**БЕРЕЗИНА Татьяна Сергеевна**

**Выпускная квалификационная работа**

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА СОВРЕМЕННЫХ ВАЛЮТНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ**

Направление 38.03.01 «Экономика»

Основная образовательная программа бакалавриата

«Экономика»

Научный руководитель: д. э. н.,

профессор КОНЮХОВСКИЙ Павел Владимирович

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/Подпись/

Рецензент:

Карабаева Ксения Кирилловна

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/Подпись/

**Оглавление**

[Введение 3](#_Toc511848403)

[Глава 1. Общая характеристика криптовалютного рынка 5](#_Toc511848404)

[1.1 Положение криптовалютного рынка в России и мире 5](#_Toc511848405)

[1.2 Обзор экономических исследований в области криптовалют 21](#_Toc511848406)

[Глава 2. Теоретико – игровой подход к исследованию криптовалют 27](#_Toc511848407)

[2.1 Игры с отказом и равновесие в теории солнечных пятен 27](#_Toc511848408)

[2.2 Динамическая игровая модель криптовалютной системы 30](#_Toc511848409)

[Глава 3. Практическая реализация динамической игровой модели криптовалютной системы 35](#_Toc511848410)

[3.1 Имитационные подходы к динамической игровой модели криптовалютной системы 35](#_Toc511848411)

[3.2 Результаты имитационных экспериментов по моделированию динамической игровой криптовалютной системы 38](#_Toc511848412)

[Заключение 41](#_Toc511848413)

[Список использованной литературы 43](#_Toc511848414)

Приложение 1

# **Введение**

В настоящее время криптовалюты привлекают все большее внимание общественности, однако среди научных изысканий наблюдается перекос в сторону технических аспектов данного вопроса (таких как майнинг, криптография, блокчейн, гигахэши, пулы и пр.). В тени остаются качественно значимые параметры новых квазивалютных инструментов, а именно деанонимизация, а также децентрализация валютных инструментов.

Весьма интересным становится рассмотрение возникновения криптовалют в рамках уходящей в прошлое Бреттон-Вудской валютной системы. Стремление создать альтернативную и широко признаваемую эмиссионную систему повлекло собой возникновение биткойна. На данный момент общественность ставит перед собой следующие вопросы: сможет ли новый криптовалютный механизм стать заменой долларовой системе, стать прототипом некоторого нового валютного инструмента или нет, а также станет ли биткоин панацеей или развитая им лихорадка окажется губительной для существующей системы?

Несмотря на свое относительно недолгое существование, криптовалюта достаточно наглядно проявила свои достоинства – низкий уровень транзакционных издержек, непрерывность и высокая скорость проведения операций, высокий уровень безопасности и приватности пользователей, и др. Одновременно нельзя не признать и не менее серьезными недостатков, присущих криптовалютам. Среди них неразвитый, а порой и откровенно эфемерный, юридический статус, проблема масштабирования, волатильность (подверженность значительным курсовым колебаниям) и спекулятивным манипуляциям. Кроме того, столь притягательная анонимность и отсутствие контроля со стороны вызвали рост сделок в «Даркнете».

Вышесказанное обуславливает высокий уровень актуальности данной темы и ставит чрезвычайную важность в потребности определения роли и места децентрализованной валюты в структуре современного глобализированного и транснационализированного мира.

Поэтому цель данной работы состояла в том, чтобы выяснить специфику криптовалют как инструмента межгосударственной эмиссии с целью достижения стабильности общемировой экономики и достижения высоких темпов ее развития, определить текущее состояние существующей валютной системы, а также выявить основные перспективы развития межгосударственных валютных инструментов.

Для реализации данной цели потребовалось решить следующие задачи:

1. Определить содержание криптовалютных инструментов.
2. Выявить основные преимущества и недостатки криптовалют.
3. Осуществить анализ состояния существующей валютной системы.
4. Разработать модель кооперативных игр, отражающую взаимодействие игроков криптовалютного рынка на мировой арене.
5. Определить основные перспективы развития валютной системы, исходя из результатов разработанной имитационной теоретико-игровой модели.

