

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА И
ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЛУЖБЫ ПРИ ПРЕЗИДЕНТЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»
(РАНХиГС)

ПРЕПРИНТ

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЦИФРОВЫХ ВАЛЮТ НА ФИНАНСОВУЮ СИСТЕМУ И
МОНЕТАРНУЮ ПОЛИТИКУ

Зубарев А.В., Макеева Н.В., Синельникова-Мурылева Е.В., Шилов К.Д.

Москва 2020
Аннотация

В работе рассмотрены различные вопросы, связанные как с теорией, так и с практикой мира цифровых валют. Подробно рассмотрен набирающий популярность сектор сервисов и услуг, основанных на технологии распределённого реестра, получивших название децентрализованных финансов (decentralized finance, DeFi), выросший за последний год с 700 млн. до 11,5 млрд. долларов США. По своей сути, в данном секторе строятся аналоги традиционных финансовых и банковских сервисов, в которых вместо соответствующих учреждений выступает совокупность смарт-контрактов, работающих в автоматическом режиме. Кроме того, в работе проанализированы теоретические риски и потенциальные выгоды от эмиссии цифровых валют центральных банков, а также рассмотрен мировой опыт пилотной эмиссии ЦВЦБ разными странами.

Мы рассмотрели связь криптовалют с другими финансовыми активами, а также протестировали наличие леведредж-эффекта в динамике криптовалют. В работе также приводятся некоторые свидетельства в пользу существования положительной внутренней стоимости у Bitcoin на определенных промежутках времени.

Abstract

The paper discusses various issues related to both theory and practice of the world of digital currencies. The growing popularity of the sector of services based on the technology of a distributed ledger, called decentralized finance (DeFi), is considered in detail, which has grown over the last year from 700 million to 11.5 billion US dollars. Different analogs of traditional financial and banking services are being built in this sector, in which, instead of the corresponding institutions, there is a set of smart contracts operating in an automatic mode. In addition, the paper analyzes the theoretical risks and potential benefits from the emission of digital currencies by central banks, and considers the world experience of the pilot projects of digital currencies in different countries.

We examined the relationship of cryptocurrencies with other financial assets, and tested the presence of a leverage effect in the dynamics of cryptocurrencies. The paper provides some evidence for the existence of a positive intrinsic Bitcoin value over some periods of time.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 НОВЫЕ КРУПНЫЕ ИГРОКИ И КОНКУРЕНЦИЯ НА РЫНКЕ КРИПТОВАЛЮТ: ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫЕ ФИНАНСЫ (DEFI)	5
2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ВЛИЯНИЯ КРИПТОВАЛЮТ И ЦВЦБ НА ЭКОНОМИКУ	14
3 МИРОВАЯ ПРАКТИКА ВНЕДРЕНИЯ ЦВЦБ	17
4 ОЦЕНКА ЭМПИРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ	26
4.1 Сравнение криптовалют с другими финансовыми активами	26
4.2 Анализ фундаментальной стоимости криптовалют	39
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	46
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	48

ВВЕДЕНИЕ

В 2017-2019 гг. наблюдался чрезвычайно быстрый рост мирового рынка криптовалют в терминах цен и объёма рынка. Параллельно с этим имели место эпизоды очень высокой волатильности цен на рынках криптовалют. Развитие сопутствующих инструментов (технология распределённого реестра, умный контракт) также существенным образом влияет на различные сектора экономики, повышая их эффективность. На финансовом рынке криптовалюты заняли место обособленного класса финансовых активов, что даёт новые возможности для инвестиций, а также стимулирует развитие исследований в области финансовой и портфельной теории. Также криптовалюты начали частично выполнять некоторые функции денег (средство платежа и средство сбережения), что вызвало обеспокоенность многих центральных банков, так как отсутствие возможности у монетарных властей централизованно оказывать влияние на эмиссию криптовалют вносит неопределённость в функционирование традиционной финансовой системы. В ответ на это многие центральные банки стали готовить проекты по изучению и запуску собственных цифровых валют, основанных на альтернативных традиционным технологиях обмена. В этой связи анализ перспектив и последствий развития криптовалют и цифровых валют центральных банков является актуальной задачей, так как он поможет оценить пути трансформации финансовых и платежных систем под все возрастающим влиянием криптовалют.

Основная цель исследования состоит в том, чтобы проанализировать перспективы развития и распространения цифровых валют (в т.ч. криптовалют и ЦВЦБ) и связанные с этим возможные выгоды и риски для функционирования финансовых систем, в частности, платежных систем, а также для проведения денежно-кредитной политики центральными банками, в том числе с точки зрения влияния на механизмы денежно-кредитной трансмиссии. Расширение числа видов цифровых валют, которые могут стать конкурентами более традиционным видам денег, может представлять собой существенную угрозу существующей двухуровневой банковской системе. С точки зрения изменения механизмов ДКТ, возможно как их усиление, так и ослабление в зависимости от типа выпускаемой цифровой валюты и ее дизайна. Эмиссия цифровых валют в их широком понимании также может иметь существенные последствия для сферы платежей, в особенности в области трансграничных расчетов, за счет снижения числа посредников. В то же время риски, связанные с потенциально масштабными изменениями в монетарной сфере, пока не до конца изучены.

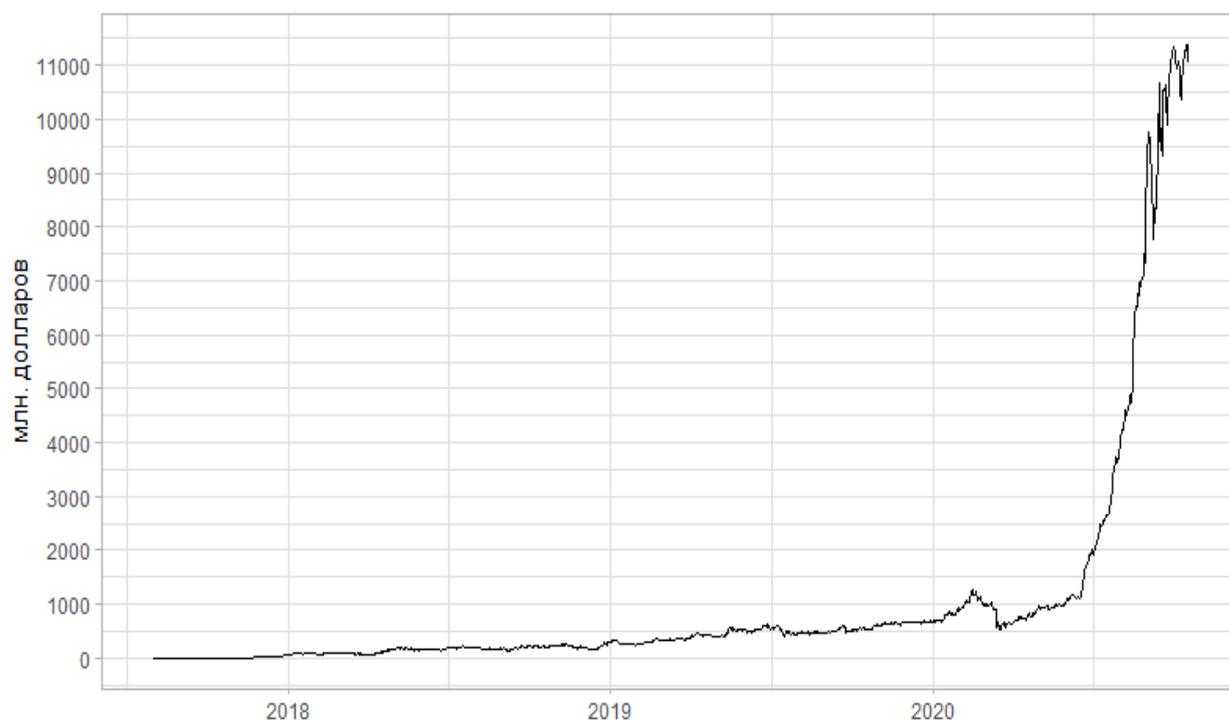
Ещё одной важной целью работы является оценка способности цифровых валют (криптовалют) стать полноценным финансовым активом и их места в рамках современного финансового рынка, так как возможность включать цифровые валюты (криптовалюты) в инвестиционные портфели может существенно изменить инвестиционные стратегии и стимулировать развитие новой финансовой и портфельной теорий, которые на данный момент плохо описывают поведение криптовалют. В частности, наличие криптовалют в портфеле существенно расширяет возможности хеджирования рисков.

1 Новые крупные игроки и конкуренция на рынке криптовалют: Децентрализованные финансы (DeFi)

В настоящее время внимание широких слоев населения к криптовалютам несколько ослабло. Стихла широкая дискуссия о повсеместном внедрении криптовалют в повседневную жизнь подавляющего числа людей и возможности использования их (или хотя бы части из них) в качестве полноценной замены фиатных валют. В целом сейчас превалирует мнение о том, что на данном этапе криптовалюты – лишь отдельный, специфичный вид высокорисковых активов без фундаментальной стоимости (хотя дискуссия о её наличии до сих пор ведётся).

Текущий 2020 год отметился также стремительным ростом популярности новых сервисов и услуг, основанных на технологии распределённого реестра, получивших название децентрализованных финансов (decentralized finance, DeFi). За последний год капитализация сервисов, связанных с DeFi, стремительно выросла. В этой связи интересно проанализировать данную новую нишу криптовалютного рынка.

В 2020 году область децентрализованных финансов привлекла значительное внимание со стороны широкой общественности. На рисунке 1 представлена капитализация данного сектора криптовалютной индустрии. В начале года в DeFi наблюдалось всего около 700 млн. долларов, в то время как к началу октября капитализация практически достигла отметки в 11,5 млрд. долларов США, продемонстрировав более чем 16 кратный рост менее чем за год.



Примечание – В качестве оценки капитализации используется объём заложенной в смарт-контрактах сети Ethereum криптовалюты ETH в долларовом выражении. Источник: составлено авторами по данным defipulse.com.

Рисунок 1 – Капитализация сегмента DeFi, млн. долларов США

Конкретного определения данного понятия на сегодняшний день не существует. Некоторые эксперты (см. [1], [2]) определяют децентрализованные финансы как экосистему, состоящую из различных финансовых приложений, построенных на основе технологии распределённого реестра (например, блокчейна). DeFi в более широком смысле также определяют как “движение/направление” (movement) в сфере криптовалют, направленное на попытку создания децентрализованной версии классических финансовых услуг (см. [3]). В более узком, техническом смысле под DeFi понимают совокупность финансовых протоколов с открытым исходным кодом построенных на базе смарт-контрактов, тем или иным образом связанных с или использующих криптовалюты/цифровые активы (см. [4]). Проблема отсутствия единого определения, в первую очередь, обусловлена относительной новизной самого понятия децентрализованных финансов в широкой дискуссии вокруг криптовалют, а во вторую – отсутствием на сегодняшний день должного внимания мировых финансовых регуляторов к данному явлению. Можно лишь отметить, что децентрализованные финансы определённно точно относятся к сфере финансовых технологий (ФинТех), по определению Центрального Банка Российской Федерации являющейся областью “представления финансовых услуг и сервисов с использованием инновационных технологий, таких как

«большие данные» (Big Data), искусственный интеллект и машинное обучение, роботизация, блокчейн, облачные технологии, биометрия и других» (см. [5]).

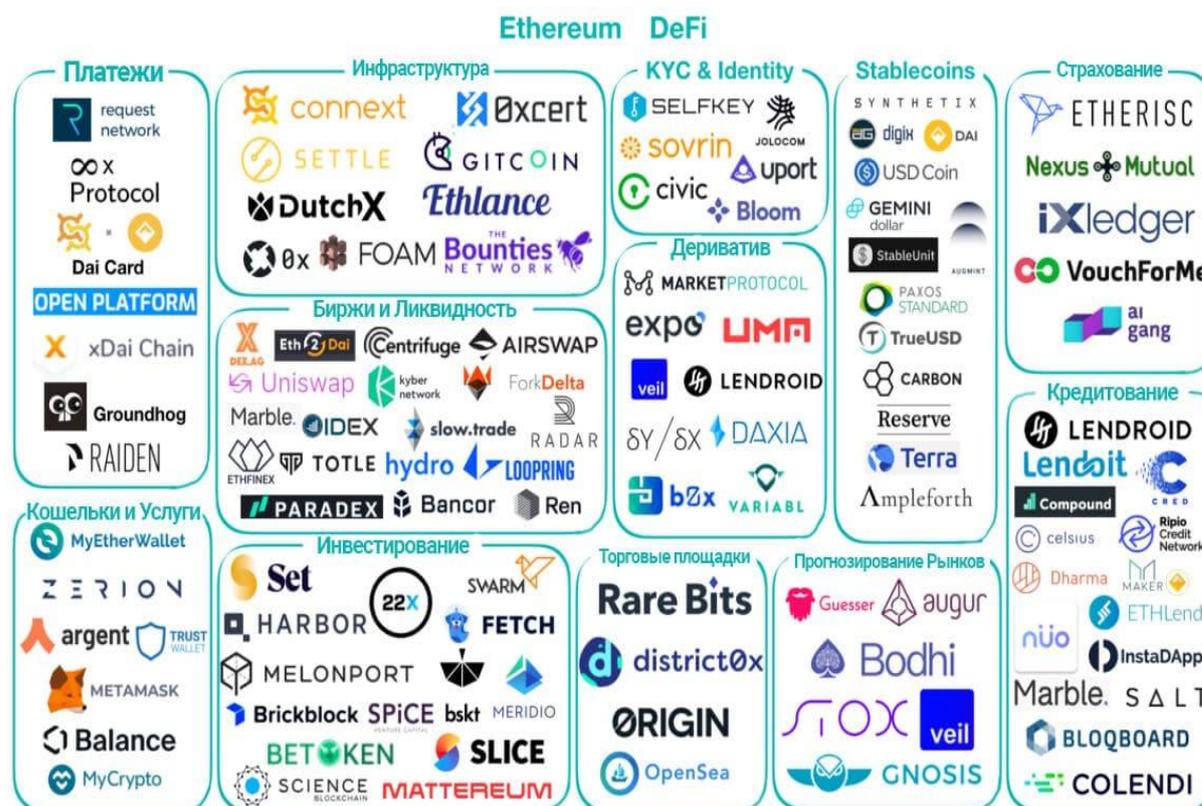
Как следует из самого названия, децентрализованные финансы противопоставляют себя традиционным, централизованным финансам. Под финансами в данном случае подразумевается чаще всего банковская (принятие депозитов и выдача кредитов) деятельность, страхование, биржи цифровых активов и всё, что тем или иным образом касается этих областей. Вместо специальных учреждений-посредников, выполняющих все перечисленные функции в традиционной экономике, в DeFi используются специальные смарт-контракты с открытым исходным кодом.

Смарт-контракт в каком-либо распределённом реестре (блокчейне) представляет собой специальный компьютерный код (программу), осуществляющие те или иные действия в блокчейне. Так как смарт-контракт является, по сути, особой транзакцией внутри распределённого реестра, то для того, чтобы он исполнился, создатель размещает транзакцию в сети и прикрепляет к ней комиссию (плату за использование услугами блокчейна). Смарт-контракт, таким образом, исполняется с помощью вычислительных мощностей участников сети при генерации следующего блока в блокчейне. Данный функционал, например, в Ethereum носит название виртуальная машина (Ethereum Virtual Machine, EVM). Таким образом с помощью набора смарт-контрактов можно написать целую программу, приложение, которое будет работать на распределённых мощностях участников сети в реестре. Такие программы носят название децентрализованных приложений (decentralized applications, dApps). Одна из ключевых особенностей dApps заключается в том, что открывается возможность для создания полностью автономных приложений: программист, раз написав код и заплатив некоторую сумму денег за его исполнение, может больше никогда им не пользоваться, однако любой другой может также использовать это приложение, даже если создатель забросил его. По сути, услуги и сервисы, попадающие под определение DeFi, чаще всего представляют собой децентрализованные приложения, в которых посредством смарт-контрактов запрограммированы те или иные функции.

Напомним также, что именно с помощью смарт-контрактов в рамках распределённого реестра можно создать другие цифровые активы – токены, движение которых также фиксируется в блокчейне основной криптовалюты. Так, в блокчейне Ethereum существует возможность создания токенов по определённым стандартам (обозначаемых как ERC20). Например, стейблкоин Tether выпущен на различных блокчейнах, в том числе на блокчейне Ethereum в качестве токена по стандарту ERC20.

Также следует упомянуть, что с помощью смарт-контрактов можно создавать так называемые “сетевые протоколы” – наборы правил или процедуры, которые позволяют осуществлять обмен информации между участниками некоторой сети. Внутри каждого распределённого реестра существует свой протокол, который и помогает совершать транзакции. Каждый ERC20 токен использует сетевой протокол основной сети Ethereum для осуществления движения токенов между пользователями. Информация по транзакциям таких токенов фиксируется в тех же блоках, где фиксируются транзакции основной криптовалюты Ether.

