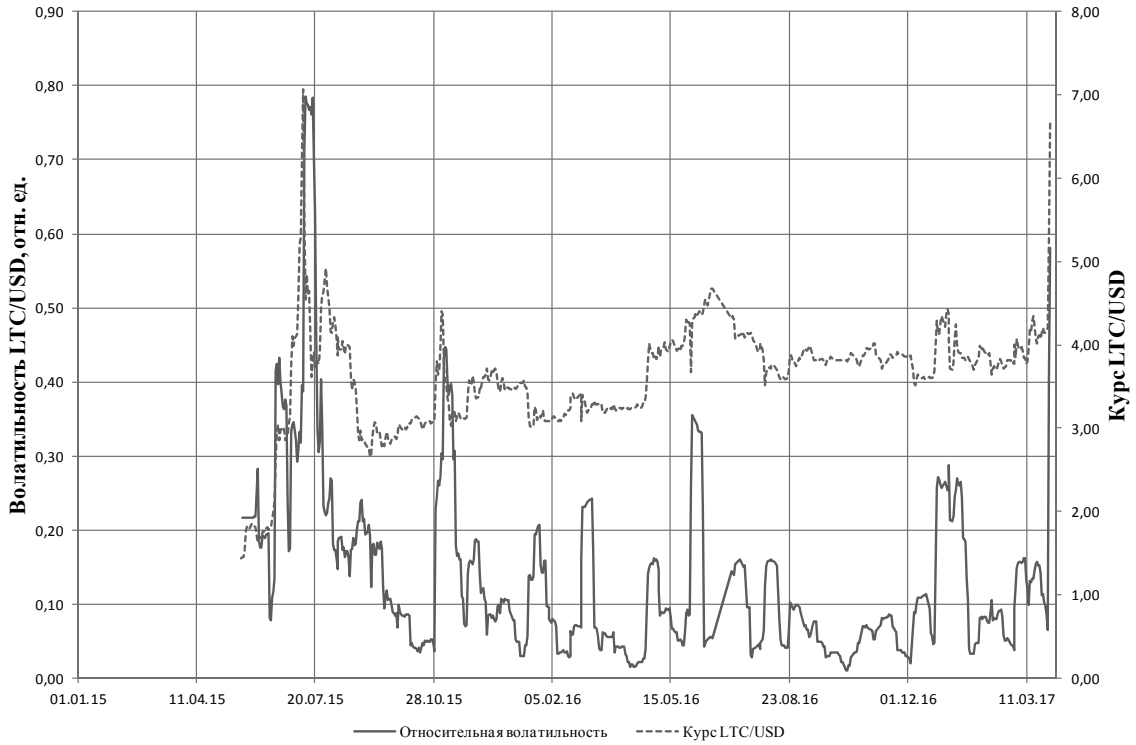

Рис. 9 / Fig. 9. **Изменение курса и волатильности лайткойна / Changes in litecoin's exchange rate and volatility**

Источник / Source: результат авторской визуализации расчетов по данным http://time-forex.com/skripty/raschet-volatilnosti соответствующие годы (дата обращения: 10.05.2017) / result of the author's visualization of the calculations according to http://time-forex.com/skripty/raschet-volatilnosti for the relevant years (accessed 10.05.2017).

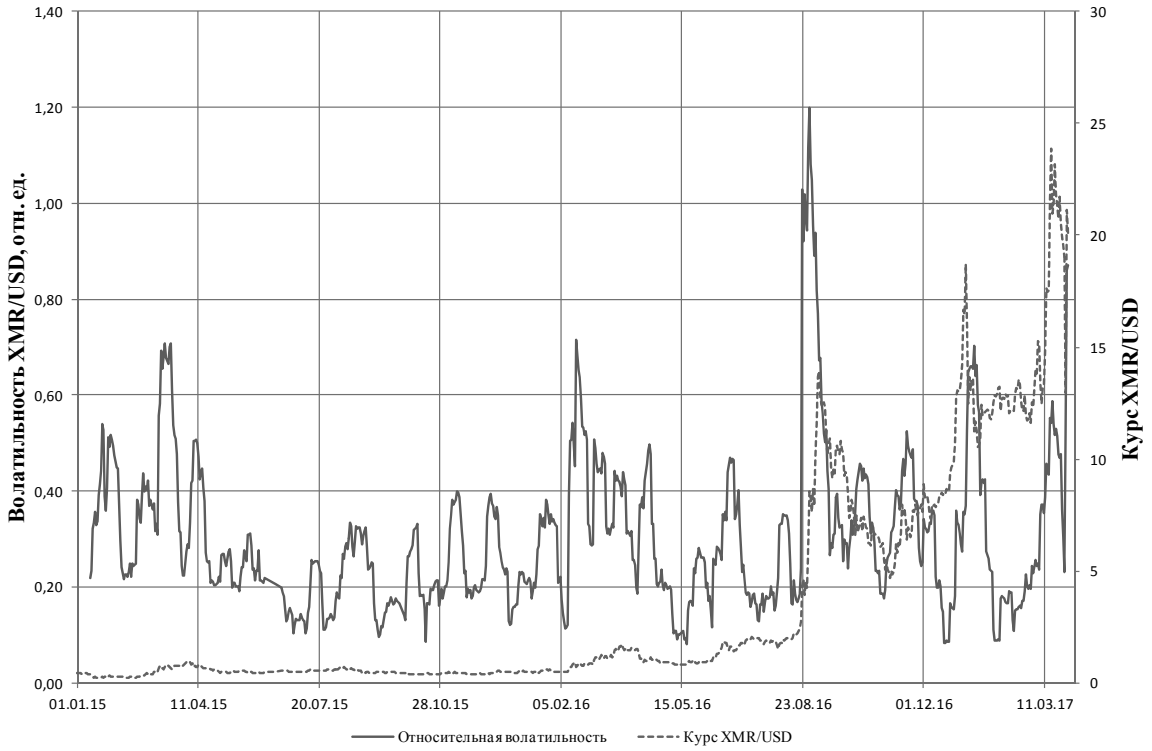

Рис. 10 / Fig. 10. **Изменение курса и волатильности монеро / Changes in monero's exchange rate and volatility**

Источник / Source: результат авторской визуализации расчетов по данным http://time-forex.com/skripty/raschet-volatilnosti за соответствующие годы (дата обращения: 12.05.2017) / result of the author's visualization of the calculations according to http://time-forex.com/skripty/raschet-volatilnosti for the relevant years (accessed 12.05.2017).

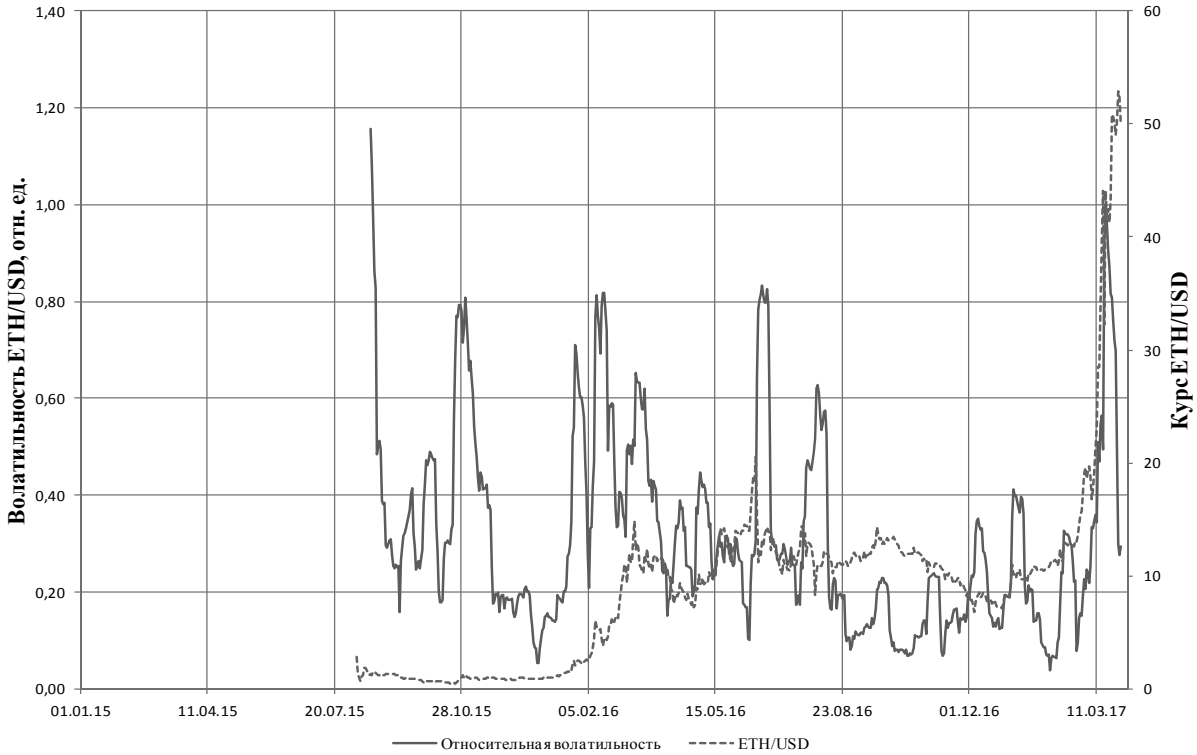

Рис. 11 / Fig. 11. **Изменение курса и волатильности эфириума / Changes in ethereum's exchange rate and volatility**

Источник / Source: результат авторской визуализации расчетов по данным CBR base http://www.cbr.ru за соответствующие годы (дата обращения: 10.05.2017) / the result of the author's visualization of the calculations according to the CBR base http://www.cbr.ru for the relevant years (accessed: 10.05.2017).