Объектом данной работы является валютные инструменты, предметом – достоинства и недостатки криптовалют. В качестве инструмента децентрализованной эмиссии валюты в данном исследовании будет принят биткоин.

Методологической базой исследования явилась статья «Применение методов теории игр в анализе экономико-политических взаимодействий на межгосударственном уровне» П.В. Конюховского и В.В. Холодковой, а также монография «Quitting games and linear complementarity problems» Э. Солана и О. Солана.

Недостаток полноценных научных исследований в области криптовалютных инструментов, их функций, взаимосвязей с другими экономическими системами особенно остро проявился во время разработки проекта под номером 46853. При обсуждении законопроекта обнаружилось отсутствие общественного консенсуса по поводу трактовки криптовалют как таковых, а также определения их регулятора. Одновременно в ходе обсуждения обозначились наиболее актуальные направления научных исследований в данной сфере. Однако точное время вступления в силу закона пока неизвестно, а следовательно, и официальной позиции государства по перспективам внедрения криптовалютных инструментов.

Для достижения цели исследования использовался в основном метод анализа и синтеза, теоретико-игровой аппарат, а также индуктивно-дедуктивный метод.

Реализация указанной цели и задач обусловила структуру и логику работы. Данная работа состоит из двух глав, введения и заключения. Первая глава посвящена общей характеристике валютной системы и криптовалют. Во второй главе рассматривается теоретико-игровая модель взаимодействия стран в области криптовалют.

# **Глава 1. Общая характеристика криптовалютного рынка**

## **Положение криптовалютного рынка в России и мире**

Для наиболее полного раскрытия содержания криптовалютных инструментов необходимо, в первую очередь, проследить историю возникновения валютных инструментов и определить место криптовалют в данной истории. Доподлинно известно, что первые операции по обмену валют возникли еще в Древнем мире, однако зарождение современного валютного рынка датируется лишь XIX веком, чему способствовало расширение всевозможных экономических связей, а также создание мировой валютной системы. В процессе своей эволюции валютная система не раз претерпевала изменения: век золотого стандарта (1816-1914 гг.) сменила Генуэзская валютная система (1922-1944 гг.), та, в свою очередь, уступила место Бреттон-Вудской валютной системе (1944-1976 гг.), которая упрочила место доллара на мировой арене (табл. 1).

*Таблица 1*.

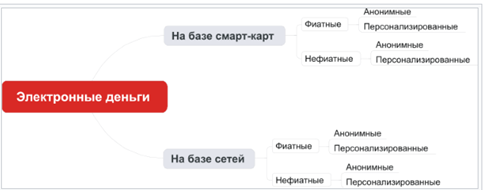
**Эволюция мировой валютной системы**[[1]](#footnote-1)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Критерии** | **Парижская валютная система** | **Генуэзская валютная система** | **Бреттон-Вудская валютная система** | **Ямайская валютная система.** |
| Год вступления | 1867г. | 1922г. | 1944г. | 1976г. |
| База | Золотомонет-ный стандарт | Золотодевизный стандарт | Золотодолларо-вый стандарт | Стандарт СДР |
| Использование золота как мировых денег | Золотые паритеты. Золото – резервное платежное средство. | | | Официаль-ная демонети-зация золота |
| Свободный обмен всех валют на золото | Свободный обмен на золото доллара США, фунта стерлингов, французского франка. | Свободный обмен на золото доллара США по официальной цене. |
| Режим валютного курса | Плавающие курсы в пределах золотых точек | Плавающие курсы без золотых точек | Фиксирован-ные курсы | Свободный выбор режима валютного курса |
| Регулятор | Конференция. | | Международный валютный фонд | |

Рассматривая мировую валютную систему с позиций ее предназначения, необходимо отметить ее подчиненность в отношении мировой торговли, ведь именно она обеспечивает движение капитала, товаров и услуг между разными странами в мире. Следовательно, эффективность той или иной мировой валютной системы определяется, в первую очередь, на основе характера процессов, протекающих в мировых экономических отношениях.