Самым популярным распределённым реестром с поддержкой полнофункциональных смарт-контрактов¹ на сегодняшний день является блокчейн криптовалюты Ethereum, больше всего DeFi сервисов построено именно на смарт-контрактах данной цифровой валюты. На рисунке 2 схематично представлена экосистема DeFi сервисов, построенных на блокчейне Ethereum с разбиением по секторам.



Примечание – Источник: [6]

Рисунок 2 – Схематичное представление DeFi сервисов на базе распределённого реестра криптовалюты Ethereum

Как видно на рисунке выше, спектр услуг, которые на сегодняшний день представляет сектор децентрализованных финансов, довольно широк. Отметим, что на

¹ В блокчейне Bitcoin также есть возможность создания смарт-контрактов, однако они менее функциональные по сравнению с теми, что предлагает Ethereum.

рисунке представлены лишь сервисы, работающие на основе блокчейна Ethereum, однако не только на нём создаются децентрализованные приложения. Поддержкой полнофункциональных смарт-контрактов обладают и другие распределённые реестры, а конкретно DeFi сервисы появляются также в реестрах EOS, TRON, PolkaDot, COSMOS.

Структуру DeFi сервисов на блокчейне Ethereum можно описать следующим образом. Одни сервисы представляют конкретные финансовые услуги, например, принимают, условно говоря, “депозиты” от “вкладчиков” и на них выдают кредиты (сектор «Кредитование» на схеме выше), предоставляют услуги биржевой торговли, но без посредника в виде биржи (сектор «Биржи и Ликвидность»), предоставляют возможности хэджироваться с помощью деривативов (сектор «Дериватив»), дают возможность страховать от сбоев в работе различных смарт-контрактов (сектор «Страхование»), предоставляют возможности инвестирования с помощью криптовалют в реальные инвестиционные активы и/или “отцифровывают” последние для переноса их на блокчейн (сектор «Инвестирование»), выполняют функцию маркет-плейса для различных цифровых активов (сектор «Торговые площадки»). Другие сервисы дают техническую базу для взаимодействия различных DeFi сервисов, созданных на базе блокчейна Ethereum друг с другом (сектора «Инфраструктура» и «Платежи»), или предоставляют децентрализованное решение для идентификации личности в тех сервисах, где это может понадобиться (сектор «KYC & Identity»). Третьи – занимаются фронт-энд разработкой, то есть создают удобные интерфейсы и точки входа в экосистему DeFi для пользователей (сектор «Кошельки и Услуги»). Одним из ключевых аспектов как сектора DeFi, так и области криптовалют в целом, является существование стейблкоинов (сектор «Stablecoins»). Несмотря на общую риторику криптовалютного сообщества, цифровые доллары являются довольно значимым и необходимым элементом всей криптоэкономики. Более того, в последнее время приобретают популярность алгоритмические стейблкоины, которые с помощью ценообразования промежуточных токенов осуществляют привязку 1:1 к доллару США (таким является, например, стейблкоин DAI). Наконец, в рамках DeFi можно также выделить сервисы, занимающиеся прогнозами движения рынка криптовалют (сектор «Прогнозирование рынков»). Данные сервисы, по сути, представляют собой тотализаторы, в том числе и спортивные мероприятия.

Главной чертой DeFi сервисов (хотя не все сервисы выше являются в полном смысле децентрализованными – например, выпуском и обеспечением стейблкоина TrueUSD занимается конкретное юридическое лицо) является отсутствие центрального

контрагента, выступающего в качестве посредника между двумя сторонами. В DeFi сервисах роль посредника играет совокупность смарт-контрактов, образующих то или иное децентрализованное приложение. Залогом надёжности таких приложений является открытость их исходного кода, чтобы любой заинтересованный мог провести его анализ и сделать вывод относительно его функциональности, потенциальных “дыр” в безопасности и проч. Тем не менее, активный рост заинтересованности пользователей в DeFi, темпы роста которого некоторые эксперты сравнивают с “лихорадкой ICO” в конце 2017 года (см. [7]), приводит порой к некоторым курьёзным случаям. Так, программист и создатель одного из самых популярных DeFi сервисов uEarn.finance² Андре Кронье (Andre Cronje) написал и активировал в основной сети Ethereum несколько смарт-контрактов, которые относились к еще незапущенному проекту Eminance Finance, который официально не анонсировался и даже не имел собственного сайта. Запущены они были с целью отладки определённых функций и не представляли из себя конечный продукт. Тем не менее, на эти смарт-контракты за пару часов было размещено около \$15 млн. в токене DAI, которые успешно были сворованы злоумышленником благодаря найденной им недоработке в коде, позволявшей изъять все средства со смарт-контрактов (см. [8]).

Так как же устроены децентрализованные аналоги классических финансовых сервисов? Рассмотрим это на примере проекта Compound.³ Данный проект представляет собой сетевой протокол с открытым исходным кодом, построенный на блокчейне Ethereum, позволяющий организовать децентрализованный рынок кредитования с автоматически подстраиваемыми ставками процента, зависящими от текущего спроса и предложения того или иного криптоактива. Compound является протоколом, а, следовательно, предоставляет некоторое техническое решение, набор правил и инструкций для взаимодействия друг с другом различных объектов, в данном случае – преимущественно ERC20 токенов на базе блокчейна Ethereum. Задачей протокола является создание децентрализованной инфраструктуры, позволяющей, с одной стороны, аккумулировать избыточную ликвидность, номинированную в криптовалютах, у тех, кому она в текущий момент не нужна, а с другой – одалживать под процент тем, кто в ней нуждается. Иными словами, протокол Compound представляет собой техническое решение для организации децентрализованного банка. Как это происходит?

До появления Compound в сфере криптовалют уже давали о себе знать сервисы, предоставляющие возможность залогового и даже беззалогового peer-to-peer

² <https://yearn.finance/>

³ <https://compound.finance/>

кредитования (ETHlend, Ripio, Lendroid), когда вкладчик сам определяет, кому дать криптовалюту в долг. Такие решения, однако, требуют от вкладчиков большого количества времени на анализ заёмщика, контроль поступлений и проч.

В свою очередь, Compound создаёт так называемый “денежный рынок”, представляющий из себя пул ликвидности вкладчиков, номинированный в той или иной криптовалюте, средства из которого могут предоставляться заёмщикам. Пул не является администрируемым кем-то, но полностью автоматизирован с помощью смарт-контрактов. С одной стороны, пул позволяет брать заёмщикам кредиты совершенно любого размера, с другой – образуется возможность для вкладчиков забрать свои средства в любой момент за счёт неиспользуемых в пуле остатков других вкладчиков (конечно, если не все деньги из пула уже выданы).

Логично, что в протоколе отсутствует какая-либо скорринговая модель, следовательно, все займы на платформе выдаются при наличии залога. В качестве залога принимается нативная (первоначальная) криптовалюта блокчейна Ethereum Ether (ETH), а также некоторые другие ERC20 токены.

С технической точки зрения это работает следующим образом. Заинтересованное лицо, имеющее некоторое количество ETH (или некоторых других токенов, которые поддерживает протокол), на которые он бы хотел получить процент, отправляет их на адрес определённого смарт-контракта, после чего они блокируются и под них выпускается синтетические ERC20 токены (сToken) протокола Compound cETH, которые также отражаются на счету пользователя уже на протоколе. Совокупность всех cETH, таким образом, представляет собой пул ликвидности. Для того, чтобы играть роль “вкладчика”, этого достаточно. Тем не менее, у пользователя после данных действий появляется опция “занять еще средства под залог уже размещённых”. Используя свои cETH в качестве залога, можно взять в долг любой другой токен, который поддерживается в рамках протокола. При этом каждая криптовалюта имеет свой залоговый фактор (collateral factor), отображающих в процентах, сколько максимум под неё можно взять кредит. Если у ETH залоговый фактор составляет 60%, то при размещении в протоколе ETH на стоимость 100\$ можно взять максимально 60\$ в кредит.⁴ Долг выдаётся также в токенах протокола Compound, так называемые cTokens (cETH, cUSDT, cDAI, cBAT и другие), предложение которых создаётся ровно таким же способом – USDT, DAI, BAT и другие токены люди

⁴ Чаще всего такое относительно низкое значение залогового фактора объясняется высокой волатильностью курсов криптовалют. При снижении стоимости обеспечения к должнику выставляется требование по увеличению залога в кратчайший срок, а при неисполнении – принудительная реализация залога (margin call).

также завели на смарт-контракт Compound и получили их синтетические варианты с припиской “с”. Далее, полученные в долг cToken’ы пользователь может вывести из протокола через сервисы, которые готовы принимать их в счёт каких-либо услуг, либо через специальные обменники.

Что касается непосредственно ставок процента, то они устанавливаются алгоритмически в зависимости от спроса на кредиты в данном цифровом активе и имеющегося предложения средств в пуле. Технически выплата процентов осуществляется через автоматическую балансировку курсов между исходным активом, например, EТН, и его синтетическим отображением в протоколе Compound cEТН. При первоначальном вводе, допустим, 100 EТН в Compound пользователь получает 200 cEТН при курсе 1 к 2. Курс между EТН и cEТН не является предметом биржевых сделок, но результатом функции от совокупного текущего баланса EТН на смарт-контракте (предложение), объёма взятого долга (спрос), величины резервов (зависящая от залогового фактора) и объёма выпущенных синтетических токенов.⁵ Таким образом, начисленные проценты изменяют курс и через некоторое время вывод 200 cEТН уже может принести владельцу 105 EТН, что соответствует доходности в размере 5%.

Изначально, протокол Compound работал децентрализованно (в том смысле, что сам протокол представляет собой совокупность смарт-контрактов на блокчейне Ethereum), однако управлялся и настраивался непосредственно разработчиками – Джоффри Хаесом и Робертом Лешнером. Позже, в мае 2020 года, разработчики передали крупным некоторыми инвесторами проекта (например, Polychain Capital, ParaFI Capital, Kyber Network и проч.) токены управления COMP. Отметим, что по видимому это осуществлялось с помощью закрытой подписки, так как на биржах и в свободном обмене токены COMP не появились. С помощью таких токенов их владельцы могут голосовать по поводу различных решений относительно функционирования протокола – например, изменения залогового фактора того или иного токена, добавление новых токенов и прочее.⁶

Позже, управляющими протоколом было вынесено и единогласно принято решение наделять всех участников протокола (тех, кто размещает депозиты и берут кредиты) токенами управления COMP пропорционально их балансу, причём не единожды, а после каждого согласованного блока в блокчейне Ethereum. В некотором роде, произошло ICO,

⁵ Подробнее технические аспекты, а также формулы, по которым формируется обменный курс между исходными и синтетическими токенами описаны в документации проекта [127]

⁶ Все проведённые голосования и их решения, а также кто как проголосовал содержит в специальном разделе сайта, посвящённому протоколу Compound <https://compound.finance/governance>

после чего токен COMP начал торговаться на основных криптовалютных биржах. Примечательно, что по своим функциям данные токены управления можно соотнести с акциями публичных компаний – с помощью них можно принимать решение относительно будущего развития протокола. При этом их можно как купить на бирже (текущая цена одного COMP около 110\$), так и заработать, размещая средства в пул ликвидности.

На текущий момент разработчики дали на откуп владельцам COMP относительно немного вопросов для обсуждения. Со временем, однако, они планируют полностью перевести протокол Compound в форму децентрализованной автономной организации (decentralized autonomous organization, DAO), где все решения, вплоть до параметров модели процентных ставок, будет решаться децентрализованно с помощью голосования токенами COMP.

Compound не является уникальным протоколом, существует множество других, выполняющих схожие функции. Сегодня многие из таких протоколов уже установили связь друг с другом или работают над этим, а значит использование синтетических залоговых токенов на разных платформах становится всё проще даже для оплаты реальных товаров и услуг на кредитные средства, полученных не в банке, а с помощью DeFi сервисов. Пулы ликвидности используются децентрализованными криптовалютными биржами, которые суть такие же наборы смарт-контрактов, позволяющие рядовым пользователям выступать в качестве маркер-мейкеров (поставщиков ликвидности) и зарабатывать комиссионные за проводимые на децентрализованных биржах операции.

Тем не менее, многие наблюдатели и эксперты (см, например, [7] и [9]) сравнивают текущую популярность DeFi сервисов с пузырьком вокруг ICO, на сходство с которым указывает резкий рост капитализации данного сектора (см. рисунок 1 выше), а также пример с привлечением \$16 млн. на смарт-контракт проекта, который даже не был анонсирован. Это, к сожалению, не единственный случай и, возможно, с ростом популярности данного сегмента и дискуссии вокруг него, новостей о “резком росте и последующем падении” модного DeFi токена или похищении всех средств “вкладчиков” со счетов смарт-контракта недавно возникшего пула ликвидности будет лишь больше. К концу 2020 года официально регуляторы ничего не заявляли касательно данной сферы крипторынка. Стоит отметить, что работа и выпуск DeFi токенов, по-видимому, не попадают под имеющееся законодательство об ICO разных стран. Хотя по формальному признаку тот же токен управления COMP протокола Compound можно отнести к определению ценной бумаги (security token), данный сектор остаётся на сегодня довольно незначительным для привлечения к нему внимания регуляторов.

Проводя параллели с “лихорадкой ICO” 2017 года, можно предположить следующее. Сектор продолжит свой рост и при капитализации хотя бы в \$100 млн. привлечёт внимание регулятора. После чего капитализация сектора упадёт ввиду юридический ограничений, однако те проекты, которые вовремя подстроятся под конъюктуру, смогут укрепить свои позиции. При должном юридическом оформлении, некоторые элементы и технические решения, существующие сейчас в секторе DeFi, смогут найти применение в таком крупном частном проекте как Libra от Facebook, или даже в отдельных распределённых реестрах, на которых будут построены цифровые валюты центральных банков (ЦВЦБ).

Подводя итог данному разделу, мы можем заключить, что, несмотря на скромный объём сектора DeFi в абсолютном выражении (\$10 млрд. на конец 3 квартала 2020 года), он вырос в 10 раз менее чем за год (с менее \$1 млрд. в начале года). С технологической точки зрения решения в данном секторе представляют определённый интерес, так как пытаются построить аналоги традиционных финансовых и банковских сервисов, в которых вместо соответствующих учреждений выступает совокупность смарт-контрактов, работающих в автоматическом режиме. Отсутствие внимание регуляторов к данному сектору, однако, выражается в большом количестве схем Понци, которые завуалированы под новые DeFi проекты. Сфера криптовалют уже переживала аналогичный период в 2017-2018 годах. Тем не менее, технические решения, тестируемые сейчас в данной области, через 5-10 лет могут действительно быть использованы за её пределами, как это сейчас происходит с Libra и цифровыми валютами центральных банков, на появление которых значительным образом повлияло появление криптовалют.

2 Теоретические модели влияния криптовалют и ЦВЦБ на экономику

В последнее время активизировалась деятельность по разработке цифровых валют центральных банков (ЦВЦБ), продиктованная стремлением монетарных властей повысить эффективность платежных систем и выработать альтернативу проектам стейблкоинов по типу Libra. Особое внимание уделяется потенциальным рискам и выгодам, связанным с их эмиссией, а также ее последствиям для банковской сферы и денежно-кредитной политики. Первая проблема эмиссии ЦВЦБ состоит в возможном снижении роли традиционной банковской системы. Вторая проблема касается изменения функционирования каналов денежно-кредитной трансмиссии. Третья проблема связана с тем, что в случае кризисной ситуации часть экономических агентов предпочтет перевести свои средства из коммерческих банков в ЦВЦБ в центральном банке. Это может привести к нестабильности остатков на депозитных счетах в коммерческих банках. Перечисленные

проблемы тесно взаимосвязаны, а значимость и соотношение рисков и выгод от эмиссии ЦВЦБ не до конца очевидны. В то же время при «правильном» дизайне ЦВЦБ могут стать новым эффективным инструментом в руках монетарных властей.

В таблице 1 представлен анализ рисков, связанных с выпуском розничных ЦВЦБ, в предположении о том, что розничные ЦВЦБ будут эмитироваться путем обмена на наличные или резервы. [10] Одним из способов снизить риски, связанные с вопросами безопасности, служит выпуск сравнительно небольшого объема ЦВЦБ для параллельного обращения с существующими фиатными деньгами с целью тестирования безопасности и других характеристик ЦВЦБ. При этом центральные банки должны разрабатывать свои системы так, чтобы они не были привязаны лишь к одному криптографическому методу.

Помимо рисков, можно выделить потенциальные выгоды от эмиссии ЦВЦБ. Использование новой технологии, которая обеспечивает децентрализованное проведение транзакций, может значительно сократить число посредников и комиссий при осуществлении переводов. Тем не менее не очевидно, повышает ли снижение числа посредников эффективность в рамках системы в целом, поскольку финансовые посредники помогают агентам находить друг друга на рынке, что особенно важно применительно к людям с низким уровнем финансовой грамотности: финансовые посредники обеспечивают экономическим агентам доступ к финансовым рынкам, инструментам и услугам.