Таблица 1 / Table 1

Изменение курса доллара США (USD/RUR) и его волатильность в 2013–2017 гг. / Changes in the US dollar exchange rate (USD/RUR) and its volatility, 2013–2017

Месяц / Month	Ежемесячный средний курс (руб.) / Monthly average rate (RUR)				
	2013	2014	2015	2016	2017
Январь / January	30,22714	33,78435	61,87731	77,92361	59,95834
Февраль / February	30,16307	35,24404	64,68331	77,32848	59,95834
Март / March	30,80029	36,19857	60,25626	70,51013	58,10909
Апрель / April	31,35021	35,66773	52,93358	66,69208	
Май / May	31,30588	34,87483	50,5895	65,71244	
Июнь / June	32,3068	34,44953	54,50856	65,31235	
Июль / July	32,74075	34,63541	57,07866	64,34227	
Август / August	33,02487	36,09843	65,20406	64,92926	
Сентябрь / September	32,60167	37,90178	66,77489	64,5889	
Октябрь / October	32,09923	40,79869	63,08707	62,68104	
Ноябрь / November	32,694	46,21748	65,03369	64,36581	
Декабрь / December	32,8807	55,77044	69,6801	62,20063	
Среднее значение волатильности за год, относительная единица / average value of volatility over the year, relative unit	0,0218	0,0557	0,0653	0,0472	0,0269
Максимальное значение волатильности, относительная единица / maximum volatility value, relative unit	0,0467	0,3728	0,2946	0,1698	0,0434

Источник / Source: результат авторских расчетов по данным http://www.cbr.ru/currency_base/dynamics.aspx за соответствующие годы (дата обращения: 10.05.2017) / results of author's calculations according to http://www.cbr.ru/currency_base/dynamics.aspx for the relevant years (accessed 10.05.2017).

Таблица 2 / Table 2

Изменение курса евро (EUR/USD) и его волатильность в 2013–2017 гг. / Changes in the euro exchange rate (EUR/USD) and its volatility in 2013–2017

	Ежемесячный средний курс евро (USD) / Monthly average euro's exchange rate (USD)				
Год / Year	2013	2014	2015	2016	2017
Январь / January	1,33244402	1,363323	1,157162	1,087744	1,065981
Февраль / February	1,33865508	1,364895	1,136037	1,111463	1,065861
Март / March	1,2966333	1,38211	1,08372	1,110224	1,068964
Апрель / April	1,30080003	1,380527	1,077577	1,133809	
Май / May	1,29505043	1,37319	1,115852	1,12945	
Июнь / June	1,31849004	1,36035	1,122185	1,123752	
Июль / July	1,30772294	1,355861	1,101622	1,1066	
Август / August	1,33140412	1,332487	1,112672	1,121082	
Сентябрь / September	1,33403485	1,292405	1,123664	1,120923	
Октябрь / October	1,36296072	1,26853	1,123435	1,103886	
Ноябрь / November	1,35048573	1,248137	1,074647	1,081376	
Декабрь / December	1,36948108	1,2328	1,086978	1,055026	
Среднее значение волатильности за год, относительная единица / average value of volatility over the year, relative unit	0,0225	0,0185	0,0351	0,0256	0,0208
Максимальное значение волатильности, относительная единица / maximum volatility value, relative unit	0,0454	0,0347	0,0564	0,0473	0,0288

Источник / Source: результат авторских расчетов по данным http://www.cbr.ru/currency_base/dynamics.aspx за соответствующие годы (дата обращения: 12.05.2017) / results of author's calculations according to http://www.cbr.ru/currency_base/dynamics.aspx for the relevant years (accessed 12.05.2017).

Таблица 3 / Table 3

Изменение курса юаня (CNY/USD) и его волатильность в 2013–2017 гг. / Changes in the yuan exchange rate (CNY/ USD) and its volatility in 2013–2017

	Ежемесячный средний курс юань (USD) / Monthly average yuan's exchange rate (USD)				
Год / Year	2013	2014	2015	2016	2017
Январь / January	0,160793	0,165282	0,160764	0,152109	0,145224
Февраль / February	0,160446	0,164582	0,159944	0,152669	0,145462
Март / March	0,160874	0,162067	0,160256	0,153571	0,145034
Апрель / April	0,161613	0,160714	0,161241	0,154359	
Май / May	0,16285	0,160287	0,161204	0,15305	
Июнь / June	0,163007	0,160402	0,161137	0,151758	
Июль / July	0,163016	0,161276	0,161076	0,149783	
Август / August	0,163352	0,162443	0,157982	0,150417	
Сентябрь / September	0,163409	0,162901	0,156989	0,149853	
Октябрь / October	0,163805	0,16321	0,157479	0,148723	
Ноябрь / November	0,16412	0,163223	0,156947	0,146219	
Декабрь / December	0,164593	0,16155	0,155038	0,144472	
Среднее значение волатильности за год, относительная единица / average value of volatility over the year, relative unit	0,00284	0,00504	0,00611	0,00829	0,00818
Максимальное значение волатильности, относительная единица / maximum volatility value, relative unit	0,00617	0,01175	0,03158	0,02172	0,01810

Источник / Source: результат авторских расчетов, составленный по данным http://www.cbr.ru/currency_base/dynamics.aspx за соответствующие годы (дата обращения: 12.05.2017) / results of author's calculations, compiled according to http://www.cbr.ru/currency_base/dynamics.aspx for the relevant years (accessed 12.05.2017).

Таблица 4 / Table 4

Изменение курса йены (JPY/USD) и ее волатильность в 2013–2017 гг. / Changes in the yen exchange rate (JPY/ USD) and its volatility in 2013–2017

	Ежемесячный средний курс йены (USD) / Monthly average yen's exchange rate (USD)				
Год / Year	2013	2014	2015	2016	2017
Январь / January	0,00840	0,00706	0,00733	0,00778	0,00820
Февраль / February	0,00804	0,00718	0,00743	0,00783	0,00829
Март / March	0,00815	0,00708	0,00767	0,00798	0,00828
Апрель / April	0,00787	0,00706	0,00776	0,00804	
Май / May	0,00763	0,00716	0,00742	0,00811	
Июнь / June	0,00777	0,00720	0,00720	0,00842	
Июль / July	0,00767	0,00726	0,00736	0,00869	
Август / August	0,00768	0,00729	0,00729	0,00882	
Сентябрь / September	0,00755	0,00722	0,00741	0,00875	
Октябрь / October	0,00751	0,00730	0,00742	0,00875	
Ноябрь / November	0,00741	0,00689	0,00759	0,00857	
Декабрь / December	0,00706	0,00680	0,00755	0,00817	
Среднее значение волатильности за год, относительная единица / average value of volatility over the year, relative unit	0,0419	0,0220	0,0296	0,0335	0,0269
Максимальное значение волатильности, относительная единица / maximum volatility value, relative unit	0,0858	0,0485	0,0682	0,0713	0,0351

Источник / Source: результат авторских расчетов по данным http://www.cbr.ru/currency_base/dynamics.aspx за соответствующие годы (дата обращения: 12.05.2017) / results of author's calculations according to http://www.cbr.ru/currency_base/dynamics.aspx for the relevant years (accessed 12.05.2017).

Таблица 5 / Table 5

Изменение курса биткойна (BTC/USD) и его волатильность в 2013–2017 гг. / Changes of the exchange rate of bitcoin (BTC/USD) and its volatility, 2013–2017

	Ежемесячный средний курс BTC (USD) / Monthly average exchange rate of BTC (USD)				
Месяц / Год	2013	2014	2015	2016	2017
Январь / January	13,36	770,52	345,43	429,07	1000,44
Февраль / February	20,51	832,32	213,71	374,9	955,28
Март / March	33,38	561,38	246,94	435,53	1193,72
Апрель / April	93,25	474,18	245,14	416	
Май / May	139	455,29	236,63	454,14	
Июнь / June	128,83	645,88	229,76	530,56	
Июль / July	97,51	650,07	261,88	602,01	
Август / August	106,23	591,96	281,24	625,94	
Сентябрь / September	141	474,03	227,25	574,64	
Октябрь / October	143,28	388,59	236,73	609,76	
Ноябрь / November	211,2	339,78	312,65	707,81	
Декабрь / December	1081,2	382,48	370,68	743,02	
Среднее значение волатильности за год, относительная единица / average value of volatility over the year, relative unit	0,308	0,230	0,141	0,069	0,133
Максимальное значение волатильности, относительная единица / maximum volatility value, relative unit	1,266	1,367	0,606	0,203	0,272

Источник / Source: результат авторских расчетов по данным http://time-forex.com/skripty/raschet-volatilnosti за соответствующие годы (дата обращения: 12.05.2017) / results of author's calculations according to http://time-forex.com/skripty/raschet-volatilnosti for the relevant years (accessed 12.05.2017).