Многие ученые-экономисты и политические деятели (Михаил Хазин, Сун Хунбин и др.) нашего времени отмечают недостаточную эффективность функционирования современной мировой валютной системы и, как следствие, необходимость ее реформирования. В настоящее время наблюдается острая зависимость мировой валютной системы (а, следовательно, и всех стран в мире) от денежно-кредитной политики США, сопровождающаяся отсутствием тех или иных серьезных ограничителей действий финансовых институтов США в вопросах проводимых ими мер поддержки внутренней денежной политики. Ярким примером отсутствия подобных ограничителей является проведение дополнительное проведение денежной эмиссии (в 2013 году эмиссия доллара составила 472, 9 млрд.)

Попытка уйти от долларовой системы и послужила толчком к развитию новых современных инструментов, к которым стоит отнести криптовалюты. Криптовалюта – является разновидностью цифровой валюты, возникновение которой датируется 90-ми гг. XX века. Особенностью такой разновидности цифровой валюты (или же электронных денег) как криптовалюта является базирование создания и контроля на особых криптографических методах, которые заключаются в использовании «слепой» цифровой подписи (RSA-шифрование и последовательное хэширование). Криптовалюта относится к анонимным нефиатным электронным деньгам на базе сетей в современной классификации электронных платежных средств (рис. 1).



*Рис. 1*. **Классификация электронных денег**[[2]](#footnote-2)

Первая попытка использования криптографических методов при проведении платежей была осуществлена компанией DigiCash в США под руководством Дэвида Чома в 1990 году. Платежная система eCash была централизованной, однако через 8 лет компания обанкротилась и дальнейшее проведение платежей было остановлено. Стоит отметить, что впервые термин «криптовалюта» был применен к платежной системе «Биткойн» в 2011 году. Сама система появилась двумя годами ранее трудами «одного человека или группы людей под псевдонимом Сатоси Накамото»[[3]](#footnote-3).

Ключевой особенностью криптовалют является отсутствие администратора в системе, именно поэтому вопрос легализации криптовалют в мире стоит столь остро на сегодняшний день. Налоговые службы, банковские и судебные структуры и другие органы не могут влиять никоим образом на осуществление транзакций с криптовалютой. Также стоит отметить, что передачу криптовалют между участниками сделки никто не может заблокировать, кроме этого в системе отсутствует возможность совершить транзакцию без своего личного (приватного) ключа. В целях удобства расчета и гарантий для участнико предусмотрена возможность временной блокировки части своей криптовалюты в качестве некого залога, а также установка условия согласия всех сторон для завершения или отмены той или иной сделки.

В сети криптовалют нет доверенного узла (пира), т.е. участника, чьи действия однозначно являлись бы истинными, иными словами в системе отсутствует лицо, которое может заверить корректность чужих транзакций. Однако решить проблему подлинности операций при условиях неверия любому сообщению в системе (она же задача о византийских генералах) на сегодняшний день удалось путем внедрения технологии блокчейн, которая впервые возникла в системе «Биткоин». В целях хранения данных все транзакции объединяются в блоки, а затем из полученных блоков образуется цепь, непрерывность которой обусловлена включением в текущий блок хэшированной суммы предыдущего блока. Так как получается, что каждый последующий блок содержит в себе информацию о прошлых, то даже при условии изменения данных своем блоке при искажении информации о транзакции возникает необходимость в изменении хэшей в остальных блоках, что довольно сложно и дорого. Вполне ясно, что истинной является та цепь, которая содержит наибольшее число блоков, на которые помимо хэширования наложена необходимость обязательной верификации.

Принято считать, что подавляющее большинство криптовалют обеспечивают анонимность участников сделки, так как в системе присутствует лишь данные о всех транзакциях, но отсутствует информация о владельцах адресов, с которых осуществлялись сделки, однако столь притягательная анонимность является мнимой, поскольку личность владельца кошелька (адреса) становится возможным установить при совершении транзакции в момент открытия необходимой дополнительной информации. В настоящее время профессором Университета Джона Хопкинса (Мэриленд ,США) Мэтью Грином осуществляется разработка протокола ZeroCash, позволяющий использовать алгоритм нулевых разглашений в криптовалютных системах и обеспечивать тем самым полную анонимность платежей.