ЦВЦБ могут повысить эффективность оптовых платежных систем, а также снизить операционные издержки, требования к ликвидности и обеспечению/залогам, а также затраты на урегулирование транзакций. Однако в оптовых платежных системах на базе ЦВЦБ, как и в традиционных, которые используют резервы для урегулирования расчетов по сделкам, существуют кредитный риск, риск ликвидности, расчетный и операционный риски. Соотношение этих рисков в платежных системах на основе ЦВЦБ в настоящее время неизвестно и может значительно отличаться от распределения рисков в традиционных платежных системах. Оно будет в значительной степени зависеть от выбранных технических решений для осуществления платежей (протоколы эмиссии, политика предоставления внутрисуточной ликвидности, (не)выплата процентов по ЦВЦБ и т. д.). ЦВЦБ также могут повысить устойчивость розничных платежных систем. В случае сбоя в работе банковских переводов у агентов будет существовать альтернативная возможность совершить платеж.

Таблица 1 – Обсуждение рисков, связанных с эмиссией розничных ЦВЦБ

Последствия эмиссии ЦВЦБ	Возможные отрицательные	Возможные положительные	Способы снижения отрицательных эффектов
--------------------------	-------------------------	-------------------------	---

	эффекты	эффекты	
Появление безрискового обязательства ЦБ в цифровой форме.	<ul style="list-style-type: none"> — Переток банковских депозитов в безрисковые ЦВЦБ [11], [12] — изменение балансов экономических агентов [13], [14] — снижение предложения кредита, увеличение вложений в банковские рискованные активы, [15] — повышение вероятности «набега на банки» в случае финансовой нестабильности, [11], [16] — снижение роли банков в экономике, исчезновение двухуровневой банковской системы [16]. 	<p>Появление дополнительного инструмента для диверсификации активов экономическими агентами [17].</p>	<ul style="list-style-type: none"> — Создание «государственно-частного партнерства», в рамках которого коммерческие банки будут участвовать в хранении ЦВЦБ экономических агентов и совершении транзакций. [18] — кредитование коммерческих банков центральным банком в случае оттока депозитов в ситуации финансовой нестабильности, [19] — установление ставки по ЦВЦБ (в случае ее выплаты) внутри процентного коридора [20], — смягчение проблемы ZLB [21], [22], [17]
Изменение функционирования механизмов денежно-кредитной трансмиссии	Уменьшение контроля над денежной сферой из-за снижения роли банков в экономике. [11]	При правильном дизайне ЦВЦБ могут стать дополнительным инструментом ДКП, усиливающим работу процентного канала. [23], [12]	
Снижение величины наличных денег в обращении	Потеря дохода от сеньоража. [24]	Снижение издержек эмиссии бумажных денег [17].	

Примечание – Источник: составлено авторами.

3 Мировая практика внедрения ЦВЦБ

С момента появления первой криптовалюты Bitcoin в 2009 г. прошло уже больше 10 лет. За это время криптоэкономика успела пережить фазы становления, спекулятивного роста и снижения широкой популярности⁷.

Возникновение и широкое распространение криптовалют привело к тому, что монетарные власти развитых и развивающихся стран начали обсуждать перспективы эмиссии собственных цифровых валют, а ряд центральных банков (ЦБ) уже запустил соответствующие проекты (central bank digital currency, CBDC, ЦВЦБ). Отметим, что в литературе в настоящее время отсутствует общепринятое определение ЦВЦБ. На первых этапах цифровые валюты, которые потенциально могли быть эмитированы монетарными властями, назывались «криптовалюты центральных банков» (central bank cryptocurrencies, CBCC, KBЦБ), что подчеркивало их сходство с «криптовалютами» с тем отличием, что первые выпускаются центральным эмитентом. В докладе Банка международных расчетов (БМР) говорится, что «KBЦБ – это электронная форма денег центрального банка, которые могут обмениваться децентрализованным образом, известным как пиринговый (также одноранговый), когда сделки проходят напрямую между плательщиком и получателем платежа без привлечения центрального посредника» [25]. В работе [26] сделан акцент на еще одной характеристике ЦВЦБ – ее общедоступности: такая криптовалюта должна быть проста в получении и использовании для совершения платежей.

Впоследствии БМР [11] начал использовать термин «цифровые валюты центральных банков» вместо «криптовалюты центральных банков», чтобы подчеркнуть: в отличие от криптовалют, которые не являются чьим-либо обязательством, цифровые валюты центральных банков – это обязательство ЦБ наряду с наличными деньгами и резервами. В том же отчете БМР указывает на отсутствие четкого определения ЦВЦБ и говорит о них как о новом виде денег ЦБ, номинированных в существующей единице измерения, которые служат в качестве средств платежа и сохранения стоимости. В соответствии с работой [11], «ЦВЦБ – это цифровая форма денег центрального банка, отличная от кассовых остатков на традиционных резервных и расчетных счетах».

По мнению экспертов МВФ, ЦВЦБ «будут представлять собой широко принимаемую цифровую форму фиатных денег и станут законным платежным средством. Придет день, и они смогут целиком вытеснить наличность, имеющую физическое

⁷ В отечественной литературе вопросам изучения криптовалют и их рынков, применению технологии блокчейн, а также эволюции денежно-кредитных систем посвящены, в частности, работы [126], [125], [124], [123], [122].

представление. По-видимому, ЦВЦБ – естественный этап в процессе эволюции официальной эмиссии (от металлических денег до денег, обеспеченных драгоценными металлами, и до фиатных денег, имеющих физическое представление)» [12]. Отметим, что новизна ЦВЦБ будет определяться универсальной доступностью для всех типов экономических агентов, а не электронной формой денег, поскольку ЦБ и раньше эмитировали цифровые деньги в форме средств на расчетных счетах и резервов, которые были предназначены для использования коммерческими банками и другими финансовыми организациями.

О ЦВЦБ обычно говорят как о «деньгах», и существуют две формы эмиссии денег: токены и средства на счетах. В виде токенов эмитируются привычные нам фиатные деньги (банкноты и монеты), имеющие физическое представление, а также криптовалюты, например, Bitcoin, Ripple, Ethereum. В виде средств на счетах эмитируются резервы коммерческих банков (внешние деньги) или средства населения и фирм на счетах в коммерческих банках (внутренние деньги). Розничные ЦВЦБ могут эмитироваться как в форме токенов, так и в форме средств на счетах; оптовые ЦВЦБ предполагают эмиссию в форме токенов (см. таблицу 2).

Таблица 2 – Виды ЦВЦБ по своей экономической сути и форме эмиссии

	Форма эмиссии	
	Токены	Средства на счетах
Аналог наличности	Розничные ЦВЦБ	
Аналог резервов	Оптовые ЦВЦБ	---

Примечание – Источник: составлено авторами.

Отсутствие обсуждения эмиссии оптовых ЦВЦБ в форме средств на счетах объясняется во многом тем, что оптовые ЦВЦБ по сути своей являются базой для платежной системы, используемой финансовыми посредниками. На сегодняшний день конечное урегулирование расчетов в рамках крупных платежных систем (как валовых, так и неттинговых, как частных, так и принадлежащих центральным банкам) происходит при помощи резервов – электронных средств посредников, лежащих на счетах в ЦБ. Другими словами, по факту резервы и являются ЦВЦБ для финансовых посредников, эмитированными в форме средств на счетах, однако резервы в форме токенов на сегодняшний день не существуют. К проектам оптовых ЦВЦБ относятся Jasper⁸ (Банк Канады и Платежная ассоциация Канады), Ubin⁹ (Монетарное управление Сингапура в

⁸ <https://www.bankofcanada.ca/research/digital-currencies-and-fintech/projects/>

⁹ <https://www.mas.gov.sg/schemes-and-initiatives/Project-Ubin>

партнерстве с финансовыми организациями), Stella¹⁰ (Банк Японии и ЕЦБ), Khokha¹¹ (Южно-Африканский резервный банк в партнерстве с коммерческими банками), Aber¹² (Монетарные власти Саудовской Аравии и Центральный банк ОАЭ), Lion Rock-Inthanon¹³ (Монетарные власти Гонконга и Банк Тайланда при участии финансовых организаций). Необходимо отметить, что проекты носят симуляционный характер с целью оценки рисков и преимуществ использования технологии распределенного реестра для совершения крупных платежей финансовыми организациями. Более ранние фазы запуска проектов показали, что выигрыши от использования технологии блокчейн для совершения платежей внутри одной страны, по всей видимости, невелики [27]. Однако существенный интерес представляют перспективы использования технологии блокчейн, позволяющей снизить число посредников, время на совершение транзакции, а значит, и издержки, в сфере трансграничных платежей [28], [29].

Общедоступная ЦВЦБ (retail) представляет собой аналог наличности в цифровом виде. Идея открытия и ведения счетов для физических лиц в центральных банках восходит к работе Дж. Тобина [30]. Сегодня только коммерческие банки имеют доступ к счетам ЦБ, а резервы коммерческих банков хранятся в форме электронных денег.

Главное различие между деньгами, основанными на токенах и счетах, – способ верификации контрагентов и средств платежа при совершении транзакции. В случае токенов обычно отсутствует необходимость верифицировать агента, однако требуется проверить подлинность токена, поскольку он мог быть израсходован в другой транзакции. Напротив, для денег на банковских счетах важно прежде всего определить личность их владельца с целью снизить риск кражи персональных данных и денежных средств, а также сопоставить отправителя и получателя платежа.

В отличие от оптовых ЦВЦБ, с розничными ЦВЦБ ситуация обстоит иначе: содержательно вне зависимости от формы эмиссии они будут являться электронной (или цифровой) наличностью. Проведенный БМР опрос [31] показывает, что большее развитие в мире за последние годы получили проекты розничных ЦВЦБ, что во многом обусловлено комбинацией следующих причин:

¹⁰ <https://www.ecb.europa.eu/paym/intro/news/html/ecb.mipnews190604.en.html>

¹¹

https://www.resbank.co.za/Lists/News%20and%20Publications/Attachments/8491/SARB_ProjectKhokha%2020180605.pdf

¹² <http://www.sama.gov.sa/en-US/News/Pages/news29012019.aspx>

¹³ https://www.bot.or.th/English/AboutBOT/Activities/Pages/Inthanon_LionRock.aspx

– Продолжающимся снижением спроса на наличные деньги в таких странах, как Швеция и Норвегия, и необходимостью монетарных властей обеспечить доступ населения к обязательствам ЦБ [31],

– Возможным изменением платежных привычек населения в будущем в таких странах, как Япония и ЕС, уходом от использования наличных и запросом на новое платежное средство [32], [33],

– Потенциальным повышением эффективности в сфере финансового посредничества, связанным со снижением издержек и рисков [31], [34],

– Необходимостью создания альтернатив частным проектам стейблкоинов (например, Libra), которые могут угрожать суверенитету монетарных властей [32], [34],

– Противодействием преступной и противоправной деятельности [35], [36], [37].

На фоне текущей пандемии коронавирусной инфекции список причин для эмиссии ЦВЦБ пополнился еще одной, а именно, потребностью в безопасном во всех смыслах этого слова цифровом аналоге наличных [32], [38]. Серьезные опасения населения планеты, касающиеся возможности заражения инфекцией при использовании наличных денег, нашли отражение в недавно проведенном исследовании БМР [39]. Опрос, проведенный в марте-апреле 2020 года в Великобритании также подтверждает снижение использования наличных населением для совершения покупок¹⁴ [39].

ЦВЦБ могут обладать набором черт (также присущих деньгам и/или активам), которые будут определять их влияние и последствия для платежной и финансовой систем, а также монетарной политики. Первая характеристика – период доступности цифровой валюты ЦБ для пользователей: на текущий момент доступ к электронным деньгам ЦБ для конечного урегулирования расчетов между ними ограничен операционными часами его работы (менее 24 часов в сутки) и пятью рабочими днями в стандартную неделю. Возможно, доступ к ЦВЦБ будет открыт всегда (24 часа 7 дней в неделю, по аналогии с наличными деньгами). Кроме того, ЦВЦБ могут быть доступны для использования в течение длительного периода, или срок их жизни будет ограничен, например, одним операционным днем. Вторая характеристика – возможная анонимность платежей. Цифровая валюта на базе токенов может обеспечивать пользователям разный уровень анонимности, как в случае с частными цифровыми валютами. Так, транзакции в Bitcoin псевдонимные, то есть история платежей записывается, фиксируя публичные данные отправителя и получателя, однако свои персональные данные контрагенты могут не

¹⁴ Снижение использования наличных объясняется двумя взаимосвязанными причинами: опасения заражения при использовании наличных и увеличение доли интернет торговли вследствие локдауна и режима самоизоляции.

открывать как друг другу, так и третьим лицам. Третья характеристика связана с механизмом передачи данных. Обмен ЦВЦБ может происходить двумя способами: на базе пиринговой системы по аналогии с наличными деньгами или с помощью третьего лица – посредника, в качестве которого может выступать ЦБ, коммерческий банк или иной институт. Важный вопрос – наличие или отсутствие процентного дохода по ЦВЦБ. По аналогии с другими формами цифровых денег ЦБ он технически возможен (как на базе токенов, так и на основе счетов). Выплата положительных ставок по ЦВЦБ, при прочих равных условиях, повысит привлекательность актива. Кроме того, могут вводиться количественные ограничения на величину ЦВЦБ, которыми владеют экономические агенты.

В рамках базовой архитектуры розничных ЦВЦБ – это обязательство ЦБ, ЦБ или финансовые посредники обслуживают клиентов (KYC), ЦБ осуществляют розничные платежи.

В рамках платежных систем на базе гибридных ЦВЦБ последние являются обязательством ЦБ; финансовые посредники обслуживают клиентов (KYC) и осуществляют розничные платежи; ЦБ периодически записывает данные по «розничным» остаткам.

В рамках платежных систем на базе синтетических (непрямых, двухуровневых) ЦВЦБ последние являются обязательством коммерческих банков; финансовые посредники обслуживают клиентов (KYC) и осуществляют розничные платежи; ЦБ периодически записывает данные по «крупным» (wholesale) остаткам.

Несмотря на потенциальную привлекательность ЦВЦБ в качестве нового инструмента монетарной политики, риски, связанные с их эмиссией, подробно обсуждавшиеся ранее, разнообразны и высоки. Именно это объясняет аккуратность центральных банков в сфере практического запуска своих цифровых валют. Согласно результатам опроса БМР за 2019 г., в котором приняли участие 66 центральных банков (21 из них расположен в развитых странах и 45 в странах с формирующимся рынком), 80% ЦБ ведут изучение цифровых валют. [31] По состоянию на конец мая 2020 года МВФ [17] сообщает о 6 пилотных проектах розничных ЦВЦБ, 30 странах, изучающих розничные ЦВЦБ, включая проекты разной степени проработанности, а также о 10 проектах розничных ЦВЦБ центральных банков, не имеющих официального подтверждения со стороны властей (см. таблицу 3).

Таблица 3 – Страны, изучающие перспективы и последствия эмиссии розничных ЦВЦБ

Пилотные	Проведение исследований и/или разработка	Изучение и разработка
----------	--	-----------------------

проекты ЦВЦБ	проектов ЦВЦБ			проектов ЦВЦБ без официального подтверждения
Багамы	Австралия	Канада	Тунис	Бахрейн
Китай	Бразилия	Кюрасао и Синт-Мартен	Турция	Гаити
	Гана	Маврикий	Финляндия	Египет
Организация Восточно-карибских государств	Гонконг	Марокко	Чили	Иран
	Дания	Новая Зеландия	Швейцария	Казахстан
	Еврозона, а также отдельно входящие в нее страны	Норвегия	Швеция	Ливан
	Израиль	Россия	ЮАР	Пакистан
Украина	Индия	Соединенное Королевство	Южная Корея	Палестина
Уругвай	Индонезия	США	Ямайка	Руанда
Эквадор	Исландия	Тринидад и Тобаго	Япония	Филиппины

Примечание – Источник: составлено автором по материалам [17].

Первый пилотный проект ЦВЦБ был запущен в Эквадоре. Особенностью национальной экономики Эквадора является долларизация, имевшая место в 2000 г. вследствие потери доверия населения к национальной валюте из-за гиперинфляции. В 2015 г. монетарные власти эмитировали ЦВЦБ, Dinero electrónico (DE). Однако центральный банк столкнулся с проблемой недоверия населения к новому платёжному инструменту: число активных кошельков составило 42 тыс. при открытых 402,5 тыс. Причина недоверия крылась в том, что DE эмитировался против долларовых депозитов населения в центральном банке. Однако экономические агенты сомневались в возможности обратного обмена DE на доллары США. Всего через систему удалось собрать \$11,3 млн.; в среднем совершалось 1100 транзакций в день; всего было совершено транзакций на \$65 млн. Проект был закрыт в апреле 2018 г., соответствующий опыт был признан неудачным.

В ноябре 2017 г. – апреле 2018 г. свою цифровую валюту e-Peso тестировал центральный банк Уругвая. В рамках пилотного проекта доступ к ЦВЦБ получили 10 тысяч пользователей сотового оператора ANTEL, поддерживавшего электронные кошельки. Ввод и вывод средств обеспечивался через платежную систему RedPagos. За время проекта всего было эмитировано 20 млн уругвайских песо (первый транш составил 7 млн). ЦБ Уругвая ввел лимиты на величину кошелька, использовать e-Peso можно было для осуществления P2P переводов и покупки в отдельных магазинах. Несмотря на позитивный опыт монетарных властей, пилотный проект был завершен. На текущий момент информация о его возможном продлении в открытых источниках отсутствует.