Таблица 6 / Table 6

Изменение курсов криптовалют и их волатильности (2015–2017 гг.) / Changes in the rates of cryptocurrencies and their volatility (2015–2017)

	Ежемесячный средний курс криптопортфеля (USD) / The monthly average rate of cryptoportfolio (USD)								
	Ethereum			Litecoin			Monero		
Месяц / Год / Month / Year	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017
Январь / January		1,498	10,19		3,28	3,94	0,336	0,518	12,909
Февраль / February		4,505	12,39		3,21	3,8	0,287	0,681	12,511
Март / March		11,156	34,09		3,26	4,17	0,644	1,261	17,787
Апрель / April		8,996			3,38		0,699	1,13	
Май / May		11,351		1,71	4		0,492	0,887	
Июнь / June		14,327		2,38	4,31		0,491	1,35	
Июль / July		11,833		4,52	4,1		0,496	1,873	
Август / August	1,3614	11,069		3,69	3,72		0,545	3,116	
Сентябрь / September	0,9718	12,442		2,88	3,82		0,471	10,51	
Октябрь / October	0,6565	12,055		3,1	3,85		0,402	6,707	
Ноябрь / November	0,9298	9,957		3,4	3,86		0,424	6,649	
Декабрь / December	0,8821	7,809		3,54	3,78		0,458	9,094	
Среднее значение волатильности за год, относительная единица / average value of volatility over the year, relative unit	0,363	0,3	0,309	0,209	0,089	0,143	0,273	0,326	0,338
Максимальное значение волатильности, относительная единица / maximum volatility value, relative unit	1,158	0,833	1,00	0,785	0,355	0,622	0,708	1,20	0,87

Источник / Source: результат авторских расчетов по данным http://time-forex.com/skripty/raschet-volatilnosti за соответствующие годы (дата обращения: 12.05.2017) / results of author's calculations according to http://time-forex.com/skripty/raschet-volatilnosti for the relevant years (accessed 12.05.2017).

Таблица 7 / Table 7

Сравнение среднегодовых значений волатильности криптовалют и фиатных денег / Comparison of annual values of the volatility of cryptocurrencies and fiat money

Год / Year	USD	EUR	CNY	JPN	BTC	ETH	XMR	LTC
2013	0,0218	0,0225	0,0028	0,0419	0,308			
2014	0,0557	0,0185	0,005	0,022	0,23			
2015	0,0653	0,0351	0,0061	0,0296	0,141	0,363	0,273	0,209
2016	0,0472	0,0256	0,0083	0,0335	0,069	0,3	0,326	0,089
2017	0,0269	0,0208	0,0082	0,0269	0,133	0,309	0,338	0,143

Источник / Source: результат авторских расчетов по данным http://www.cbr.ru/currency_base/dynamics.aspx и http://time-forex.com/skripty/raschet-volatilnosti (дата обращения: 12.05.2017) / results of author's calculations according to http://www.cbr.ru/currency_base/dynamics.aspx and http://time-forex.com/skripty/raschet-volatilnosti (accessed 12.05.2017).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	**GARCH(1,1) Analysis**									
2										
3	**Безусловная дисперсия**	0,00679066								
4	**ω**	0,00069590		Данные по изменению курса USD/RUR в период с января 2013 по март 2017						
5	**α**	0,13716048								
6	**β**	0,88298107								
7										
8	Дата	Курс	Остаток	Квадрат остатка	Лаговый квадрат остатка	Условная дисперсия	Логарифмическая функция правдоподобия	Условное стандартное отклонение, взвешенное по времени	Безусловное стандартное отклонение без взвешивания	Относительная условная волатильность
9	10.01.2013	30,4215								
10	11.01.2013	30,365	-0,0565	0,0032		0,0068				
11	12.01.2013	30,2537	-0,1113	0,0124	0,0032	0,0071	0,6841	0,0844	0,0824	0,002791
12	15.01.2013	30,2607	0,007	0,0000	0,0124	0,0087	1,4510	0,0932	0,0824	0,003081
13	16.01.2013	30,2556	-0,0051	0,0000	0,0000	0,0084	1,4707	0,0915	0,0824	0,003025
14	17.01.2013	30,3399	0,0843	0,0071	0,0000	0,0081	1,0504	0,0900	0,0824	0,002966
15	18.01.2013	30,3431	0,0032	0,0000	0,0071	0,0088	1,4459	0,0939	0,0824	0,003095
16	19.01.2013	30,2065	-0,1366	0,0187	0,0000	0,0085	0,3662	0,0921	0,0824	0,003049
17	22.01.2013	30,297	0,0905	0,0082	0,0187	0,0107	0,9666	0,1037	0,0824	0,003422
18	23.01.2013	30,195	-0,102	0,0104	0,0082	0,0113	0,8622	0,1063	0,0824	0,003522
1303						**LOG L**	8,2970			

Рис. 12 / Fig. 12. **Фрагмент таблицы Excel для расчета волатильности GARCH-моделью / Fragment of the Excel table for calculating the volatility using GARCH-model**

Источник / Source: авторский результат / the author's calculations.

РАСЧЕТ ВОЛАТИЛЬНОСТИ ФИАТНЫХ ВАЛЮТ И КРИПТОВАЛЮТ ПО GARCH (1,1) МОДЕЛИ

Прогнозирование волатильности рисковых активов играет важную роль при построении и расчетах математических моделей финансовой математики. Прогнозирование применяется в изучении ценообразования опционов, курсов валют и используется при разработке прибыльных стратегий размещения портфелей различного вида и типа, в том числе и криптовалют.

Наиболее подходящим методом для расчета курса криптовалют в сравнении с фиатными является процесс прогнозирования волатильности с помощью метода GARCH (1,1), позволяющего проводить анализ кореллированных и высокочастотных данных. Метод основан на предположении авторегрессионой зависимости. На *рис. 12* в качестве примера приведена таблица Excel, примененная для расчета волатильности курса доллара США в период с 2013 по 2017 г. Для других валют (фиатных и криптовалют) принцип определения волатильности аналогичный. В *табл. 8,* поясняющей работу в Excel с GARCH-моделью, приведены расчетные формулы [22].

Для расчета используются те же исходные данные, что применялись для расчетов методом простой исторической волатильности (Simple-Historical-Volatility, SHV) для всех изучаемых валют поочередно (Евро,

Таблица 8 / Table 8

Пояснения к таблице Excel на рисунке 12 для работы с GARCH-моделью / Explanations for the Excel Spreadsheet in figure 12 while working with the GARCH-model

№	Пояснения к заполнению и применению таблицы Excel для расчета волатильности GARCH-моделью	
1	В столбцах A и B, начиная с 9 строки, содержатся данные об изменении курса валюты за весь исследуемый период	
2	Столбец (A9: A1302)	Дата определения курса валюты (*t*)
3	Столбец (B9: B1302)	Курс валюты на соответствующую дату *P*(*t*)
4	Столбец (C10: C1302)	Изменение курса по сравнению с предыдущим значением — «Остаток» *Dt* = *P*(*t*) — *P*(*t* – 1)
5	Столбец (D 10: D 1302)	Квадрат остатка $(D(t))^2$
6	Столбец (E 11: E 1302)	Лаговый квадрат остатка — значение квадрата остатка на предыдущем этапе $(D(t-1))^2$
7	Ячейка B3	Дисперсия изменения распределения остатков за весь период наблюдений — функция Excel ДИСП(C10: C1302) определяет дисперсию выборки
8	Столбец (F10: F1302)	Условная дисперсия $б^2$, определяемая в соответствии с формулой $\sigma_t^2 = \omega + \alpha\sigma_{t-1}^2 + \beta б_{t-1}^2$
9	Столбец (G11: G1302)	Элементы ряда логарифметической функции правдоподобия, определяемые в соответствии с формулой $Ln[(1/^2)) \times EXP(б_t^2/2D^2)]$
10	Ячейка G1303	Сумма по столбцу (G10: G1302) — логарифметическая функция правдоподобия — целевая функция, которую с помощью пакета анализ в Excel оптимизируем на максимум, изменяя значения ячеек B4: B6 (параметров формулы п. 8 данной таблицы)
11	Ячейки B4, B5, B6	Ячейки со значениями переменных ω, α, β (параметров формулы п. 8 данной таблицы), изменяя которые проводится оптимизация целевой функции на максимум
12	Столбец (H11: H1302)	Волатильность курса валюты [условное стандартное отклонение $б_t$ — т.е. квадратный корень из дисперсии $б_t^2$, определенной по модели GARCH(1,1)]
13	Столбец (I11: I1302)	Безусловное стандартное отклонение $б_t$ — т.е. квадратный корень из дисперсии $б^2$, определенной по D_t за весь период наблюдений
14	Столбец (J11: J1302)	Относительная условная волатильность (текущее значение волатильности, отнесенное к текущему значению курса)

Источник / Source: авторский результат / the author's calculations.

Доллар, Юань, Биткойн, Лайткойн, Монеро, Эфириум). Данные заносятся в созданную таблицу по GARCH-модели.