В настоящее время все криптовалюты делятся на две группы по виду эмиссии: криптовалюты с ограниченной и неограниченной эмиссией. Как правило, разработчики криптовалют оговаривают верхний предел эмиссии, по достижении которого все монеты считаются добытыми. Однако существуют и криптовалюты с неограниченной эмиссией, к ним относятся: NovaCoin, PPCoin, Sifcoin и другие. Примечательно то, что вторая группа признает возможность демиссии, т.е. изъятия монет путем уничтожения фиксированной суммы в каждом блоке транзакций.

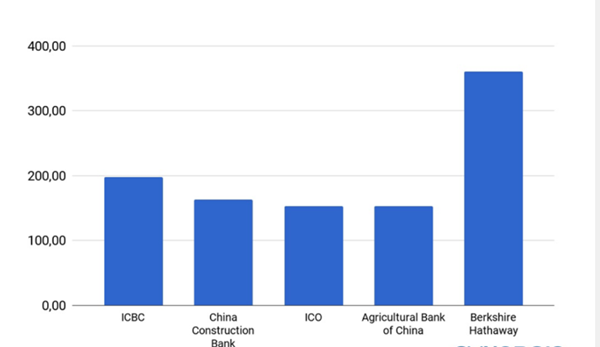
Интересным для изучения является появившийся в последние годы способ привлечения электронных монет ICO (initial coin offering). ICO представляет собой разновидность привлечения инвестиций в виде продажи некого фиксированного количества единиц криптовалюты инвесторам. Сам термин ICO схож с IPO (initial public offering, первое публичное предложение денег) и является по сути модификацией последнего. Однако, несмотря на схожесть названий, существует ряд отличий ICO от IPO, к ним относятся:

* отсутствие у ICO какого-либо государственного регулирования;
* «отсутствие у приобретателей криптовалют или же токенов корпоративных прав, аналогичных тем, что получают владельцы акций»[[4]](#footnote-4);
* ICO присущ более короткий горизонт возврата инвестиций (от одного до пяти лет против семи-десяти лет у венчурных фондов);
* отсутствие необходимости в образовании юридического лица при организации ICO;
* иной порядок проведения инвестиционных раундов.

Ниже представлен порядок инвестиционных раундов у ICO:

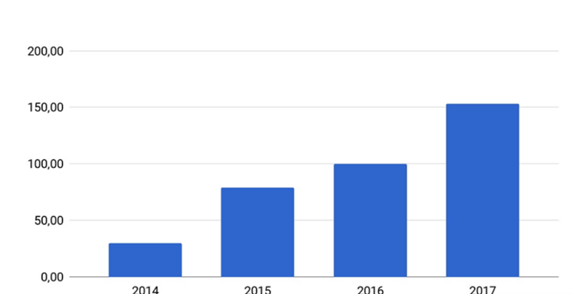
1. пре-майн
2. итоговое оформление проекта
3. ICO
4. листинг на биржах
5. реализация модели[[5]](#footnote-5).

Первое ICO, проведенное в истории, было осуществлено компанией MasterCoin в 2013 году и собрало 5 миллионов долларов. На сегодняшний день в обороте участвует уже свыше 800 криптовалют по данным портала Coinmarketcap, однако и эту цифру не стоит считать итоговой, так как при расчете не учитывались уже размещающиеся, но не вышедшие на площадки обмена криптовалюты. К августу 2017 года общая капитализация криптовалютного рынка превысила 150 миллиардов долларов при существенном доминировании биткойна и эфириума. К сентябрю 2017 года капитализация криптовалют взяла планку третьей самой крупной в мире компании – Сельскохозяйственного банка Китая (Agricultural Bank of China).