Украина в сентябре-декабре 2018 г. запустила пилотный проект розничной ЦВЦБ Е-Нryvnia (УАН) с ограниченной эмиссией. Всего был открыт 121 анонимный электронный кошелек, 79 из них использовались. ЦБ Украины установил лимиты и ограничения на объем средств на кошельках и проводимые транзакции. Традиционно для пилотных проектов имело место отсутствие процентного дохода по ЦВЦБ. С Е-Нryvnia разрешалось совершать следующие операции (в скобках указаны итоговые суммы транзакций, которые, в целом, не являются значительными):

- P2P переводы (УАН 2117),
- Пополнение электронного кошелька (УАН 5479),
- Вывод средства с электронного кошелька (УАН 915),
- Благотворительные переводы военным (УАН 3428),
- Пополнение счета мобильного телефона (УАН 223).

Отдельного обсуждения, на наш взгляд, заслуживает опыт островных государств, поскольку эмиссия ЦВЦБ в таких странах потенциально должна привести к повышению эффективности платежной системы. Так, например, Багамы в декабре 2019 г. запустили пилотный проект “Project Sand Dollar” на острове Эксума, а в феврале 2020 г. на острове Абако. Ключевыми характеристиками проекта являются следующие:

- ЦВЦБ не является анонимной,
- Имеют место ограничения на объем ЦВЦБ в электронном «кошельке» и лимиты на совершения транзакций,
- Платежи осуществляются либо при помощи QR-кодов, либо через электронные «реквизиты».

Организацией Восточно-карибских государств также был запущен пилотный проект под названием “DXCD Caribe”. 12 марта 2019 г. стартовала первая фаза, «разработка и тестирование», продолжительностью 1 год. Вторая фаза проекта, непосредственный запуск цифровой валюты ЦБ, должна была начаться в середине марта 2020 г., однако из-за пандемии коронавирусной инфекции стартовала в конце июля 2020 г. Вторая фаза сопровождалась внедрением ЦВЦБ в отдельных государствах (Антигуа, Барбуда, Гренада, Сент-Люси, Сент-Китс и Невис), заявленная продолжительность фазы составляет 6 месяцев. Можно выделить следующие ключевые детали проекта:

- Эмитируется ЦБ, распределяется банками и финансовыми организациями,
- Участвовать в проекте может любой желающий, обратившись в банк и пройдя процедуру KYC,
- Платежи/переводы осуществляются при помощи телефонов,

- USD\$1.00 = DXCD2.70,
- ЦВЦБ позиционируется как средство платежа, а не средство сбережения или инвестиционный инструмент,
- Имеют место лимиты и ограничения,
- Процентный доход отсутствует.

К наиболее обсуждаемым проектам розничных ЦВЦБ относится китайский «цифровой юань»: DCEP (Digital Currency Electronic Payment), запущенный в апреле 2020 г. в 4 регионах страны (Шэньчжэне, Сянгане, Чэнду и Сучжоу). Первоначально эмиссия осуществлялась через обмен на резервы банков, которые проводили выплаты субсидий чиновникам. Инфраструктура проекта поддерживается банками, в частности, Сельскохозяйственным банком Китая, а платежи осуществляются через мобильное приложение. Цифровой юань можно потратить следующими способами:

- Оплата общественного транспорта,
- Покупка товаров (продуктов) у ограниченного списка компаний,
- Перевод средств на счет.

Необходимо отметить, что официальных данных о пилотном проекте Китая достаточно мало, однако Народный Банк подчеркивает, что речь не идет об официальном запуске ЦВЦБ.

Помимо ЦВЦБ в мире появляются так называемые государственные розничные криптоактивы, эмитируемые не монетарными властями, а правительствами. Первым примером является проект Petro в Венесуэле – криптоактива, «обеспеченного» нефтью. Целью эмиссии явилась попытка смягчить последствия санкций США и ЕС. Вторым примером являются Маршалловы острова, планирующие эмиссию криптоактива (SOV=Sovereign), который должен стать законным платежным средством, как и доллар США.

В настоящее время монетарные власти стран заняты более детальным анализом всех составляющих эмиссии ЦВЦБ [17]. К основным прорабатываемым вопросам относятся:

- Понимание мотивов, целей и последствий эмиссии, анализ возможности достижения стоящих целей при помощи уже существующих платежных инструментов, в т.ч. частных,
- Обсуждение инфраструктуры, требуемой для эмиссии и последующего обращения ЦВЦБ, которая позволила бы максимально снизить риски вытеснения банков из сферы финансового посредничества. В качестве основных решений предлагается либо

привлекать коммерческие банки к проведению платежей в ЦВЦБ, либо делегировать право эмиссии так называемых синтетических ЦВЦБ коммерческим банкам под обеспечение резервами. Эти схемы также требуют дополнительного изучения технических и операционных рисков,

– Изменение правового поля, необходимое для эмиссии нового вида обязательства ЦБ¹⁵.

Фактическая эмиссия ЦВЦБ является сложным процессом ввиду масштабности последствий. Запущенные пилотные проекты предполагали ограниченную эмиссию цифровой валюты и, в целом, выводы относительно их успешности являются неоднозначными, в т.ч. по причине слабого принятия нового инструмента населением [31], [12]. Другими словами, первостепенными факторами запуска ЦВЦБ являются спрос на них со стороны экономических агентов, а также доверие населения к монетарным властям, эмитирующим новое обязательство.

Согласно опросу центральных банков, проведенному БМР, есть все основания полагать, что отдельные ЦВЦБ будут запущены уже в течение следующих пяти лет [31]. Все это указывает на необходимость более детального обсуждения проблем эмиссии цифровых валют и активов в их широком понимании, а также координации работы со стороны властей разных стран и мировых организаций.

Можно заключить, что деятельность властей должна быть направлена на обеспечение и поддержание функционирования цифровых валют и активов в «белом», а не «сером» экономико-правовом поле, поскольку запрет на использование новых цифровых инструментов приведет, по всей видимости, не к отказу от них, а к еще большему уходу крипто-инвесторов «в тень»; чтобы избежать этого, необходимо формировать непротиворечивое регулирование в области цифровых валют и активов.

Активизация монетарных властей различных стран в области разработки и запуска пилотных проектов собственных цифровых валют указывают на необходимость изучения и анализа не только перспектив эмиссии национальной цифровой валюты, но и отказа от ее эмиссии Банком России. На наш взгляд, принятие решения об эмиссии ЦВЦБ или отказе от ее использования должно быть обосновано результатами исследований. Существуют опасения, что отказ от эмиссии цифровой валюты в России в случае запуска ЦВЦБ другими странами может ухудшить положение национальной экономики ввиду описанных выше рисков. В связи с этим публикация 13 октября 2020 г. Банком России

¹⁵ Согласно [42], почти 25% центральных банков уже обладают или скоро будут обладать правом эмитировать ЦВЦБ, в то время как у 1/3 ЦБ такого права нет, а около 40% ЦБ не уверены в том, что они обладают такими правами.

Доклада для общественных консультаций «Цифровой рубль» [40], посвященного обсуждению эмиссии национальной ЦВЦБ, является исключительно важным шагом монетарных властей.

4 Оценка эмпирических моделей

4.1 Сравнение криптовалют с другими финансовыми активами

В настоящем же разделе мы сосредоточимся на анализе некоторых статистических свойств рядов доходностей криптовалют и их связи с широким набором традиционных активов.

Во-первых, мы попытаемся понять, какое место в пространстве основных рыночных инструментов занимает криптовалюта. Активная дискуссия в экспертном и научном сообществах ведется относительно того, являются ли криптовалюты (в частности Bitcoin) защитными активами (safe-heaven) во времена спада на финансовых рынках. В настоящий момент мировая экономика вошла в состояние рецессии в связи с пандемией коронавируса COVID-19. Мировые рынки с начала марта 2020 года продемонстрировали значительное падение. Таким образом, мы попробуем протестировать, выполняли ли криптовалюты функции защитных активов на этом временном отрезке.

Во-вторых, с помощью построения моделей условной гетероскедастичности (GARCH) мы оценим свойства условной дисперсии (волатильности) рядов криптовалют и то, насколько волатильность на мировых рынках активов влияет на волатильность криптовалют. Также с помощью модели, учитывающей асимметричность влияния шоков на условную дисперсию (GJR-GARCH), мы проверим наличие эффекта леввереджа (leverage effect) в рядах доходностей криптовалют. Присутствие данного эффекта означает, что участники рынка ассоциируют падение цены актива с ростом риска, что свойственно стандартным финансовым активам.

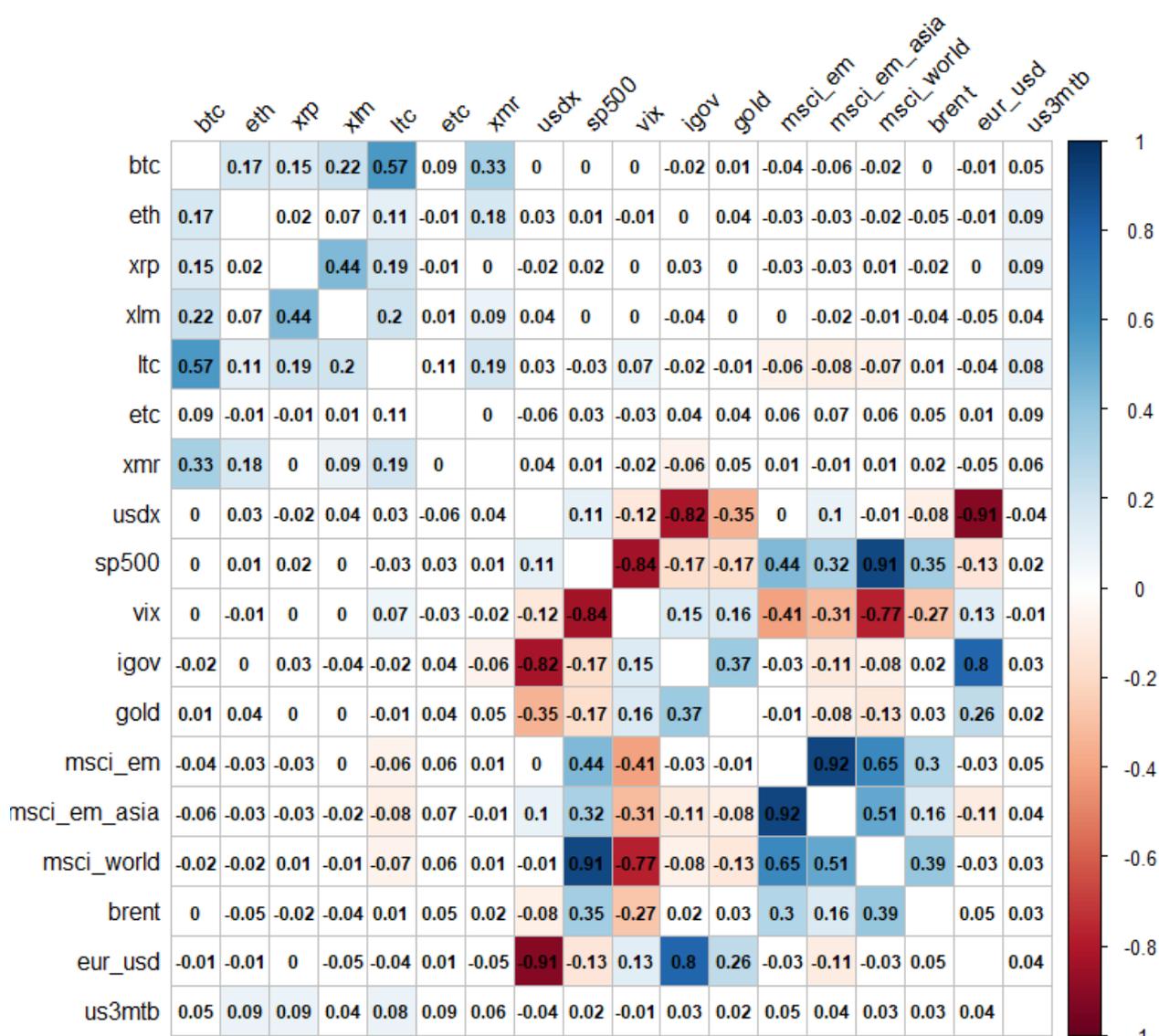
Для проведения эконометрического и статистического анализа были собраны данные по крупнейшим по капитализации криптовалютам, не являющихся стейблкоинами: Bitcoin (BTC), Ethereum (ETH), Ripple (XRP), Stellar (XLM), Bitcoin Cash (BCH), Litecoin (LTC), EOS, Binance Coin (BNB), Cardano (ADA), Tezos (XTZ), Ethereum Classic (ETC), Monero (XMR).¹⁶ Дата появления каждой криптовалюты индивидуальна, однако самая первая дата в источнике – 28 апреля 2013 года. В связи с этим первые наблюдения для Bitcoin и Litecoin характеризуются именно этой датой, несмотря на то что Bitcoin возник 3 января 2009 года, а Litecoin – 12 октября 2011 года.

¹⁶ Источник данных – сайт coinmarketcap.com.

Многие работы показали, что в данный период на рынке криптовалют наблюдался пузырь (см., например, [41]). Для получения корректных результатов, следовательно, необходимо из анализа исключить периоды пузырей. Для целей настоящего анализа, а также с учётом соответствующей литературы было принято решение исключить из рассмотрения убрать два периода, ассоциировавшихся с крупными пузырями на рынке криптовалют – это период с 1 июля 2013 года по 1 апреля 2014 и с 1 мая 2017 года по 1 апреля 2018 года.

В качестве первого инструмента анализа взаимосвязи криптовалют друг с другом и с традиционными финансовыми активами мы используем корреляционные матрицы дневных доходностей. Для того чтобы проследить динамику изменений в корреляциях, корреляционные матрицы строятся для трёх периодов: период между двумя криптовалютными пузырями, который является одновременно временем становления сектора криптовалют (с 1 апреля 2014 года по 1 мая 2017 года); период после криптовалютного пузыря, но до начала падения рынков во время эпидемии коронавируса (с 1 мая 2018 года по 1 марта 2020 года); период после начала падения рынков и до конца выборки (с 1 марта 2020 года по 3 мая 2020 года).

На рисунке 3 представлена корреляционная матрица дневных доходностей в период между двумя пузырями на рынке криптовалют (с 1 апреля 2014 года по 1 мая 2017 года).

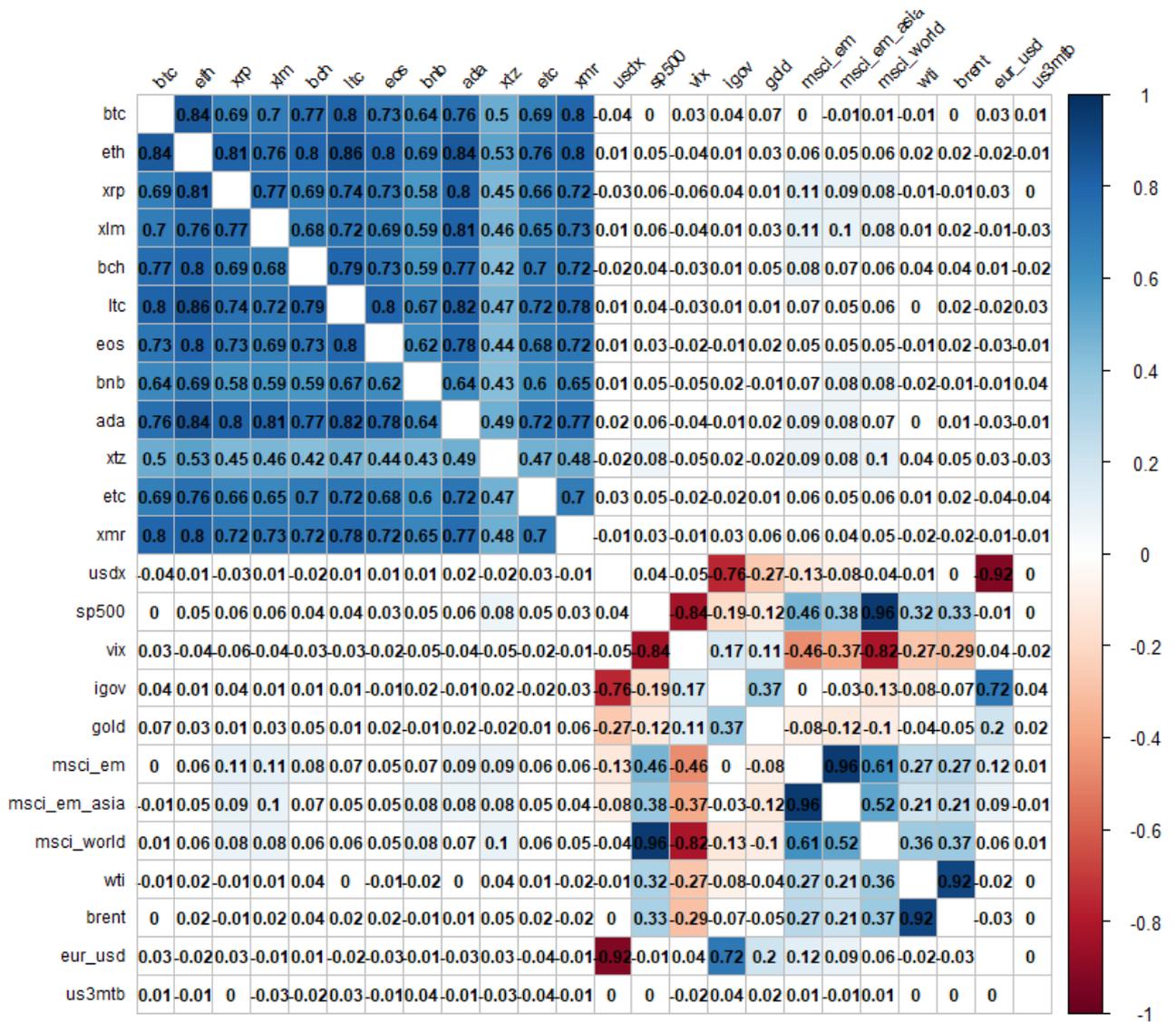


Примечание – Источник: расчёты авторов по данным coinmarketcap.com, Investing.com, Yahoo.finance.