Для начала необходимы некоторые пояснения по особенностям метода GARCH (1,1). Модель GARCH вовлекает в вычисления значения волатильности, полученные на предыдущих шагах. Поскольку рынок обладает памятью, необходимо эту память учитывать. Естественным кажется предположение о линейной зависимости текущей (сегодняшней) волатильности от предыдущей (вчерашней, позавчерашней и т.д.). Тогда формула для квадрата волатильности в модели GARCH может быть представлена в виде

$$\sigma_\tau(T,M) = \sqrt{\sigma_{\tau 0}^2 + \sum_{j=1}^{T}\alpha_j r_{t-j}^2 + \sum_{j=1}^{T}\beta_i \delta_{t-i}^2}, \qquad (1)$$

где υ_i — дополнительные весовые коэффициенты. Использование формулы (1) в таком виде для определения текущего уровня волатильности практически невозможно в силу большого произвола в правилах определения весов и отсутствия явного экономического смысла в большом числе членов обеих сумм. Поэтому на практике прижился GARCH (1,1) — простейший метод определения волатильности по методу GARCH, когда от сумм остаются лишь первые члены:

$$\sigma_\tau(1,1) = \sqrt{\omega + \alpha r_{t-1}^2 + \beta\delta_{t-1}^2} \qquad (2)$$

В этом случае выбор ограничивается условием равенства единице их суммы (ω + α + β = 1).

Все поля таблицы заполняются в соответствии с расчетными формулами. Оптимизируем до максимума целевую функцию — «логарифмическую функцию правдоподобия» по столбцу, для этого изменяем ячейки переменной, в которой находятся ω, α, β. Далее находим функцию «поиск решения».

Результаты численного анализа представлены на *рис. 13–20* и в *табл. 9, 10.*

В *табл. 9* приведены результаты расчета волатильности различных валют при помощи GARCH (1,1)-модели.

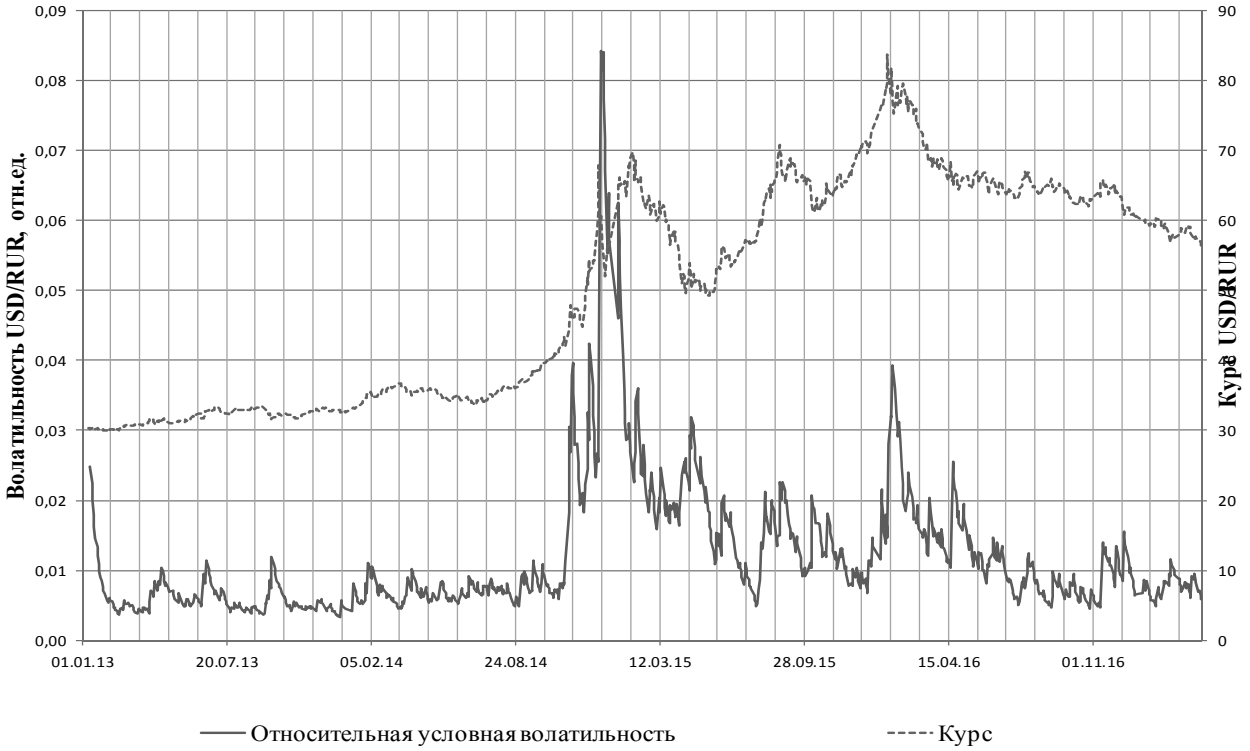

Рис. 13 / Fig. 13. **Курс и волатильность доллара к рублю за 2013–2017 гг. / Exchange rate and volatility of the dollar against the ruble for 2013–2017**

Источник / Source: результат авторской визуализации расчетов / result of the author's visualization of the calculations.

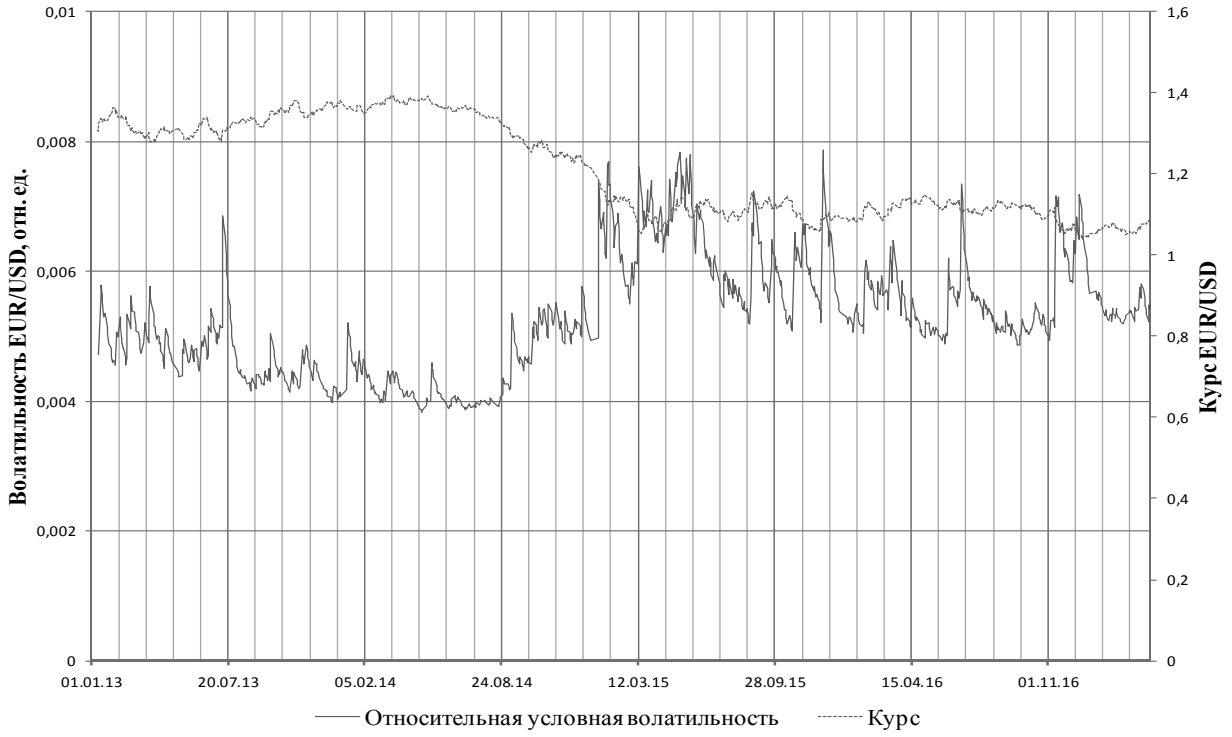

Рис. 14 / Fig. 14. **Курс и волатильность евро к доллару за 2013–2017 гг. / Exchange rate and volatility of the euro against the dollar for 2013–2017**

Источник / Source: результат авторской визуализации расчетов / result of the author's visualization of the calculations.