Рисунок 3 – Корреляционная матрица дневных доходностей криптовалют и традиционных финансовых активов в период с 1 апреля 2014 года по 1 мая 2017 года

В период становления криптовалютного рынка большинство цифровых валют в некоторой степени коррелировали друг с другом, однако какая-либо значимая корреляция с другими финансовыми активами практически отсутствовала. В то же время можно сделать предположение о том, что на данном этапе криптовалюты могли использоваться в качестве защитного актива ввиду отсутствия связи с фондовым, валютным и товарными рынками. Отметим, однако, что никаких сильных потрясений на фондовом рынке не происходило, что в том числе выражается слабой отрицательной корреляцией между золотом и фондовым рынком (в виде индексов S&P500 и MSCI). В течение всего этого периода мировой фондовый рынок рос без каких-либо значительных коррекций, следовательно, спрос на защитные активы был невысоким.

На рисунке 4 представлена корреляционная матрица дневных доходностей в период после пузыря на рынке криптовалют, но до начала падения рынков во время эпидемии коронавируса (с 1 мая 2018 года по 1 марта 2020 года).



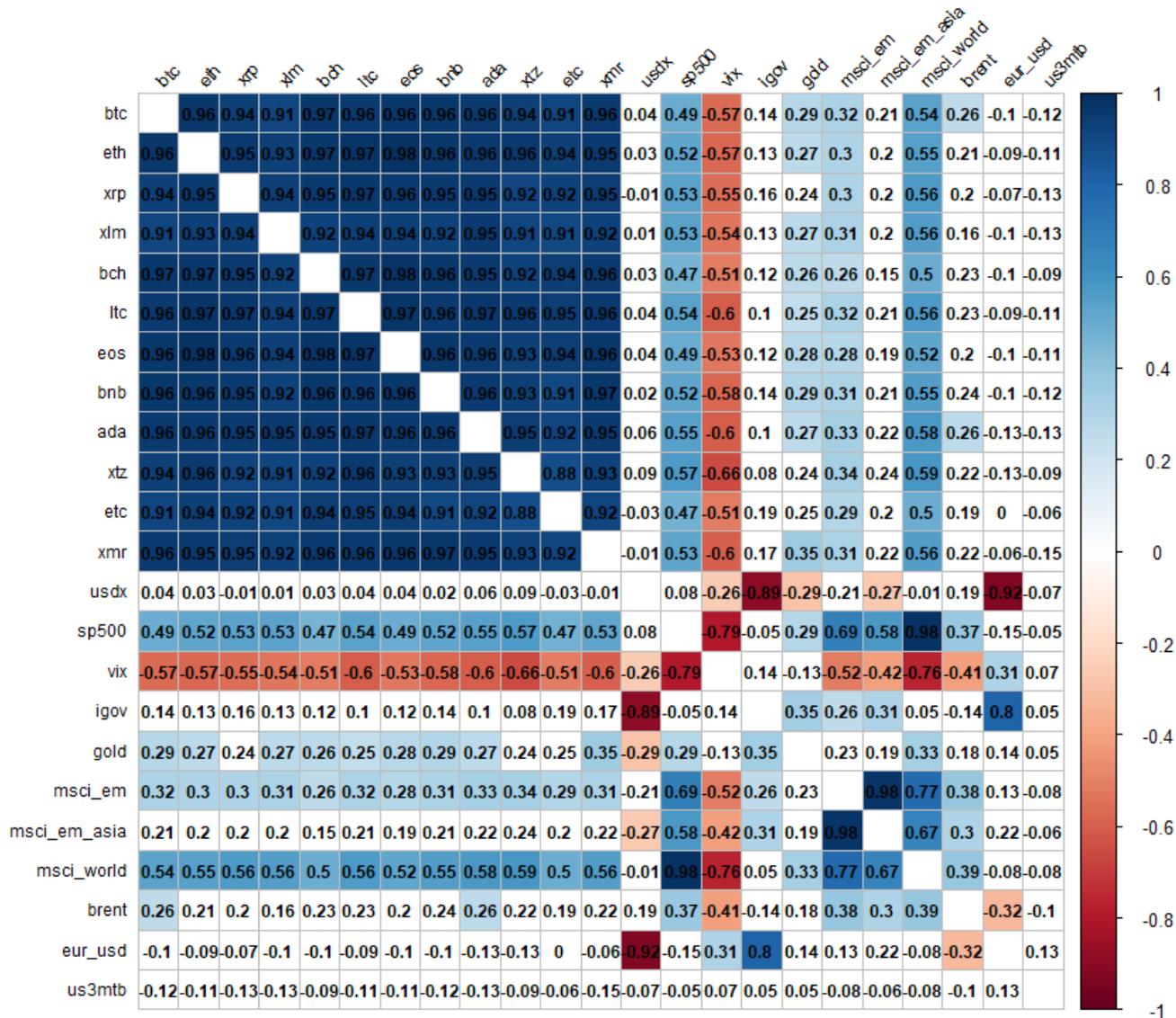
Примечание – Источник: расчёты авторов по данным coinmarketcap.com, Investing.com, Yahoo.finance.

Рисунок 4 – Корреляционная матрица дневных доходностей криптовалют и традиционных финансовых активов в период с 1 мая 2018 года по 1 марта 2020 года

После спада всеобщего интереса к криптовалютам и стремительного схлопывания пузыря на данном рынке, цифровые активы выделились в отдельный рынок, доходности активов на котором стали тесно коррелировать между собой. Отдельного внимания заслуживает криптовалюта Tezos (xtz), которая в среднем оказалась наименее скоррелированной с другими криптоактивами (коэффициент корреляции выше 0.5 только для основных криптовалют – Bitcoin и Ethereum). Тем не менее, и на данном периоде

криптовалюты как сектор не имеют какой-либо значимой корреляции на уровне ежедневных доходностей с традиционными финансовыми активами.

На рисунке 5 представлена корреляционная матрица ежедневных доходностей в период падения на рынках во время эпидемии коронавируса (с 1 марта 2020 года по 3 мая 2020 года).



Примечание – Источник: расчёты авторов по данным coinmarketcap.com, Investing.com, Yahoo.finance.

Рисунок 5 – Корреляционная матрица ежедневных доходностей криптовалют и традиционных финансовых активов в период с 1 марта 2020 года по 3 мая 2020 года

Корреляционная матрица ежедневных доходностей в период эпидемии коронавируса демонстрирует значительную корреляцию между криптовалютами и мировым фондовым рынком. В данные два месяца (март и апрель 2020 года) показатель корреляции криптовалют и индексов фондового рынка S&P 500 и MSCI World вырос с практически нулевого уровня, до, в среднем, значения 0.5, а с индексами развивающихся рынков – до

0.3 Если говорить о защитных активах, то в роли таковых выступили лишь фьючерсы на индекс волатильности американского фондового рынка (VIX), которые демонстрируют отрицательную корреляцию практически со всеми классами активов. Отметим, что золото в среднем двигалось синхронно с рынком и во многие дни являлось удачным средством хеджирования.

В момент падения рынка в качестве защитного актива выступали также трёхмесячные векселя Казначейства США, доходность по которым упала с 1,5% до 0%, что отражает рост их цены. Отметим, что в определённый момент золото падало вместе с рынком – самые низкие значения цены золота с начала года наблюдались в тот же момент, когда фондовый рынок достиг своего локального минимума. Отдельно стоит обратить внимание на индекс доллара и государственных облигаций развитых стран – с началом падения S&P 500 участники рынка хеджировали свои позиции в надёжных гособлигациях (не только США), однако, когда падение рынков усилилось, участники стали менять структуру своих портфелей, выкупая подешевевшие акции, с одной стороны, и переключаясь в американские облигации, с другой. Это объясняется одновременным падением пая биржевого фонда на индекс государственных облигаций IGOV, ростом индекса доллара США и продолжившемся падением доходностей по американским облигациям. Что касается криптовалют, то в данный кризис они не смогли сыграть роль защитных активов, а их динамика полностью совпала с динамикой мирового фондового рынка. Это подтверждает тот факт, что подавляющем количеством инвесторов данные активы воспринимаются не как защитный финансовый инструмент, с помощью которого можно захеджироваться от возможных убытков, но как лишь один из видов спекулятивных активов с высокой степенью риска.

Попробуем теперь детально рассмотреть взаимосвязь динамики криптовалют и других финансовых активов. Одним из основных инструментов моделирования волатильности финансовых активов является эконометрическая модель авторегрессионной условной гетероскедастичности (GARCH, Generalized AutoRegressive Conditional Heteroscedasticity), а также различные модификации данной модели. В общем виде модель выглядит следующим образом (см. формулы 1, 2 и 3).

$$e_t = \sqrt{\sigma_t^2} v_t, \quad (1)$$

$$v_t \sim N(0,1), \quad (2)$$

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha e_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2, \quad (3)$$

где e_t – некоторая случайная величина (остатки из уравнения среднего), имеющая нулевое среднее и дисперсию σ_t^2 ,

ν_t – инновации, распределённые нормально со средним 0 и единичной дисперсией, σ_t^2 – дисперсия случайной величины.

В качестве уравнения среднего будет использоваться модель авторегрессии первого порядка (см. формулу 4).

$$y_t = a + by_{t-1} + e_t, \quad (4)$$

где y_t – доходность некоторого актива в момент времени t .

Одной из интересных модификаций данной модели является модель авторегрессионной условной гетероскедастичности с учётом асимметричного влияния шоков на волатильность, предложенная Глостеном, Джаганнатаном и Ранклом (см. [42]) и носящая условное название GJR-GARCH.

Данная модель затрагивает спецификацию уравнения дисперсии (волатильности), которое приобретает вид в соответствии с формулой (5).

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha e_{t-1}^2 + \gamma I(e_{t-1} < 0) e_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2, \quad (5)$$

Данная модель позволяет оценить наличие эффекта леввереджа (коэффициент γ) отдельного ряда доходностей. Под эффектом леввереджа подразумевается рост волатильности финансового актива при падении его цены (отрицательной доходности или отрицательного шока в уравнении для средней доходности в прошлый момент времени). Данный эффект был описан Фишером Блэком в 1976 и связан со структурой баланса акционерного общества в части пропорций между собственным и заёмным капиталом (см. подробнее в работе [43]). Эффект леввереджа можно интерпретировать как рост ожидаемой доходности при падении цены на актив. Подразумевается, что цена может вернуться к своему некоторому “среднему” значению, то есть вновь вырасти. С ростом ожидаемой доходности, однако, растёт и риск, в качестве меры которого чаще всего используется стандартное отклонение. Иными словами, наличие эффекта леввереджа говорит о том, что анализируемый объект имеет свойство инвестиционного актива.

В таблице 4 приведены результаты оценивания модели AR(1)-GJR-GARCH(1,1).

Таблица 4 – Оценка модели AR(1)-GJR-GARCH(1,1) для криптовалюты Bitcoin с показателем прироста объёмов

Коэффициенты	01.04.2014 – 01.05.2017	1.05.2018 – 01.03.2020	1.05.2018 – 03.05.2020
Уравнение среднего			
mu	0.00048***	-0.00063***	0.00031**
	(0.00003)	(0.00002)	(0.00012)
ar1	-0.072***	-0.08206***	-0.0435**
	(0.00135)	(0.00241)	(0.01748)
Уравнение дисперсии			
omega	0.00004***	0.00005***	0.00007***
	(0)	(0)	(0)
alpha1	0.12983***	0.09913***	0.1546***
	(0.00069)	(0.00039)	(0.00578)
beta1	0.69625***	0.7713***	0.6669***
	(0.00226)	(0.00045)	(0.00006)
gamma1	0.03089***	0.02171***	0.2007***
	(0.00054)	(0.00039)	(0.0233)
d_vol	0.00047***	0.00208***	0.00255***
	(0)	(0.00001)	(0.00001)
Информационные критерии			
Akaike	-4.7263	-4.3997	-4.1973
Bayes	-4.695	-4.3543	-4.1548
Shibata	-4.7264	-4.3999	-4.1974
Hannan-Quinn	-4.7145	-4.3822	-4.1809

Примечание – Звёздочками показана статистическая значимость коэффициентов: *** – значимость на 1% уровне, ** – значимость на 5% уровне, * – значимость на 10% уровне. В скобках приведено стандартное отклонение коэффициентов. Коэффициенты mu и ar1 соответствуют коэффициентам a и b из уравнения (3), omega, alpha1, beta1 и gamma1 – коэффициентам ω , α , β и γ из уравнения (5). Источник: расчёты авторов по данным Coinmarketcap.

Коэффициент γ оказался значим на всех трёх периодах, что свидетельствует в пользу значимости эффекта леввереджа в доходностях криптовалюты Bitcoin. Иными словами, при прочих равных при падении цены криптовалюты возрастает волатильность, что свойственно инвестиционным активам.

Рассмотрим модели с включением квадратов доходностей других финансовых активов (как прокси для их волатильности) в уравнение дисперсии для криптовалюты Bitcoin.

В таблице 5 представлены результаты оценивания модели AR(1)-GARCH(1,1) с включением переменных прироста объёмов и квадратов доходностей традиционных

финансовых активов (описанных ранее в начале разделе б) в период с 1 апреля 2014 года по 1 мая 2017 года.

Как видно из таблицы выше, квадраты доходностей различных традиционных финансовых активов не оказывали влияние на волатильность дневных доходностей криптовалюты Bitcoin в период между двумя криптовалютными пузырями (с 1 апреля 2014 года по 1 мая 2017 года). Исключение составляет лишь квадрат дневных доходностей индекса доллара (usdx), однако это объясняется тем, что в данном случае курс криптовалюты Bitcoin номинирован в долларах США, следовательно, укрепление и ослабление доллара США отражается и на активах, в них номинированных, в том числе и на цифровых валютах.

Отметим, однако, что включение в уравнение дисперсии квадратов доходностей других финансов активов привело к значимости коэффициента при авторегрессионном члене в уравнении среднего (в таблице выше обозначен как $ar1$), причем с отрицательным знаком. Это означает, что при росте доходности криптовалюты Bitcoin в предыдущий день на следующий день в среднем цена будет падать. Положительный знак при $ar1$ в модели с курсом евро-доллар согласуется с отрицательным знаком при $ar1$ в модели с индексом доллара, несмотря на то что доходности по данным инструментам в явном виде в уравнении среднего не присутствуют (только через уравнение дисперсии, в которое включаются квадраты их доходностей).

В таблице 6 представлены результаты оценивания модели AR(1)-GARCH(1,1) с включением переменных прироста объёмов и квадратов доходностей традиционных финансовых активов в период с 1 мая 2018 года по 1 марта 2020 года.

Таблица 5 – Оценка модели AR(1)-GARCH(1,1) для криптовалюты Bitcoin с показателем прироста объёмов и внешними в период с 1 апреля 2014 года по 1 мая 2017 года

Коэф-ты	eur_usd	gold	igov	msci_em	msci_em_asia	msci_world	sp500	usdx	vix	brent
Уравнение среднего										
mu	0.00057***	0.00129***	0.00062***	0.00033***	0.00059***	0.00135***	0.00033***	0.00078***	0.00041***	0.00253***
	(0.00002)	(0.00002)	(0.00001)	(0)	(0.00001)	(0.00002)	(0)	(0.00003)	(0.00014)	(0)
ar1	0.04973***	-0.03306***	-0.03394***	-0.07365***	-0.07782***	-0.05065***	-0.07002***	-0.02596***	-0.05166***	-0.0605***
	(0.00135)	(0.00001)	(0.00002)	(0.01219)	(0.02198)	(0.00034)	(0.00083)	(0.00268)	(0.00232)	(0.00085)
Уравнение дисперсии										
omega	0.00002***	0.00004***	0.00001***	0.00003***	0.00005***	0.00003***	0.00002***	0.00001***	0.00009***	0.00003***
	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)
alpha1	0.19968***	0.15953***	0.1767***	0.25442***	0.23878***	0.21079***	0.25589***	0.14582***	0.16156***	0.21106***
	(0.00068)	(0.0005)	(0.00045)	(0.00009)	(0.00004)	(0.00001)	(0.00147)	(0.00108)	(0.00045)	(0.00321)
beta1	0.70117***	0.64225***	0.728***	0.62194***	0.59046***	0.64281***	0.63122***	0.73508***	0.60163***	0.63414***
	(0.00009)	(0.00124)	(0.00214)	(0.00187)	(0.00006)	(0.00014)	(0.00032)	(0.00082)	(0.00007)	(0.00009)
d_vol	0.00046***	0.00067***	0.00039***	0.0005***	0.00057***	0.00055***	0.0005***	0.00049***	0.00052***	0.00057***
	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)
r2_ext	0	0	0	0	0	0	0	0.15907***	0	0
	(0.00059)	(0)	(0.00002)	(0.00014)	(0.01393)	(0.00002)	(0.00007)	(0.00172)	(0.00008)	(0.00005)
Информационные критерии										
Akaike	-4.709	-4.801	-4.691	-4.741	-4.7656	-4.7611	-4.7447	-4.7388	-4.686	-4.7595
Bayes	-4.6777	-4.7697	-4.6597	-4.7098	-4.7343	-4.7299	-4.7135	-4.7075	-4.6548	-4.7283
Shibata	-4.709	-4.8011	-4.691	-4.7411	-4.7656	-4.7612	-4.7448	-4.7388	-4.6861	-4.7596
Hannan-Quinn	-4.6972	-4.7892	-4.6791	-4.7292	-4.7538	-4.7493	-4.7329	-4.727	-4.6742	-4.7477

Примечание – Звёздочками показана статистическая значимость коэффициентов: *** – значимость на 1% уровне, ** – значимость на 5% уровне, * – значимость на 10% уровне. В скобках приведено стандартное отклонение коэффициентов. Коэффициенты mu и ar1 соответствуют коэффициентам a и b из уравнения (3), omega, alpha1 и beta1 – коэффициентам ω , α и β из уравнения (4), r2_ext – квадрат доходности одного из финансовых активов, вынесенных в название столбцов. Источник: расчёты авторов по данным Coinmarketcap, Yahoo.finance, Investing.com

Таблица 6 – Оценка модели AR(1)-GARCH(1,1) для криптовалюты Bitcoin с показателем прироста объёмов и внешними регрессорами в период с 1 мая 2018 года по 1 марта 2020 года

Коэф-ты	eur_usd	gold	igov	msci_em	msci_em_asia	msci_world	sp500	usdx	vix	brent
Уравнение среднего										
mu	-0.00031***	-0.00033***	-0.00104***	-0.00032***	0.00114***	0.00048***	-0.00023***	-0.00033***	-0.00125***	-0.00052***
	(0.00008)	(0.00005)	(0.00002)	(0.00007)	(0.00001)	(0.00001)	(0.00006)	(0.00005)	(0.00008)	(0.00006)
ar1	-0.03982	-0.04372	0.03665***	-0.02145	-0.08124***	-0.02958***	-0.06615***	-0.04395	-0.10698***	-0.11424***
	(0.04614)	(0.04727)	(0.00243)	(0.0379)	(0.00049)	(0.00485)	(0.00338)	(0.04709)	(0.0124)	(0.00408)
Уравнение дисперсии										
omega	0.0001***	0.00009***	0.00005***	0.00009***	0.0002***	0.00019***	0.00017***	0.00009***	0.00004***	0.00002***
	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)
alpha1	0.40223***	0.33316***	0.40718***	0.18402***	0.21665***	0.18025***	0.15289***	0.33313***	0.18875***	0.35524***
	(0.00254)	(0.00018)	(0.00038)	(0.00035)	(0.00073)	(0)	(0.00008)	(0.00036)	(0.00027)	(0.00024)
beta1	0.49643***	0.54765***	0.56965***	0.658***	0.51679***	0.53194***	0.58196***	0.54766***	0.72679***	0.63657***
	(0.00039)	(0.00071)	(0.00527)	(0.00006)	(0.00433)	(0.00586)	(0.00057)	(0.00069)	(0.00025)	(0.00003)
d_vol	0.00205***	0.00199***	0.00183***	0.00195***	0.00263***	0.00247***	0.00233***	0.00199***	0.0019***	0.00216***
	(0.00003)	(0)	(0)	(0)	(0.00001)	(0.00003)	(0.00001)	(0)	(0)	(0.00001)
r2_ext	0	0	0.00034	0	0	0	0	0	0	0
	(0.04477)	(0.00666)	(0.12117)	(0.00061)	(0.00073)	(0.00987)	(0.01372)	(0.09179)	(0.00003)	(0.00271)
Информационные критерии										
Akaike	-4.3615	-4.3671	-4.3427	-4.364	-4.394	-4.3951	-4.3905	-4.3671	-4.3759	-4.3481
Bayes	-4.316	-4.3216	-4.2972	-4.3186	-4.3485	-4.3496	-4.3451	-4.3216	-4.3305	-4.3026
Shibata	-4.3617	-4.3673	-4.3429	-4.3642	-4.3942	-4.3953	-4.3907	-4.3673	-4.3761	-4.3482
Hannan-Quinn	-4.3439	-4.3495	-4.3251	-4.3465	-4.3764	-4.3775	-4.373	-4.3495	-4.3584	-4.3305

Примечание – Звёздочками показана статистическая значимость коэффициентов: *** – значимость на 1% уровне, ** – значимость на 5% уровне, * – значимость на 10% уровне. В скобках приведено стандартное отклонение коэффициентов. Коэффициенты mu и ar1 соответствуют коэффициентам a и b из уравнения (3), omega, alpha1 и beta1 – коэффициентам ω , α и β из уравнения (4), r2_ext – квадрат доходности одного из финансовых активов, вынесенных в название столбцов. Источник: расчёты авторов по данным Coinmarketcap, Yahoo.finance, Investing.com

Как видно из таблицы выше, квадраты доходностей различных традиционных финансовых активов также не оказывали влияние на волатильность дневных доходностей криптовалюты Bitcoin в период после криптовалютного пузыря 2017–2018 годов (с 1 мая 2018 года) и вплоть до 1 марта 2020 года. Примечательно, что коэффициент при квадрате доходности индекса доллара США в уравнении дисперсии также стал незначим.

Что касается коэффициентов при авторегрессионном члене первого порядка (ar_1) в уравнение среднего, то его поведение при добавлении в уравнение дисперсии модели попеременно квадратов доходностей других традиционных финансовых активов значительно менялся, в каких-то случаях демонстрируя незначимость (*eur_usd*, *gold*, *msci_em*, *usdx*), в других демонстрируя положительный знак (*igov*), в третьих – отрицательный (*msci_em_asia*, *msci_world*, *sp500*, *vix*, *brent*). Аналогичная нестабильность наблюдается и в коэффициенте безусловного среднего значения доходности криптовалюты Bitcoin (μ). Такая нестабильность может указывать на проблему неправильной спецификации.

В таблице 7 представлены результаты оценивания модели AR(1)-GARCH(1,1) с включением переменных прироста объёмов и квадратов доходностей традиционных финансовых активов в период пузыря на криптовалютном рынке, но с включением периода эпидемии коронавируса – с 1 мая 2018 года по 3 мая 2020 года.

Добавление в выборку двух месяцев, включающих в себя высокую волатильность на рынках, значительно изменило результаты. В первую очередь, можно наблюдать значимые коэффициенты при квадратах доходностей индексов государственных облигаций (*igov*), фондового рынка развивающихся стран (*msci_em*) и американского фондового рынка (*sp500*) в уравнении дисперсии. Следовательно, можно сказать, что в данный период волатильность цены криптовалюты Bitcoin была подвержена влиянию волатильности на рынках государственных облигаций, на фондовых рынках США и развивающихся стран.

Из проведённого выше анализа можно сделать следующие выводы. Расчёты на выборке, включающей период падения фондовых рынков во время эпидемии коронавируса, продемонстрировали слабую пригодность криптовалюты Bitcoin в качестве защитного актива (*safe-heaven*). В этот период волатильность Bitcoin'a была под сильным воздействием общей волатильности на мировых рынках. Что касается наличия эффекта леввереджа в рядах дневных доходностей криптовалюты Bitcoin, то анализ свидетельствует в пользу его наличия.

Таблица 7 – Оценка модели AR(1)-GARCH(1,1) для криптовалюты Bitcoin с показателем прироста объёмов и внешними регрессорами в период с 1 мая 2018 года по 3 мая 2020 года

Коэф-ты	eur_usd	gold	igov	msci_em	msci_em_asia	msci_world	sp500	usdx	vix	brent
Уравнение среднего										
mu	0.00078***	0.00041***	0.00154***	0.00051***	-0.00074***	0.00143***	0.00017	0.00092***	-0.00074***	-0.00041***
	(0.00001)	(0.00012)	(0.00002)	(0)	(0.00013)	(0.00002)	(0.00037)	(0.00004)	(0.00003)	(0.00001)
ar1	-0.13815***	-0.06767***	-0.11689***	-0.03613***	-0.09374***	-0.06063***	-0.05927*	-0.06012***	-0.08091***	-0.10919***
	(0.0077)	(0.02194)	(0.00121)	(0.00017)	(0.03048)	(0.00052)	(0.03053)	(0.00015)	(0.01003)	(0.00319)
Уравнение дисперсии										
omega	0.00003***	0.00019***	0.00019***	0.00005***	0.00004***	0.00018***	0.00017***	0.00021***	0.00001***	0.00005***
	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)
alpha1	0.31371***	0.17363***	0.20228***	0.32477***	0.29034***	0.15777***	0.13762***	0.21436***	0.22973***	0.14012***
	(0.00015)	(0.00089)	(0.0022)	(0.00004)	(0.00127)	(0.00077)	(0.00127)	(0.00213)	(0.00134)	(0.00187)
beta1	0.68344***	0.5996***	0.51689***	0.6088***	0.67867***	0.57671***	0.57765***	0.54675***	0.76971***	0.76916***
	(0.00001)	(0.00158)	(0.00013)	(0.00015)	(0.00023)	(0.00071)	(0.00107)	(0.00059)	(0.00007)	(0.00303)
d_vol	0.00203***	0.0028***	0.00255***	0.00195***	0.00228***	0.00249***	0.00229***	0.0029***	0.00187***	0.00249***
	(0)	(0)	(0.00002)	(0)	(0)	(0.00001)	(0)	(0.00001)	(0)	(0.00003)
r2_ext	0	0	3.29262***	0.36904***	0	0	0.46342***	0	0	0
	(0.01378)	(0.01052)	(0.0307)	(0.00086)	(0.00005)	(0.00177)	(0.11329)	(0.00484)	(0.00006)	(0)
Информационные критерии										
Akaike	-4.1116	-4.1617	-4.2367	-4.201	-4.1503	-4.1539	-4.2623	-4.1679	-4.0923	-4.1783
Bayes	-4.0691	-4.1192	-4.1942	-4.1585	-4.1078	-4.1114	-4.2198	-4.1254	-4.0498	-4.1358
Shibata	-4.1118	-4.1619	-4.2369	-4.2011	-4.1504	-4.154	-4.2625	-4.168	-4.0924	-4.1784
Hannan-Quinn	-4.0952	-4.1453	-4.2203	-4.1846	-4.1339	-4.1375	-4.2459	-4.1515	-4.0759	-4.1619

Примечание – Звёздочками показана статистическая значимость коэффициентов: *** – значимость на 1% уровне, ** – значимость на 5% уровне, * – значимость на 10% уровне. В скобках приведено стандартное отклонение коэффициентов. Коэффициенты mu и ar1 соответствуют коэффициентам a и b из уравнения (3), omega, alpha1 и beta1 – коэффициентам ω , α и β из уравнения (4), r2_ext – квадрат доходности финансового актива, вынесенного в название столбца. Источник: расчёты авторов по данным Coinmarketcap, Yahoo.finance, Investing.com

4.2 Анализ фундаментальной стоимости криптовалют

Данный раздел исследования будет посвящен количественной оценке фундаментальной стоимости криптовалюты. В первой и второй главах был проведен критический анализ существующих теоретических и эмпирических подходов к данному вопросу, многие из которых были основаны на фундаментальной экономической теории. Однако, однозначного ответа на вопрос о том, можно ли причислять криптовалюту к стандартным активам, нет. Поэтому при анализе фундаментальной стоимости криптовалюты мы будем опираться на модель Хейса [44], рассматривающую внутреннюю стоимость Bitcoin, основываясь на процессе майнинга, то есть опирающуюся на принципы работы именно блокчейна. Данная методология не обязательно распространяется на другие криптовалюты, но тот факт, что Bitcoin стал первым примером успешной криптовалюты, делает анализ, обосновывающий наличие его фундаментальной стоимости, важным для понимания рынка криптовалют в целом.

Напомним, что данная методология строится на микроэкономическом предположении о том, что на конкурентном рынке предельный продукт производства равняется предельным издержкам его производства, которые, в свою очередь, должны совпадать с ценой на него. То, что процесс майнинга подразумевает конкуренцию между его участниками позволяет использовать данную микроэкономическую идею. Таким образом, внутренняя стоимость Bitcoin должна равняться отношению предельной себестоимости производства в день к ежедневному предельному продукту производства $E_{day}/BTC/day^*$. Данное соотношение можно рассчитать согласно формуле (6):

$$P^* = \frac{(\rho/1000)(\$/kWh \cdot WperGH/s \cdot hr_{day})}{\left(\frac{\beta\rho \cdot sec_{hr}}{\delta \cdot 2^{32}}\right) hr_{day}}, \quad (6)$$

где ρ – мощность хэширования (вычислительная мощность), используемая майнером, устанавливается на уровне 1000 GH/s (фактическая мощность хэширования майнера, вероятно, отклоняется от этого значения, однако Хейс [44] продемонстрировал, что этот уровень, как правило, является хорошим критерием оценки);

$\$/kWh$ – цена в долларах за киловатт-час, устанавливается на уровне 0,135\$/kWh (средняя ставка электроэнергии во всем мире, учитывающая как жилые, так и коммерческие тарифы [45]);

$WperGH/s$ – энергоэффективность оборудования;

константа hr_{day} – количество часов в сутках (24).

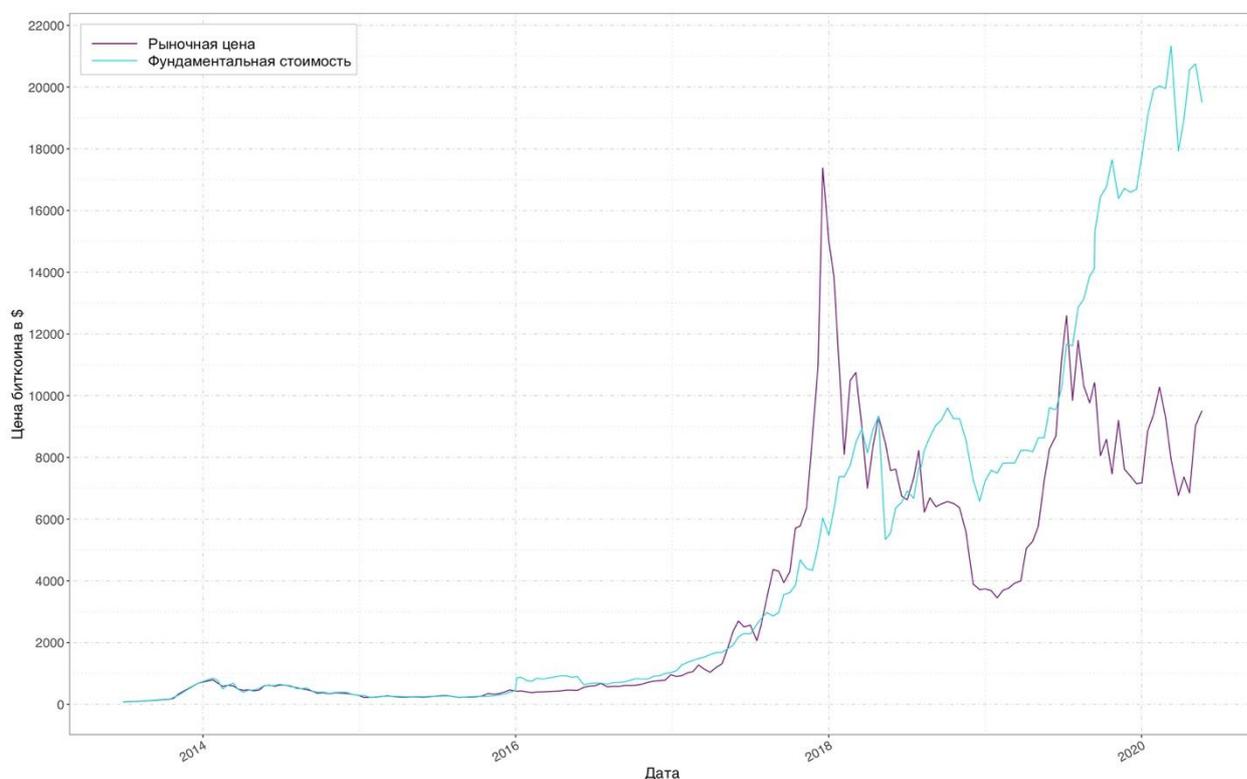
β – награда за блок, выраженная в единицах BTC/block (в рамках используемого временного периода составляет 25 BTC за блок до 2016 года и 12,5 BTC за блок в течение оставшегося времени);

δ – сложность, выраженная в единицах GH/block;

константа sec_{hr} – количество секунд в часе (3600);

константа 2^{32} отображает нормализованную вероятность создания одного хэша, который решает блок, в секунду.