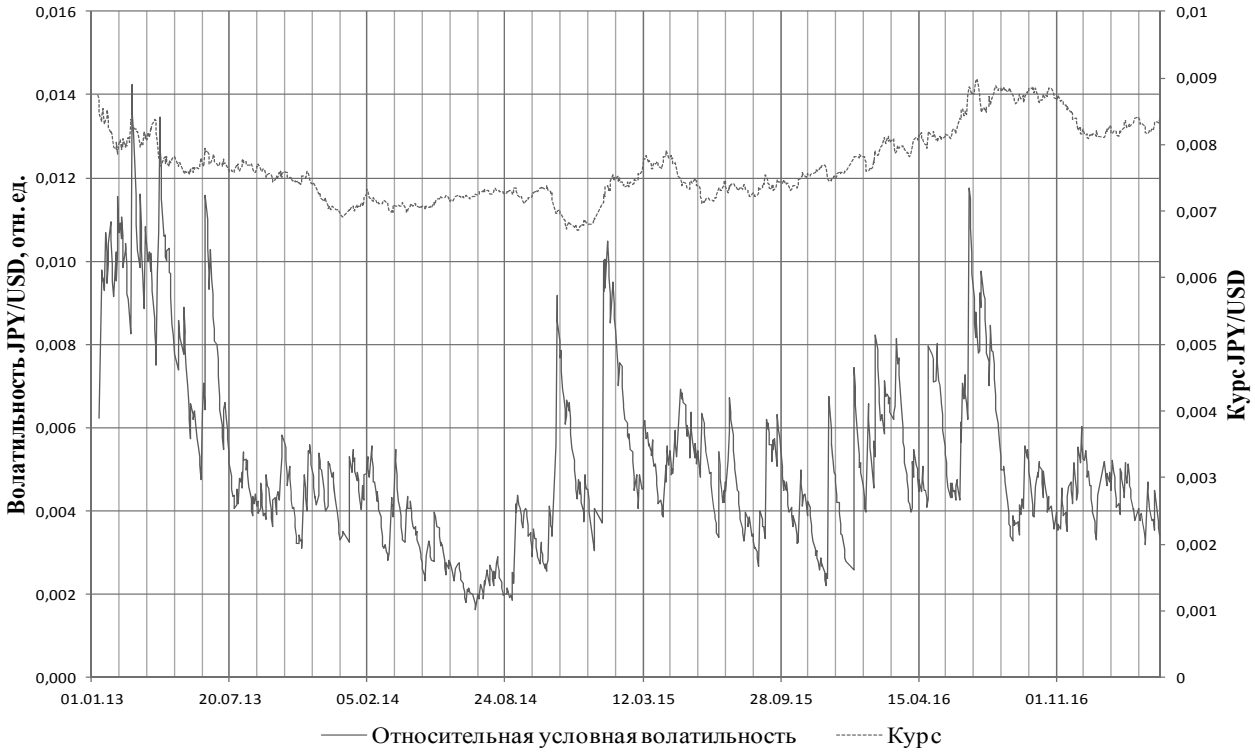

Рис. 15 / Fig. 15. **Курс и волатильность йены к доллару за 2013–2017 гг. / Exchange rate and volatility of the yen against the dollar for 2013–2017**

Источник / Source: результат авторской визуализации расчетов / result of the author's visualization of the calculations.

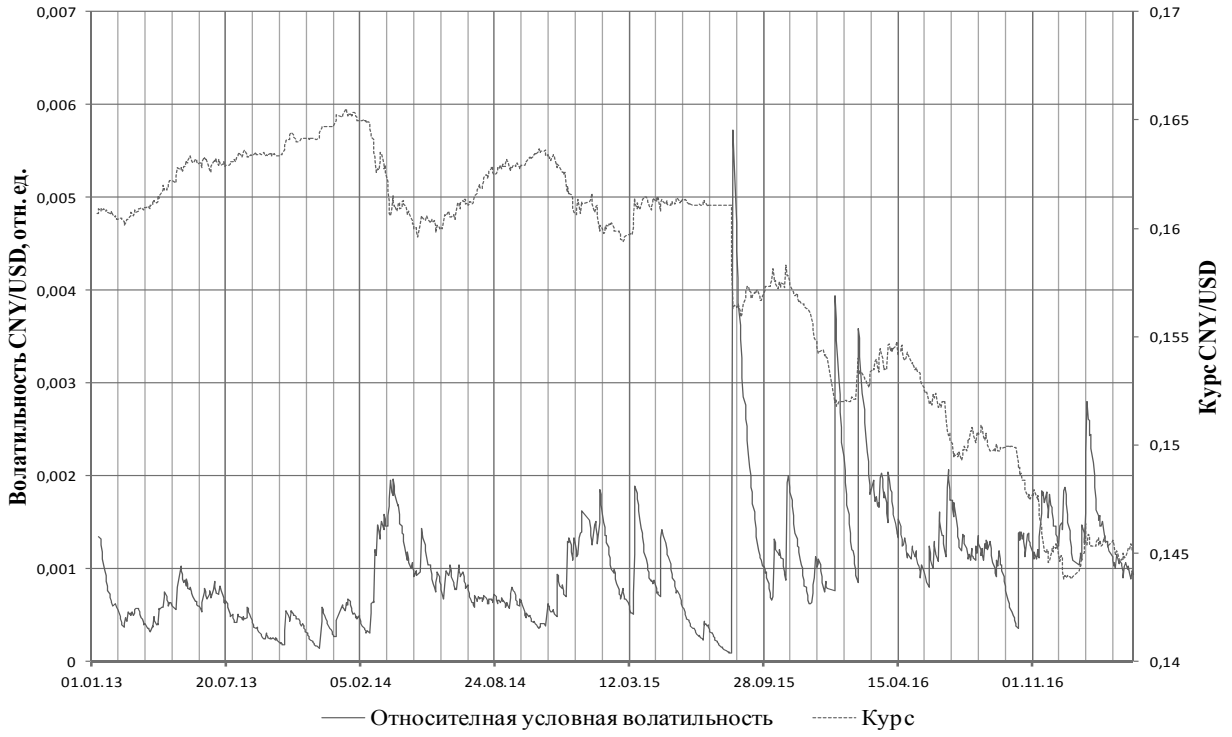

Рис. 16 / Fig. 16. **Курс и волатильность юань к доллару за 2013–2017 гг. / Exchange rate and volatility of the yuan against the dollar for 2013–2017**

Источник / Source: результат авторской визуализации расчетов / result of the author's visualization of the calculations.

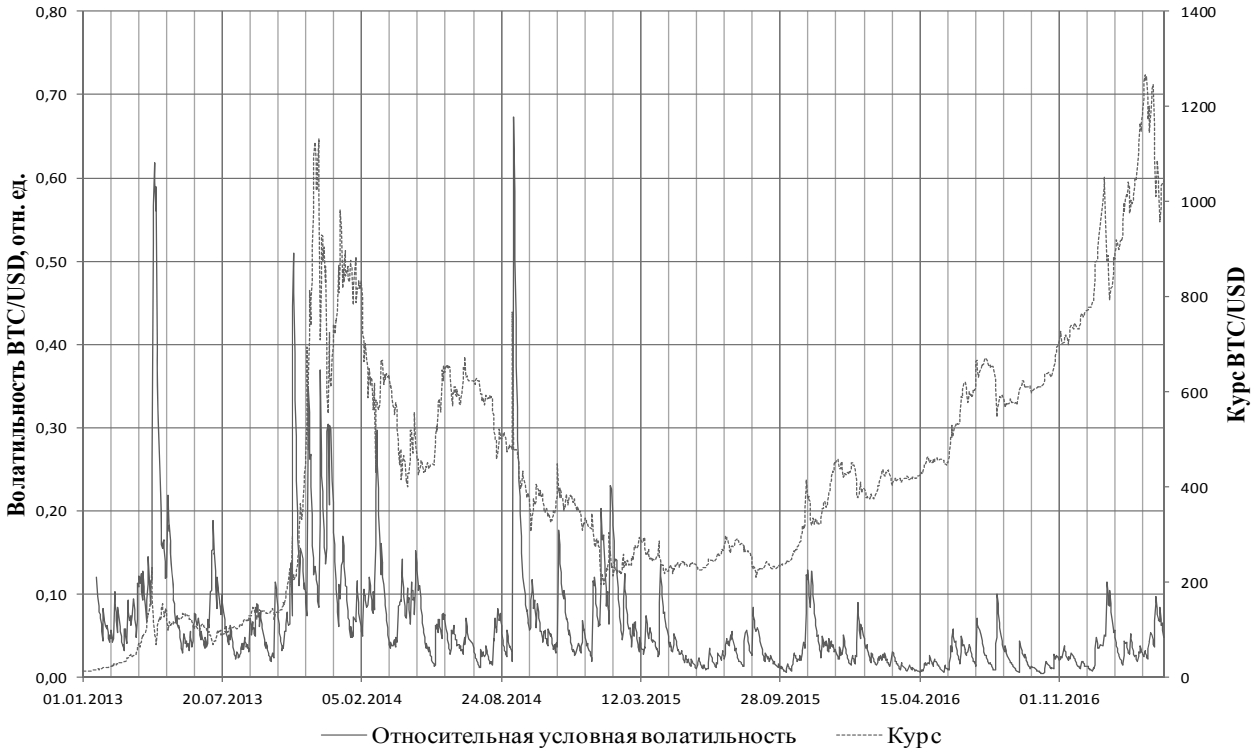

Рис. 17 / Fig. 17. **Курс и волатильность биткойна к доллару за 2013–2017 гг. / Exchange rate and volatility of the bitcoin against the dollar for 2013–2017**

Источник / Source: результат авторской визуализации расчетов / result of the author's visualization of the calculations.