Для своих расчетов мы продлеваем временной ряд, используемый Хейсом в работе [45], рассмотренной во второй главе, до мая 2020 года. Сравнение полученной на основе формулы (6) фундаментальной стоимости с фактически наблюдаемыми на рынке ценами представлено на рисунке 6.

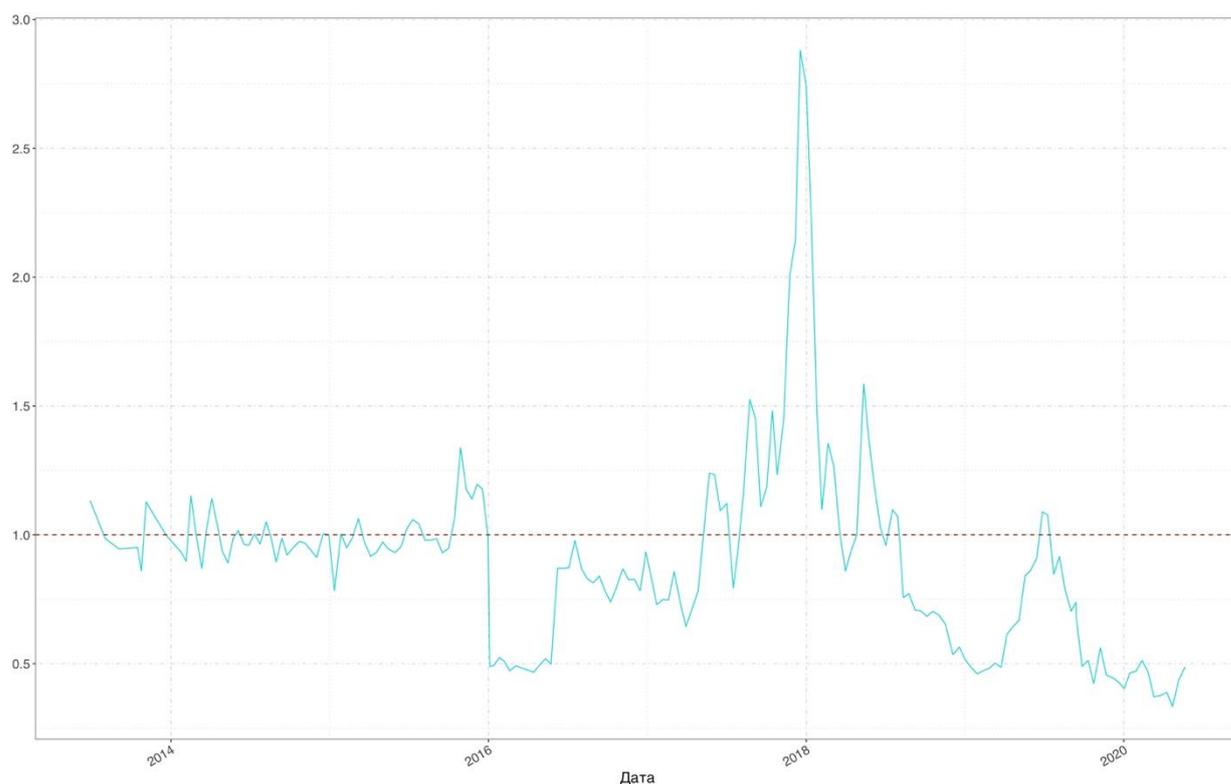


Примечание – Источник: расчеты авторов.

Рисунок 6 – Сравнение рыночной цены Bitcoin с оцененной фундаментальной стоимостью, июнь 2013 – май 2020

Из графика 6 видно, что в 2019 и 2020 году фундаментальная стоимость превышает фактически наблюдаемую на рынке цену Bitcoin. Причем важно отметить, что до апреля 2018 года наши расчеты согласуются с результатами, полученными Хейсом. Однако анализ отношения фактически наблюдаемой цены к оценке внутренней стоимости, представленного на рисунке 7, также говорит о том, что с середины 2018 года (анализ

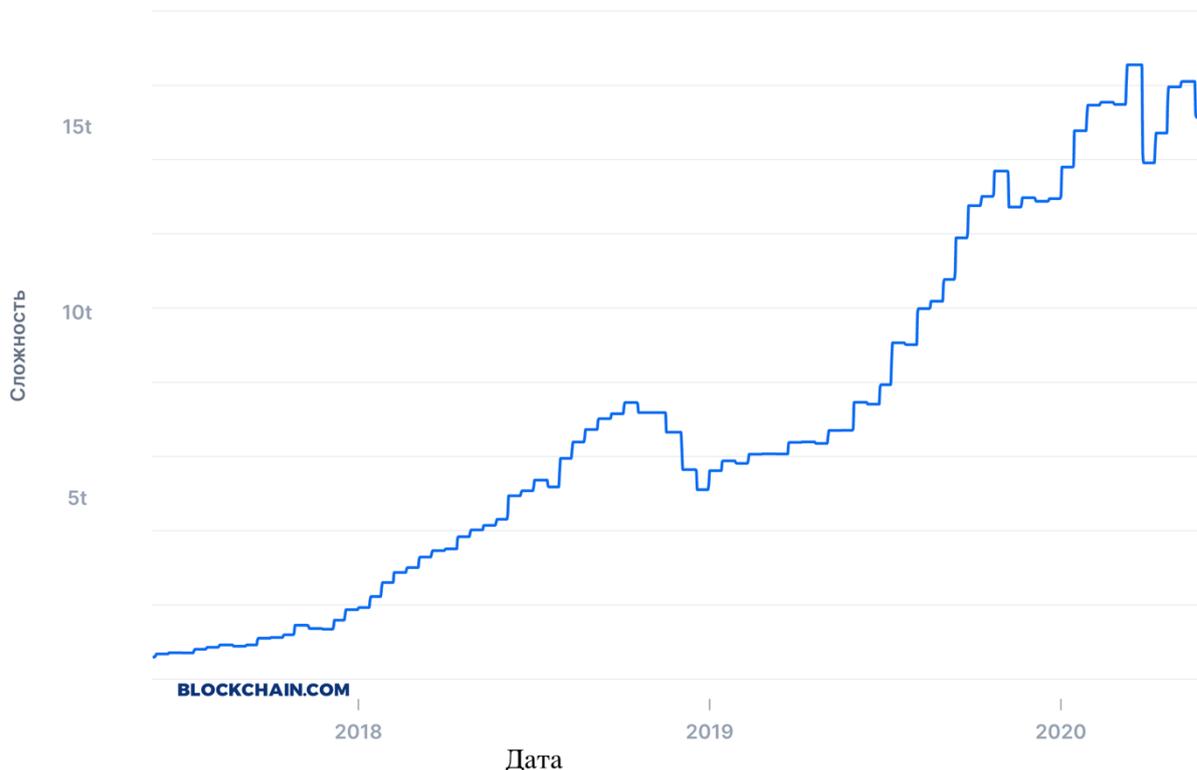
Хейса не затрагивал данный временной промежуток) Bitcoin торгуется дешевле (значение отношения цен меньше единицы).



Примечание – Источник: расчеты авторов.

Рисунок 7 – Отношение цены Bitcoin, наблюдаемой на рынке, к оцененной фундаментальной стоимости

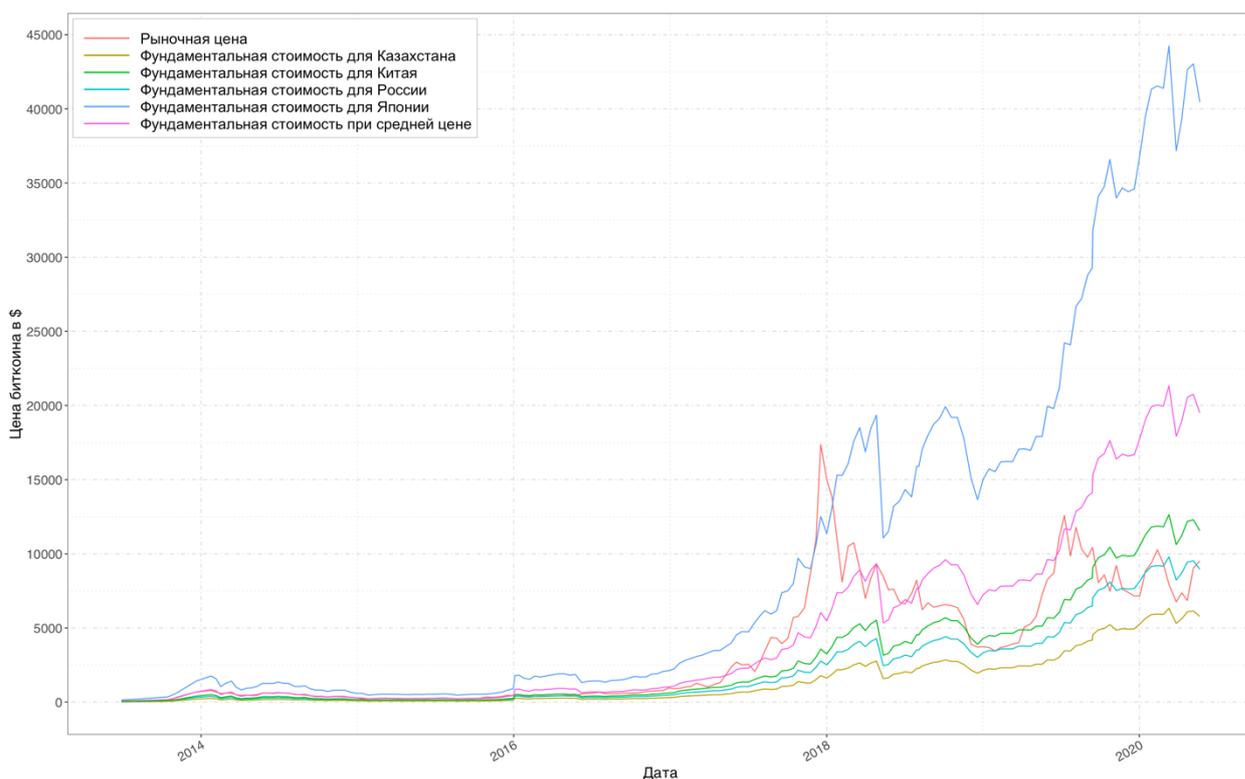
Такое поведение может быть объяснено ростом сложности нахождения хэша в тот же период времени (см. рисунок 8). Данная взаимосвязь возникает вследствие того, что согласно формуле (6), определяющей нижнюю границу внутренней стоимости Bitcoin, оцениваемая цена отрицательно зависит от уровня сложности, с которым приходится сталкиваться майнерам в процессе создания новых «монет». В то же время вероятно, что на полученную динамику отношения цены Bitcoin, наблюдаемой на рынке, к оцененной фундаментальной стоимости, повлияло не только увеличение сложности. Учитывая общемировую ситуацию с COVID-19 и сопутствующие ей экономические трудности, нельзя отрицать возможность того, что фактическая цена Bitcoin снизилась под давлением этих факторов, отражая общую динамику экономику и пессимистические настроения инвесторов. Таким образом, увеличение внутренней стоимости за счет роста параметра δ и снижение фактической стоимости Bitcoin приводит к значительному разрыву между этими двумя показателями (рисунок 7).



Примечание – Источник: www.blockchain.com.

Рисунок 8 – Уровень сложности майнинга Bitcoin, июнь 2017 – май 2020

Тем не менее, несмотря на наличие упомянутых выше двух эффектов, нельзя отрицать заметное влияние роста сложности добычи Bitcoin на его фундаментальную стоимость, получаемую на основе методологии, предложенной Хейсом [44], [45]. Это заставляет задуматься об устойчивости результатов расчетов к другим показателям, используемым в уравнении (6). Поскольку, как уже отмечалось в данном разделе, а также во второй главе, при расчетах используется усредненное по миру значение цены электроэнергии, мы решили проверить, насколько чувствительна внутренняя стоимость Bitcoin к использованию страновых данных об уровне стоимости электроэнергии за киловатт-час. На рисунке 9 представлено сравнение рыночной цены Bitcoin с фундаментальной стоимостью, оцененной при использовании цены на электроэнергию в России (0,06 доллара за киловатт-час), Казахстане (0,04 доллара за киловатт-час), Японии (0,28 доллара за киловатт-час) и для Китая (0,08 доллара за киловатт-час). Очевидно, что высокая цена электроэнергии, которая характерна для многих развитых стран, приводит к повышению внутренней стоимости криптовалюты относительно оценки с усредненными издержками на электроэнергию.



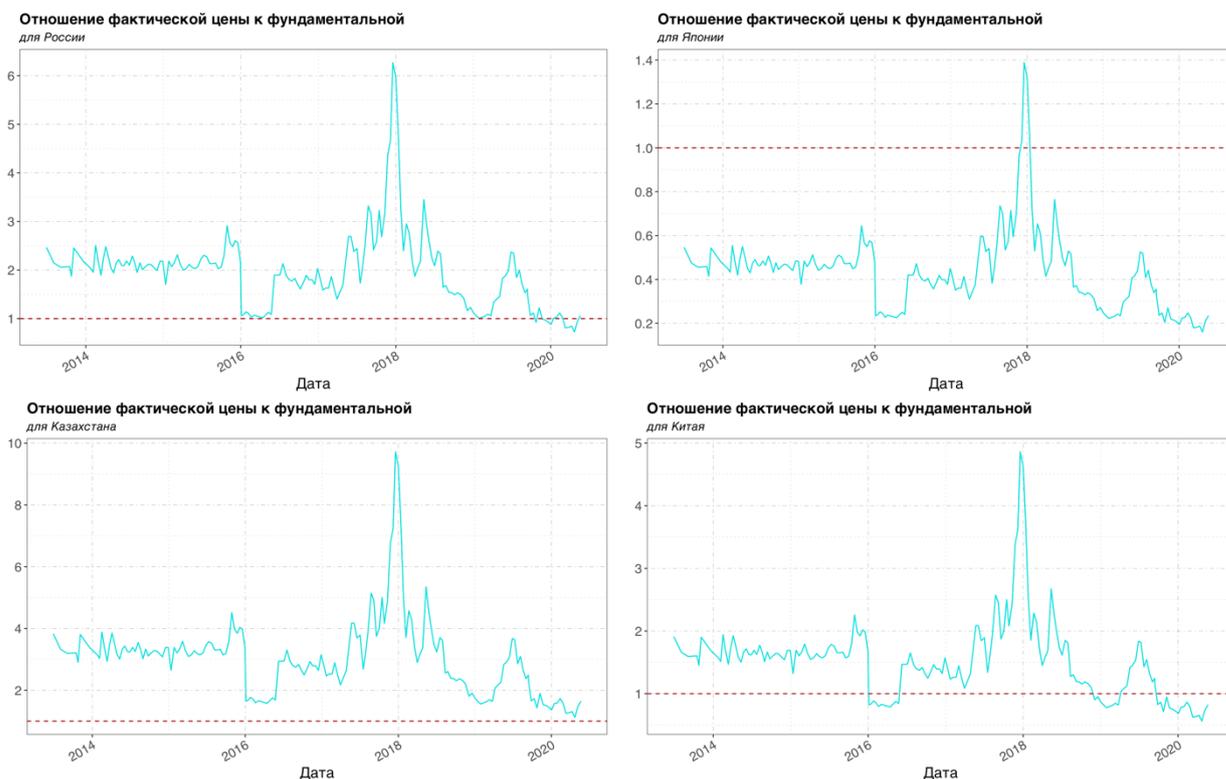
Примечание – Источник: расчеты авторов.

Рисунок 9 – Сравнение рыночной цены Bitcoin с фундаментальной ценой, оцениваемой при ценах на электроэнергию для различных стран, июнь 2013 – май 2020

Для большей наглядности эффекта влияния величины затрат на электроэнергию мы приводим рисунок 10¹⁷, представляющий собой отношение цены Bitcoin, фактически наблюдаемой на рынке, к фундаментальной стоимости, оцениваемой при ценах на электроэнергию в России, Казахстане, Японии и Китае.

Напомним, что приведенное на рисунке 10 отношение фактической и фундаментальной стоимости колеблется вокруг единицы, уровня, при котором фактическая и фундаментальная цены совпадают. Учет страновых уровней цен на электроэнергию показывает, что при высоких издержках, как в Японии, внутренняя стоимость выше наблюдаемой на протяжении всего периода, за исключением случая развития пузыря (его наличие на момент 2018 года обсуждалось в работе [45]). Достаточно низкие цены на электроэнергию, как в случае Казахстана, приводят к тому, что, даже в условиях общемирового спада экономики и заметно растущей сложности добычи Bitcoin, внутренняя стоимость криптовалюты остаётся ниже её торгуемого уровня.

¹⁷ Резкое и идентичное снижение внутренней стоимости в 2016 году связано со снижением вознаграждения за блок с 25 BTC за блок до 12.5 BTC за блок.



Примечание – Источник: расчеты авторов.

Рисунок 10 – Отношение цены Bitcoin, наблюдаемой на рынке, к фундаментальной стоимости, оцениваемой при ценах на электроэнергию для различных стран, июнь 2013 – май 2020

Данный результат демонстрирует, что предложенная методология чувствительна к значению стоимости электроэнергии, которое используется при определении общих издержек майнинга. Более того, за этим стоит более глубокий вывод о том, что фундаментальная стоимость Bitcoin чувствительна к географическому и экономическому расположению фермы. Внутренняя ценность для майнера будет определяться не только формальными параметрами, используемыми в формуле (6), но и тем, в какой географической точке мира он занимается майнингом, что определяет соответствующие издержки. С одной стороны, данная модель объясняет, почему многие участники майнинга размещают свои фермы в развивающихся странах с низким уровнем стоимости электроэнергии. С другой стороны, такая чувствительность к параметрам, используемым при оценке, заставляет сомневаться в пригодности самой модели. Изменяющаяся во времени фундаментальная стоимость актива – вполне логичное явление, но фундаментальная стоимость общемирового актива, варьирующая в зависимости от страны мира, вызывает вопросы. Такой результат вновь возвращает нас к мысли о том, что криптовалюту некорректно причислять к стандартным активам, а для полного ее анализа необходимо создание соответствующей теоретической базы. Наши расчеты продемонстрировали, что, хотя методология Хейса [44] делает шаг вперед в плане

развития теории обоснования фундаментальной стоимости криптовалюты, это направление требует дальнейшего развития.

В данном разделе были приведены результаты оценки широкого класса эконометрических моделей, описывающих факторы ценообразования и эмпирические свойства цен криптовалют. Нами было показано, что использование моделей из финансовой теории по типу Фамы-Френча при условии построения специфических для рынка криптовалют факторов позволяют выявить факторы доходностей криптовалют: показатели цены, капитализации, моментума.

С помощью корреляционного анализа и оценки моделей условной гетероскедастичности мы проанализировали влияние доходностей различных рыночных активов на криптовалюты Bitcoin и Ethereum, а также раскрыли некоторые внутренние свойства рядов доходностей двух крупнейших по капитализации криптовалют. Так, в периоды до и после пузыря на криптовалютном рынке в конце 2017 года, криптовалюты значимо не коррелировали ни с какими традиционными финансовыми активами. Корреляции разных криптовалют друг с другом стали выше после схлопывания пузыря на рынке криптовалют. До обвала в марте 2020 года криптовалюты представляли собой совершенно обособленный класс активов, динамика которых не была связана с динамикой цен на традиционные финансовые активы. Это, в том числе, являлось одним из аргументов, почему криптовалюты и Bitcoin в частности могут выступать в роли защитных активов. Во время пандемии COVID-19, однако, наблюдается как значительное повышение сонаправленности движения фондового рынка и цен на криптовалюты, так и появление значимого влияния волатильности различных классов активов на волатильность криптовалют. Данный факт является свидетельством против тезиса, что криптовалюты (а особенно Bitcoin) являются защитными активами.

С помощью моделей условной гетероскедастичности также был проведен анализ влияния динамики интернет-запросов по темам стейблкоины, Libra и COVID-19 на доходности и объёмы криптовалют Bitcoin, Ethereum, Ripple, Litecoin и Tether. Интерес к проекту Libra от Facebook, с одной стороны, привлекает инвесторов на криптовалютный рынок в целом, а с другой стороны, побуждает вкладываться в стейблкоины. Интерес к стейблкоином снижает доходности и объёмы торгов криптовалют. Наконец, запросы по новостям о Covid-19 сопровождаются снижением объемов криптовалют на биржах и блокчейне и увеличением их дисперсии, что объясняется ценовой неопределенностью, вызванной коронавирусом.

Анализ фундаментальной стоимости Bitcoin показал, что она чувствительна к географическому и экономическому расположению фермы: внутренняя ценность

криптовалюта будет определяться не только формальными параметрами модели, но и географическим расположением майнера, что определяет соответствующие издержки. Оценки указывают на изменяющуюся во времени фундаментальную стоимость актива, что ставит вопрос о необходимости проработки соответствующей теоретической базы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью данной научно-исследовательской работы является анализ перспектив развития и распространения цифровых валют (в т.ч. криптовалют и ЦВЦБ) и связанные с этим возможные выгоды и риски для функционирования финансовых систем, в частности, платежных систем, а также для проведения денежно-кредитной политики центральными банками, в том числе с точки зрения влияния на механизмы денежно-кредитной трансмиссии.

В рамках раздела 1 было проанализировано новое явление в сфере криптовалют – децентрализованные финансы (DeFi). Сектор DeFi демонстрирует высокие темпы роста – менее чем за год объём сектора вырос в 10 раз и достиг \$10 млрд. к концу третьего квартала 2020 года. DeFi представляет из себя систему сервисов, предоставляющих аналоги традиционных финансовых услуг, но без посредников в виде банков, страховых компаний, брокеров и т.д. Посреднические функции выполняет система смарт-контрактов, функционирующих на базе распределённого реестра (чаще всего это Ethereum). DeFi переживает в настоящий момент период становления и тестирования различных децентрализованных решений. Технологии, лежащие в основе DeFi, являются логичным развитием технологии распределённого реестра и смарт-контрактов, которые в перспективе 5-10 лет, возможно, найдут своё применение и за пределами сферы криптовалют.

В работе обсуждаются последствия эмиссии ЦВЦБ для экономики. Последствия эмиссии ЦВЦБ во многом будут зависеть от того, какими характеристиками они будут обладать, то есть от их привлекательности по сравнению с традиционными финансовыми активами и криптовалютами. К таким характеристикам можно отнести, в частности, возможные ограничения с точки зрения владения, хранения и использования ЦВЦБ – как по типам экономических агентов, так и по объемам вложений; (не)анонимность платежей; наличие или отсутствие процентного дохода по ЦВЦБ; используемую для совершения платежей технологию.

ЦВЦБ могут восприниматься как новая форма наличности или электронных счетов, замещающих текущие счета (основанные на валюте, имеющей физическое представление). ЦВЦБ будут эмитироваться центральным банком и использоваться

потребителями и фирмами. В таком случае роль коммерческих банков, традиционно предоставляющих населению электронные деньги, может существенно измениться. Это несет определенные риски для устройства финансовой системы. В то же время ЦВЦБ имеют хороший потенциал, чтобы стать новым эффективным инструментом в руках монетарных властей для влияния на реальную экономику посредством процентного канала денежно-кредитной трансмиссии. Кроме того, ЦВЦБ могут повысить эффективность платежных систем, особенно на уровне трансграничных переводов.

В работе также приводится классификация и анализ существующих проектов цифровых валют центральных банков. Несмотря на потенциальную привлекательность розничных ЦВЦБ в качестве нового инструмента монетарной политики, риски, связанные с их эмиссией, разнообразны и высоки. Именно это объясняет аккуратность центральных банков в сфере практического запуска своих цифровых валют для населения. На текущий момент в мире было запущено 6 пилотных проектах розничных ЦВЦБ, около 40 стран, включая Россию, прорабатывают возможности эмиссии своих розничные ЦВЦБ. Опыт показал, что разработка и изучение ЦВЦБ с целью их безопасной и продуманной эмиссии требуют времени, а также координации со стороны монетарных властей разных стран и мировых организаций.

Далее в работе приведены результаты эконометрических расчетов по выявлению факторов ценообразования криптовалют, эмпирических свойств криптовалют в сравнении с другими активами, а также оценки фундаментальной стоимости криптовалют. По своим свойствам криптовалюты постепенно становятся ближе к классическим инвестиционным активам. Об этом свидетельствует наличие леввердж эффекта в рядах доходностей криптовалюты Bitcoin. В ходе оценок также были получены свидетельства в пользу существования положительной врантренней стоимости у Bitcoin в отдельные промежутки времени, что указывает на неустойчивость данного результата и ставит дополнительные вопросы перед экономистами-теоретиками и исследователями относительно фундаментальных характеристик криптовалют.

Полученные в исследовании результаты могут быть использованы центральным банком при разработке проекта «Цифровой рубль», а также органами власти при анализе ситуации на рынках криптовалют и их качественных свойств с целью совершенствования регулирования сферы криптоэкономики.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Popescu A.D. Decentralized Finance (DeFi) – The Lego of Finance // Social Sciences and Education Research Review. 2020. Vol. 7. No. 1. pp. 321-348.
- Что такое децентрализованные финансы (DeFi)? // ForkLog. 2020. URL: <https://forklog.com/chto-takoe-detsentralizovannye-finansy-defi/>
- Schär F. Decentralized Finance: On Blockchain-and Smart Contract-based Financial Markets // Available at SSRN 3571335. – 2020.
- Qin K. et al. Attacking the DeFi Ecosystem with Flash Loans for Fun and Profit // arXiv preprint arXiv:2003.03810. – 2020.
- Развитие финансовых технологий // Банк России. 2020. URL: <https://www.cbr.ru/fintech/>
- Dantoni J. Mapping out Ethereum's DeFi // The Block. 2019. URL: <https://www.theblockcrypto.com/genesis/15376/mapping-out-ethereums-defi>
- Karolina S. Тон Вейс: DeFi — даже большее идиотство, чем ICO // ForkLog. 2020. URL: <https://forklog.com/ton-vejs-defi-dazhe-bolshee-idiotstvo-chem-ico/>
- Sarah T. Yearn.finance (YFI) Takes a Hit After Eminence Finance (EMN) Bug—Is this the End for DeFi? // Blockchain News. 2020. URL: <https://blockchain.news/news/yearn-finance-eminence-finance-emn-bug-end-yfi-defi>
- Redel D., Andoni O. DeFi Is Just Like the ICO Boom and Regulators Are Circling // CoinDesk. 2020. URL: <https://www.coindesk.com/defi-ico-boom-regulators-circling>
- Wadsworth A, "The pros and cons of issuing a central bank digital currency," Reserve Bank of New Zealand, Bulletin 7, 2018.
- Bank of international settlements, CPMI. Central bank digital currencies March 2018.
- 1.
- Mancini-Griffoli T., Martinez M.S. Casting Light on Central Bank // IMF Staff Discussion Note. 2018. pp. 6-30.
- 2.
- Gürtler K., Nielsen S., Rasmussen K., and Spange M. Central bank digital currency in Denmark? // Denmarks Nationalbank Analysis. 2017. No. 28. pp. 1-24.
- 3.
- Meaning J et al., "Broadening narrow money: monetary policy with a central bank digital currency," Bank of England, Staff Working Paper No. 724, 2018.
- 4.
- Синельникова-Мурылева Е.В. Цифровые валюты центральных банков: потенциальные риски и выгоды // Вопросы экономики. 2020. No. 4. pp. 147-159.
- 5.

- Carstens A. Central Bank of Ireland, 2019 Whitaker Lecture // The future of money
6. and payments. Dublin. 22 March 2019.
- Kiff J and al. e, "A Survey of Research on Retail Central Bank Digital Currency,"
7. IMF, Working Paper WP/20/104, 2020.
- Lagarde C. Singapore Fintech Festival // Winds of Change: The Case for New Digital
8. Currency. Singapore. November 14, 2018.
- Brunnermeier M., Niepelt D., "On the equivalence of private and public money,"
9. *Journal of Monetary Economics*, Vol. 106, 2019. pp. 27-41.
- Bindseil U, "Tiered CBDC and the financial system," ECB Working Paper No. 2351,
0. <https://ssrn.com/abstract=3513422>, 2020.
- Goodfriend M. Paper presented at the Jackson Hole Economic Policy Symposium //
1. The Case for Unencumbering Interest Rate Policy at the Zero Bound ("Designing Resilient
Monetary Policy Frameworks for the Future"). Jackson Hole, Wyoming. 26-27 August 2016.
- Dyson B., Hodgson G. Digital Cash: why central banks should start issuing
2. Electronic Money. Positive Money, 2016.
- Bank of international settlements, "Cryptocurrencies: looking beyond the hype," BIS
3. Annual Economic Report June 2018.
- Drechsler I., Savov A., and Schnabl P., "The deposits channel of monetary policy,"
4. *Available at SSRN*, 2014.
- Bech M., Garratt R. Central bank cryptocurrencies // BIS Quarterly Review.
5. September 2017. pp. 55-70.
- Bjerg O. Designing New Money – the Policy Trilemma of Central Bank Digital
6. Currency // Copenhagen Business School (CBS) Working Paper. June 2017.
- ECB, Bank of Japan. Payment systems: liquidity saving mechanisms in a distributed
7. ledger environment // ECB Report. September 2017. pp. 1-23.
- Bank of Thailand and Hong Kong Monetary Authority. Inthanon-LionRock.
8. Leveraging Distributed Ledger Technology to Increase Efficiency in Cross-Border Payments
2020.
- European Central Bank and the Bank of Japan. STELLA – joint research project of
9. the European Central Bank and the Bank of Japan. Synchronised cross-border payments.
2019.
- Tobin J. Financial innovation and deregulation in perspective // Cowles Foundation
0. Papers. 1985. No. no 635.

Boar C et al., "Impending arrival—a sequel to the survey on central bank digital
1. currency," BIS Paper № 107,.

"Beyond monetary policy – protecting the continuity and safety of payments during
2. the coronavirus crisis," *Blog post by Fabio Panetta, Member of the Executive Board of the
ECB*, 28 April 2020.

Mersch Y. Consensus 2020 virtual conference // An ECB digital currency – a flight of
3. fancy? 11 May 2020.

GALHAU F.V.D. Central bank digital currency and innovative payments Paris.
4. 12/04/2019.

The State Council. The People's Republic Bank of China.
5. 央行：数字人民币封闭测试不会影响人民币发行流通 2020-04-17.

China T.S.C.T.P.R.O. No timetable to launch digital currency: central bank governor
6. May 26,2020.

BIS. BIS Quarterly Review // International banking and financial market
7. developments. March 2020.

Segal-Knowles C. Speech. Payments after the COVID crisis – emerging issues and
8. challenges 11 June 2020.

Auer R et al., "Covid-19, cash, and the future of payments," BIS Bulletin № 3, 3
9. April 2020.

Банк России, "Цифровой рубль. Доклад для общественных консультаций,"
0. Октябрь 2020.

Corbet S., Lucey B., and Yarovaya L. Datestamping the Bitcoin and Ethereum
1. bubbles // *Finance Research Letters*. 2018. Vol. 26. pp. 81-88.

Glosten L.R., Jagannathan R., and Runkle D.E. On the relation between the expected
2. value // *Journal of Finance*. 1993. Vol. 48. No. 5. pp. 1779–1801.

Black F. Studies of stock market volatility changes // 1976 Proceedings of the
3. American Statistical Association Business and Economic Statistics Section. 1976.

Hayes A., "Cryptocurrency value formation: An empirical study leading to a cost of
4. production model for valuing bitcoin," *Telematics and Informatics*, Vol. 34, No. 7, 2017. pp.
1308-1321.

Hayes A.S., "Bitcoin price and its marginal cost of production: support for a
5. fundamental value," *Applied Economics Letters*, Vol. 26, No. 7, 2019. pp. 554 – 560.

6. Столбов М., "Панорамный взгляд на эволюцию денежно-кредитных систем (О книге С. А. Андрюшина «Денежно-кредитные системы: от истоков до криптовалюты»)," *Вопросы экономики*, No. 3, 2020. pp. 141-150.

7. Столбов М., "О некоторых последствиях внедрения блокчейна в финансах," *Вопросы экономики*, No. 6, 2018. pp. 133-145.

8. Синельникова-Мурылева Е., Шилов К., and Зубарев А., "Сущность криптовалют: дескриптивный и сравнительный анализ," *Финансы: теория и практика*, Vol. 23, No. 6, 2019. pp. 36-49.

9. Андрюшин С. Денежно-кредитные системы: от истоков до криптовалюты. М.: Сам Полиграфист ed. 2019.

0. Barontini C and Holden H, "Proceeding with caution – a survey on central bank digital currency," BIS, Monetary and Economic Department, 2019.

1. Гребенкина А., Зубарев А.. Перспективы использования смарт-контрактов в финансовой сфере // *Экономическое развитие России*. Декабрь 2018. Т. 25. № 12. С. 36-43.

2. Leshner R., Hayes G. Compound: The Money Market Protocol // Compound. 2019. URL: <https://compound.finance/documents/Compound.Whitepaper.pdf>