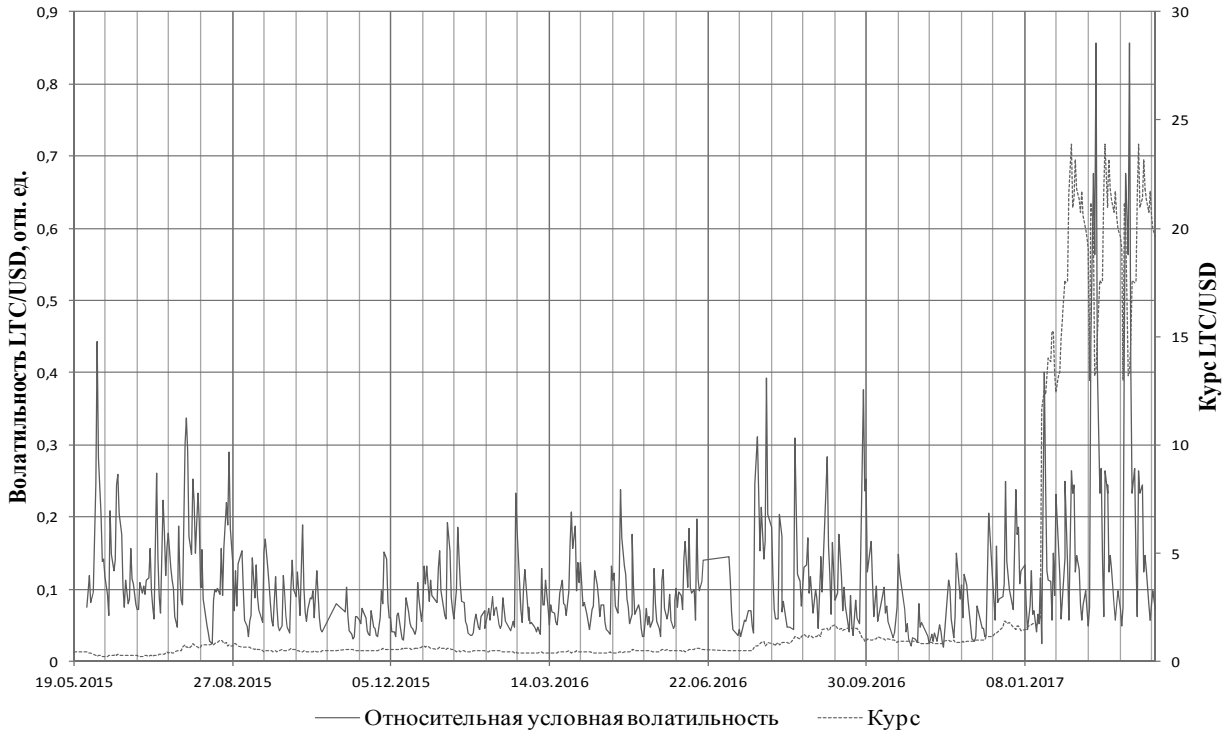

Рис. 18 / Fig. 18. **Курс и волатильность лайткойна к доллару за 2015–2017 гг. / Exchange rate and volatility of the litecoin against the dollar for 2013–2017**

Источник / Source: результат авторской визуализации расчетов / result of the author's visualization of the calculations.

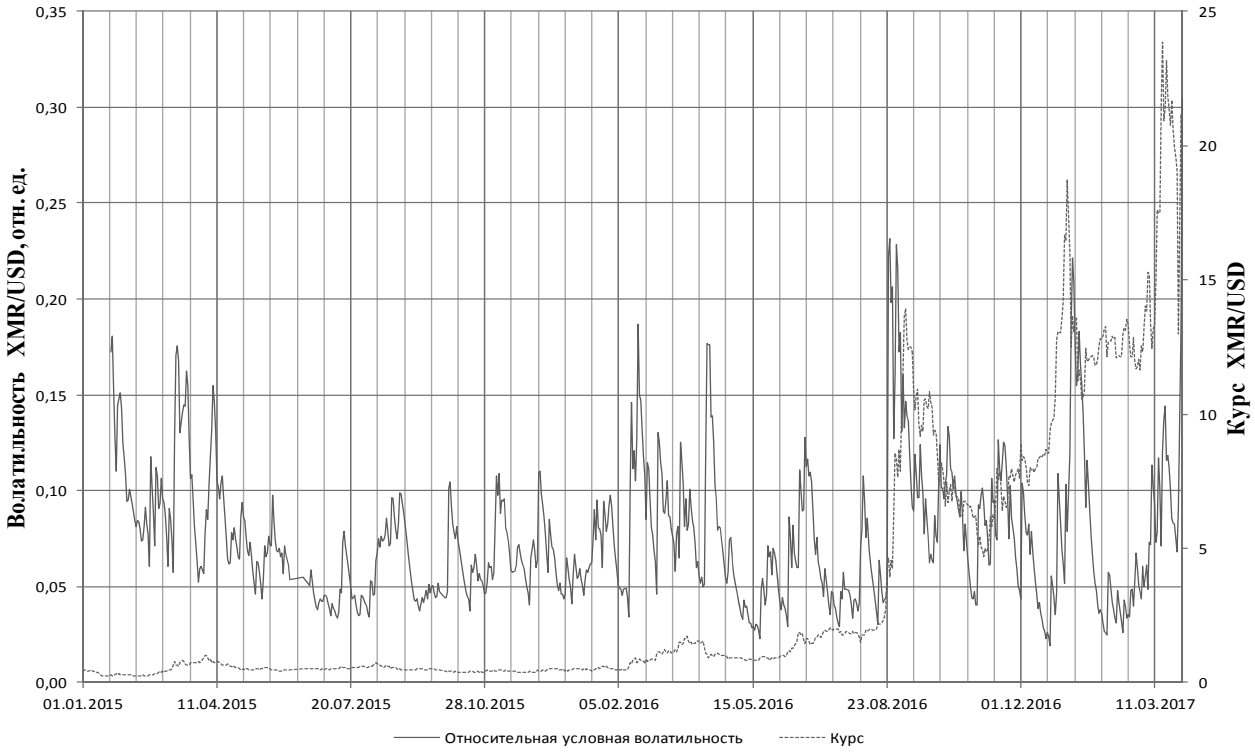

Рис. 19 / Fig. 19. **Курс и волатильность монеро к доллару за 2013–2017 гг. / Exchange rate and volatility of the monero against the dollar for 2013–2017**

Источник / Source: результат авторской визуализации расчетов / result of the author's visualization of the calculations.

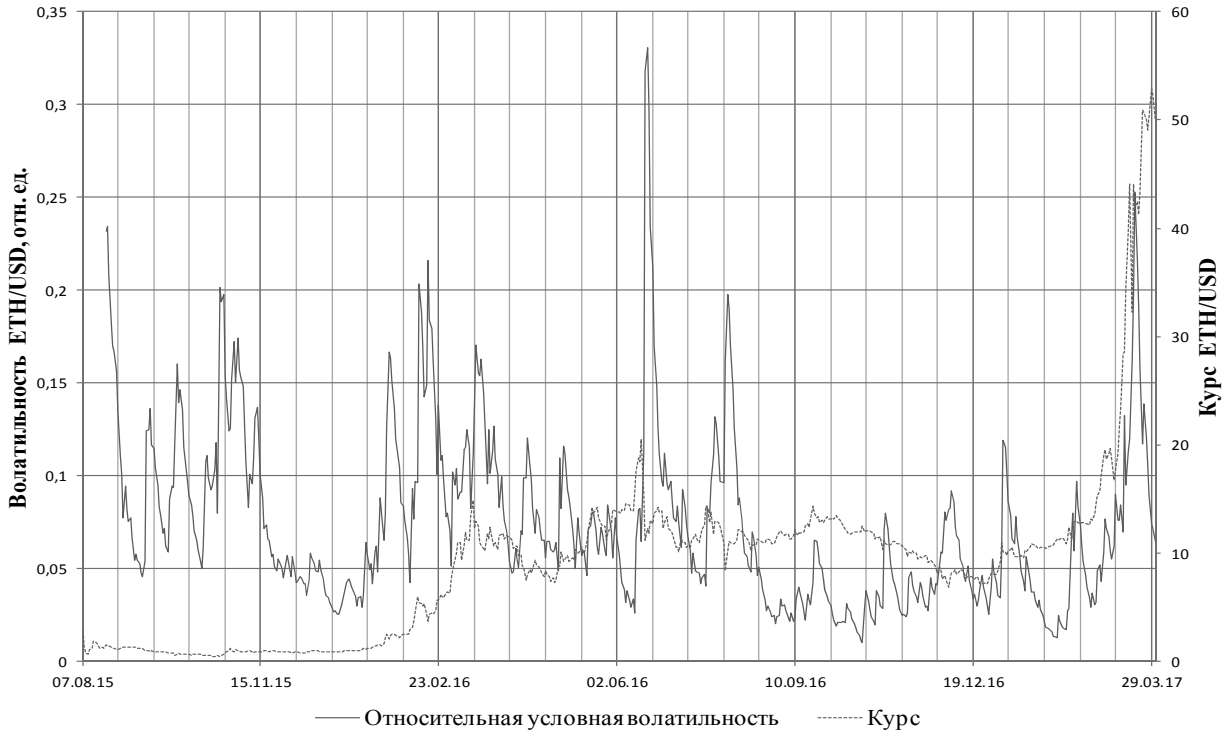

Рис. 20 / Fig 20. **Курс и волатильность эфириума к доллару за 2013–2017 гг. / Exchange rate and volatility of the ethereum against the dollar for 2013–2017**

Источник / Source: результат авторской визуализации расчетов / result of the author's visualization of the calculations.

Таблица 9 / Table 9

Результаты расчета волатильности фиатных и криптовалют по модели GARCH(1,1) / The results of the calculation of the volatility of fiat money and cryptocurrencies on the model of GARCH(1,1)

Год / Year	Валюта / Currency								
		USD	EU	CNY	JPY	BTC	LTC	ETH	XMR
	Волатильность / Volatility								
2013	Среднее / average	0,61%	0,47%	0,05%	0,68%	10,81%			
	Максимальное / maximal	2,49%	0,69%	0,13%	1,42%	61,80%			
2014	Среднее / average	1,21%	4,45%	0,08%	0,36%	7,74%			
	Максимальное / maximal	8,42%	0,58%	0,20%	0,92%	67,35%			
2015	Среднее / average	1,76%	0,63%	0,11%	0,50%	4,73%	10,53%	10,00%	7,60%
	Максимальное / maximal	6,25%	0,79%	0,57%	1,05%	23,07%	44,32%	42,08%	19,73%
2016	Среднее / average	1,24%	0,56%	0,14%	0,55%	2,31%	9,25%	7,21%	8,82%
	Максимальное / maximal	3,93%	0,73%	0,39%	1,17%	9,35%	39,27%	33,25%	30,02%
2017	Среднее / average	0,77%	0,54%	0,14%	0,43%	4,64%	18,39%	6,69%	7,54%
	Максимальное / maximal	1,15%	0,58%	0,28%	0,52%	11,47%	85,61%	25,24%	25,28%
2013–2017	Среднее / average	1,18%	0,53%	0,11%	0,52%	6,30%	11,31%	8,65%	8,14%
	Максимальное / maximal	8,42%	0,79%	0,57%	1,42%	67,35%	85,61%	42,08%	30,02%

Источник / Source: результат авторских расчетов / the author's calculations.

ИТОГОВЫЕ ОЦЕНКИ ВОЛАТИЛЬНОСТИ ПО GARCH(1,1)

Все криптовалюты за исключением биткойна имеют волатильность, превышающую волатильность фиатных валют, это видно из *табл. 9*. До 2016 г. отмечалась тенденция снижения волатильности криптовалют. Появилась вероятность того, что со временем волатильность криптовалют, в частности биткойна и латкойна, приблизится к уровню волатильности фиатных валют. Но 2017 г. показал значительное увеличение курса криптовалюты, и надежда на то, что криптовалюта сможет стать полноценной финансовой валютой, оказалась под большим сомнением.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОВЕДЕННЫХ РАСЧЕТОВ ВОЛАТИЛЬНОСТИ

В *табл. 10* приведены результаты определения волатильности с помощью метода SHV, GARCH-модели и авторской программы. Видно, что волатильность криптовалют, определенная каждым из трех спосо-

Таблица 10 / Table 10

Сравнение вычисленных значений волатильности / Comparison of calculated volatility values

Валюта / Currency	Значения волатильности по расчетам различных методик / Volatility values calculated by different methods			
	Простая историческая волатильность / Simple-Historical-Volatility — SHV		GARCH-модель / GARCH-model	
	Среднее значение / Average value	Максимальное значение / Maximal value	Среднее значение / Average value	Максимальное значение / Maximal value
Доллар / USA dollar	4,9%	37,3%	1,18%	8,42%
Евро / Euro	2,6%	5,6%	0,53%	0,79%
Юань / Yuan	0,6%	3,2%	0,1%	0,57%
Йена / Yen	3,2%	8,6%	0,52%	1,42%
Биткойн / Bitcoin	18,6%	137%	6,30%	67,35%
Лайткойн / Litecoin	14,1%	78,5%	11,31%	85,59%
Эфириум / Ethereum	31,6%	115,8%	8,65%	42,08%
Монеро / Monero	30,5%	120%	8,14%	40,02%

Источник / Source: результат авторских расчетов / the author's calculations.

бов, превышает волатильность любой из фиатных валют. Даже то, что в конце 2014 — начале 2015 г. произошел обвал курса рубля вследствие падения цен на нефть, не привело к тому, что волатильность пары USD/RUR была бы сопоставима с волатильностью любой из криптовалют — она в разы ниже.

Оценка волатильности проведена на основании имеющегося значения курсов валют и изучена на трех моделях. В данной работе проведен сравнительный анализ расчета для оценки волатильности тремя способами: GARCH-моделью, простой исторической волатильностью (SHV) и разработанным алгоритмом авторской программы (в качестве критерия был выбран метод Чайкина).

GARCH-модель позволяет вести расчет методом скользящей средней при помощи лага и разницей курса предыдущего дня. Методом SHV при определении волатильности используется скользящая средняя за 10 торговых сессий. Результаты расчетов SHV и GARCH (1,1)-моделью согласуются друг с другом в росте курса фиатных и криптовалют, но с небольшой разницей. SHV завышает процент волатильности, тогда как GARCH-модель дает более точную информацию об эффективном и равномерном вычислении. Расчет GARCH-моделью с помощью распределенных лаговых квадратов (см. формулу п. 8 *табл. 8*) по курсовым данным с учетом предыдущего дня дает более точный результат. Разработанный алгоритм авторской программы приблизил расчетные данные к расчету GARCH-моделью.

Реализованный метод построения оценки прогнозной волатильности, основанный на GARCH-модели в сочетании с авторской программой для оценки параметров модели методом максимального правдоподобия, дает практически равный вариант расчетов по росту волатильности крипто- и фиатных валют.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе исследованы статистические характеристики волатильности криптовалют и фиатных денег. Выбранные и рассмотренные криптовалюты обладают достаточно динамичным характером. Криптовалютам из нашего криптопортфеля удается выделиться более чем из тысяч криптовалют, существующих в настоящее время.

В работе впервые получены результаты сравнения волатильности как ведущих фиатных валют (доллара США, евро, китайского юаня и японской йены), так и наиболее популярных на сегодняшний день так называемых криптовалют (бикойн, лайткойн, эфириум и монеро). Оценка волатильности разными методами показала, что пока криптовалюты уступают фиатным валютам, что подтверждает сравнительный анализ проведенных расчетов волатильности.

Вывод. Оценка волатильности показала, что пока криптовалюта, в частности биткойн, имеет волатильность существенно выше волатильности фиатных денег, признание ее денежным средством является преждевременным не только из-за отсутствия нормативных правовых актов о признании определенной криптовалюты равноправной фиатным деньгам, но и по признакам нарушения существенных требований к свойствам валюты, таких как низкий уровень волатильности. Этот вывод согласуется с позицией Банка России, который рассматривает криптовалюту как цифровой актив и имущество в товарообороте, но не как валюту, хотя и по другим критериям[6].

[6] Законопроект № 419059–7 «О цифровых финансовых активах». ГАРАНТ.РУ. URL: http://www.garant.ru/news/1186382/#ixzz5BzOwFfbW (дата обращения: 10.04.2018).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Nakamoto S. Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. 2008. URL: https://bitcoin.org/bitcoin.pdf (дата обращения: 09.04.2018).
2. Levine M. Blockchain for banks probably can't hurt. Bloomberg View. 2015. URL: https://www.bloomberg.com/view/articles/2015–09–01/blockchain-for-banks-probably-can-t-hurt (дата обращения: 09.04.2018).
3. Allison I. Nick Szabo: If banks want benefits of blockchains they must go permissionless. International Business Times. 2015. URL: http://www.ibtimes.co.uk/nick-szabo-if-banks-want-benefits-blockchains-they-mustgo-permissionless-1518874 (дата обращения: 09.04.2018).
4. Pick L. Estonia's LHV Bank testing colored coins-based 'Cuber'. Finance Magnates. 2015. URL: http://www.financemagnates.com/cryptocurrency/news/estonias-lhv-bank-testingcolored-coins-based-cuber/ (дата обращения: 09.04.2018).
5. Allison I. The French bitcoin revolution: BNP Paribas testing crypto on its currency funds. International Business Times. 2015. URL: http://www.ibtimes.co.uk/french-bitcoin-revolution-bnp-paribas-plans-add-cryptoits-currency-funds-1512360 (дата обращения: 09.04.2018).
6. Caffyn G. Barclays trials Bitcoin tech with pilot program. CoinDesk. 2015. URL: http://www.coindesk.com/barclays-trials-bitcoin-tech-with-pilot-program/ (дата обращения: 09.04.2018).
7. Wong J. I. Goldman Sachs report says Bitcoin could shape 'future of finance'. CoinDesk. 2015. URL: https://www.coindesk.com/goldman-sachs-report-says-bitcoin-could-shape-future-of-finance/ (дата обращения: 09.04.2018).
8. Spaven E. Circle raises $ 50 million with Goldman Sachs support. CoinDesk. 2015. URL: https://www.coindesk.com/circle-raises-50-million-with-goldman-sachs-support/ (дата обращения: 09.04.2018).
9. Joon Ian Wong. Goldman Sachs report says Bitcoin could shape 'future of finance. CoinDesk. 2015. URL: https://www.coindesk.com/goldman-sachs-report-says-bitcoin-could-shape-future-of-finance/(дата обращения: 12.05.2017).
10. Форк А. Bitcoin. Больше чем деньги. Тверь: ОАО «Тверская обл. типография»; 2014. 280 с.
11. Поппер Н. Цифровое золото. Невероятная история Биткойна, или о том, как идеалисты и бизнесмены изобретают деньги заново. Пер. с англ. М.: ООО «И. Д. Вильямс»; 2016. 368 с.
12. Винья П., Кейси М. Эпоха криптовалют. Как биткоин и блокчейн меняют мировой экономический порядок. Пер. с англ. М.: Манн, Иванов и Фербер; 2017. 432 с.
13. Равал С. Децентрализованные приложения: Технология Blockchain в действии. Пер. с англ. СПб.: Изд-во Питер; 2017. 240 с.
14. Колесников П., Бекетнова Ю., Крылов Г. Технология блокчейн. Анализ атак, стратегии защиты. Саарбрюккен: LAP LAMBERT Academic Publ.; 2017. 76 с.
15. Сат Д. М., Крылов Г. О., Наумов В. Ю. Нейронные сети в задачах прогнозирования временных рядов курса Bitcoin. Саарбрюккен: LAP LAMBERT Academic Publ.; 2016. 56 с.
16. Sat D., Krylov G., Bezverbnyi K., Kasatkin A., Kornev I. Investigation of money laundering methods through cryptocurrency. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*. 2016;83(2):244–254.

17. Крылов Г.О., Лоскутов И.Н. Криптовалюта — будущее без инфляции или новые проблемы ПОД/ФТ? Угрозы и риски для мировой экономики. Сб. мат. Междунар. науч.-практ. конф. сетевого института в сфере ПОД/ФТ (Москва, 1–3 ноября 2016 г.). М.: МУМЦФМ; 2016:140–148. URL: file:///C:/Users/User/Downloads/sbornik-dokladov-konferencii-ugrozy-i-riski-dla-mirovoj-ekonomiki-noabr-2016%20(1).pdf (дата обращения: 09.04.2018).
18. Сат Д.М., Крылов Г.О. Формирование и адаптация признаков девиантных финансовых операций в задачах оценки транзакций криптовалют на примере Bitcoin. Угрозы и риски для мировой экономики. Сб. мат. Междунар. науч.-практ. конф. сетевого института в сфере ПОД/ФТ (Москва, 1–3 ноября 2016 г.). М.: МУМЦФМ; 2016:173–176. URL: file:///C:/Users/User/Downloads/sbornik-dokladov-konferencii-ugrozy-i-riski-dla-mirovoj-ekonomiki-noabr-2016%20(1).pdf (дата обращения: 09.04.2018).
19. Сат Д.М., Крылов Г.О., Айдаралиева А.А., Мочалин Д.О. Исследование и апробация метода кластерного анализа с использованием нейронных сетей для оценки транзакций криптовалюты BITCOIN. *Информатизация и связь*. 2017;(3):107–111.
20. Демидов О.А. Связанные одним блокчейном: Обзор международного опыта регулирования криптовалюты. *Интернет в цифрах*. 2016;(4):14–19. URL: http://www.in-numbers.ru/upload/iblock/145/1458f803f8bb05fc55d8254b8d0eb0c0.pdf (дата обращения: 09.04.2018).
21. Vavrinec C. Can Bitcoin become a viable alternative to Fiat currencies? An empirical analysis of Bitcoin's volatility based on a GARCH model. New York: Skidmore College; 2017. 145 p.
22. Истигечева Е.В., Мицель А.А. Модели с авторегрессионной условной гетероскедастичностью. *Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники*. 2006;5:15–21. URL: http://old.tusur.ru/filearchive/reports-magazine/2006–5/15–21.pdf (дата обращения: 09.04.2018).

REFERENCES

1. Nakamoto S. Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. 2008. URL: https://bitcoin.org/bitcoin.pdf (accessed 09.04.2018).
2. Levine M. Blockchain for banks probably can't hurt. Bloomberg View. 2015. URL: https://www.bloomberg.com/view/articles/2015–09–01/blockchain-for-banks-probably-can-t-hurt (accessed 09.04.2018).
3. Allison I. Nick Szabo: If banks want benefits of blockchains they must go permissionless. International Business Times. 2015. URL: http://www.ibtimes.co.uk/nick-szabo-if-banks-want-benefits-blockchains-they-mustgo-permissionless-1518874 (accessed 09.04.2018).
4. Pick L. Estonia's LHV Bank testing colored coins-based 'Cuber'. Finance Magnates. 2015. URL: http://www.financemagnates.com/cryptocurrency/news/estonias-lhv-bank-testingcolored-coins-based-cuber/ (accessed 09.04.2018).
5. Allison I. The French bitcoin revolution: BNP Paribas testing crypto on its currency funds. International Business Times. 2015. URL: http://www.ibtimes.co.uk/french-bitcoin-revolution-bnp-paribas-plans-add-cryptoits-currency-funds-1512360 (accessed 09.04.2018).
6. Caffyn G. Barclays trials Bitcoin tech with pilot program. CoinDesk. 2015. URL: http://www.coindesk.com/barclays-trials-bitcoin-tech-with-pilot-program/ (accessed 09.04.2018).
7. Wong J.I. Goldman Sachs report says Bitcoin could shape 'future of finance'. CoinDesk. 2015. URL: https://www.coindesk.com/goldman-sachs-report-says-bitcoin-could-shape-future-of-finance/ (accessed 09.04.2018).
8. Spaven E. Circle raises $ 50 million with Goldman Sachs support. CoinDesk. 2015. URL: https://www.coindesk.com/circle-raises-50-million-with-goldman-sachs-support/ (accessed 09.04.2018).
9. Nakamoto S. Bitcoin vO.l released. The Mail Archive. 2009 Jan 09.
10. Fork A. Bitcoin. More than money. Tver': JSC Tver' Regional Printing House; 2014. 280 p. (In Russ.).
11. Popper N. Digital gold: Bitcoin and the inside story of the misfits and millionaires trying to reinvent money. Transl. from Engl. Moscow: Williams Publ.; 2016. 368 p. (In Russ.).
12. Vigna P., Casey M.J. The age of cryptocurrency: How Bitcoin and the Blockchain are challenging the global economic order. Transl. from Eng. Moscow: Mann, Ivanov i Ferber Publ.; 2017. 432 p. (In Russ.).
13. Raval S. Decentralized applications: Harnessing Bitcoin's Blockchain technology. Transl. from Engl. St. Petersburg: Piter Publ.; 2017. 240 p. (In Russ.).
14. Kolesnikov P., Beketnova Yu., Krylov G. Technology of blockchain. Analysis of attacks, defense strategies. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publ.; 2017. 76 p. (In Russ.).

15. Sat D.M., Krylov G.O., Naumov V. Yu. Neural networks in the tasks of predicting the time series of the Bitcoin course. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publ.; 2016. 56 p. (In Russ.).
16. Sat D., Krylov G., Bezverbnyi K., Kasatkin A., Kornev I. Investigation of money laundering methods through cryptocurrency. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*. 2016;83(2):244–254.
17. Krylov G.O., Loskutov I.N. Cryptocurrency — the future without inflation, or new AML/CFT problems? In: Threats and risks for the global economy. Proc. Int. sci.-pract. conf. of the network institute in the field of AML/CFT (Moscow, 1–3 Nov. 2016). Moscow: Int. Training & Methodology Center for Financial Monitoring; 2016:140–148. URL: file:///C:/Users/User/Downloads/sbornik-dokladov-konferencii-ugrozy-i-riski-dla-mirovoj-ekonomiki-noabr-2016%20(1).pdf (accessed 09.04.2018). (In Russ.).
18. Sat D.M., Krylov G.O. Formation and adaptation of signs of deviant financial operations in the tasks of cryptocurrency transactions assessment on the example of Bitcoin. In: Threats and risks for the global economy. Proc. Int. sci.-pract. conf. of the network institute in the field of AML/CFT (Moscow, 1–3 Nov. 2016). Moscow: Int. Training & Methodology Center for Financial Monitoring; 2016: 173–176. URL: file:///C:/Users/User/Downloads/sbornik-dokladov-konferencii-ugrozy-i-riski-dla-mirovoj-ekonomiki-noabr-2016%20(1).pdf (accessed 09.04.2018). (In Russ.).
19. Sat D.M., Krylov G.O., Aidaralieva A.A., Mochalin D.O. Research and approbation of the method of cluster analysis using neural networks for the evaluation of Bitcoin's transactions. *Informatizatsiya i svyaz' = Informatization and Communication*. 2017;(3):107–110.
20. Demidov O.A. Bound by the Blockchain: Overview of international experience in regulating cryptocurrency. *Internet v tsifrakh*. 2016;(4):14–19. URL: http://www.in-numbers.ru/upload/iblock/145/1458f803f8bb05fc55d8254b8d0eb0c0.pdf (accessed 09.04.2018). (In Russ.).
21. Vavrinec C. Can Bitcoin become a viable alternative to Fiat currencies? An empirical analysis of Bitcoin's volatility based on a GARCH model. New York: Skidmore College; 2017. 145 p.
22. Istigecheva E.V., Mitsel' A.A. Models with autoregressive conditional heteroscedasticity. *Doklady tomskogo gosudarstvennogo universiteta sistem upravleniya i radioelektroniki = Proceedings of Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics*. 2006;5:15–21. URL: http://old.tusur.ru/filearchive/reports-magazine/2006–5/15–21.pdf (accessed 09.04.2018). (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Григорий Олегович Крылов — доктор физико-математических наук, кандидат технических и юридических наук, профессор кафедры Информационной безопасности, профессор, Заслуженный работник высшей школы, Финансовый университет, Москва, Россия
nik155@yandex.ru
Андрей Юрьевич Лисицын — кандидат юридических наук, Президент Национальной ассоциации форекс-дилеров, Москва, Россия
nik155@yandex.ru
Леонид Игоревич Поляков — операционный менеджер ООО «Контакт Информ», Москва, Россия
polak25@yandex.ru

ABOUT THE AUTHORS

Grigorii O. Krylov — Dr. Sci. (Phys.-Math.), Cand. Sci. (Engin.), Cand. Sci. (Juris.), Professor, Department of Information Security, Honored worker of higher school, Financial University, Moscow, Russia
nik155@yandex.ru
Andrey Y. Lisitsyn — Ph.D., President of the National Association of Forex-dealers, Moscow, Russia
nik155@yandex.ru
Leonid I. Polyakov — operational manager, "Kontakt Inform" Ltd., Moscow, Russia
polak25@yandex.ru