*Рис.2.***Сравнение ICO с корпорациями по капитализации**[[6]](#footnote-6)

По мнению Forbes криптовалюты достигнут уровня капитализации компании Apple за 2-3 года, однако стоит напомнить, что «яблочная» компания существует на рынке без малого 50 лет в то время, как биткоин еще не отпраздновал свое десятилетие. Без сомнения данный расчет символизирует не только успех криптовалют, но и мировую тенденцию, а именно ускорение роста капитализации (немногим ранее для капитализации в один миллиард долларов требовалась сотня лет, однако сейчас на этот процесс уходят лишь годы). Ниже представлена динамика капитализации криптовалют в период с 2014 по 2017 гг.:



*Рис.3.* **Капитализация криптовалют по периодам**[[7]](#footnote-7)

Итак, проанализировав содержание криптовалют, хочется отметить, что на данном этапе развития мнения экономистов на данные электронные деньги довольно неоднозначно. Кто-то считает криптовалюту феноменом современной экономики, кто-то склоняется к мнению, что система «Биткоин» и подобные являются лишь финансовыми пирамидами в глобальном масштабе. Диаметрально противоположные мнения ученых-экономистов позволили сформулировать основные плюсы и минусы криптовалют. Ниже представлена таблица с основыми достоинствами и недостатками существующих криптовалют.

*Таблица 2.*

**Преимущества и недостатки криптовалют**

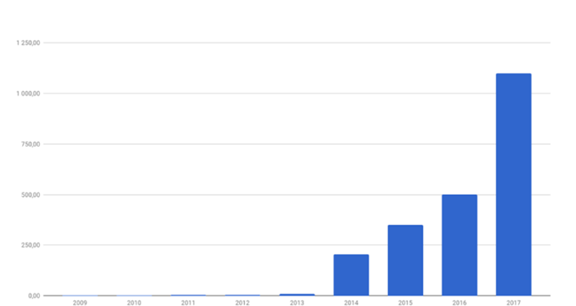
|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Преимущества криптовалют** | | **Недостатки криптовалют** | |
| Критерий | Обоснование | Критерий | Обоснование |
| Псевдонимность | Все транзакции между кошельками доступны, но не раскрыта личная информация о владельцах | Высокая волатильность | Подверженность значительным курсовым колебаниям из-за специфики использования |

*Продолжение табл.2.*

**Преимущества и недостатки криптовалют**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Преимущества криптовалют** | | **Недостатки криптовалют** | |
| Критерий | Обоснование | Критерий | Обоснование |
| Открытость кода | Знание кода алгоритма позволяет каждому желающему добывать монеты | Невозможность восстановления монет | Потеря пароля к криптокошельку ведет к безвозратной утрате монет |
| Децентрализован-ность | Отсутствие контроля и давления эмитента | Нелегальный статус | В большинстве стран мира не узаконили криптовалюты |
| Ограниченность | Криптовалюты не подвержены инфляции, так как эмитируется фиксированное количество монет | Масштабирование | К примеру, биткоин делится лишь до 10-8 части (цент или сатоши). При росте курса проблема данная проблема остро встает перед пользователями системы |
| Низкие издержки | Транзакционные издержки при переводах либо малы, либо отсутствуют вообще | Нелегальная деятельность | Привлекательная анонимность и отсутствие контроля повлекли рост сделок в «Даркнете» (продажа оружия, наркотиков и людей) |
| Защищенность | Монеты нельзя подделать или украсть |  |  |
| Высокая скорость проведения операций | Средняя скорость проведения операций |  |  |

К началу 2017 года общее количество криптовалют превышало 2000[[8]](#footnote-8). Такое значительное количество, однако, не означает видовое разнообразие: дело в том, что как только система «Биткоин» раскрыла часть своих протоколов, на их основе стали появляться так называемые «форки» (от англ. «fork» - ветвь, вилка) или «альткоины» («альтернативные монеты»). По данным coinmarketcap рынок криптовалют и альткоинов в период с 2014 по 2017 гг. имел беспрецедентный рост. Ниже представлена динамика роста криптоактивов, подготовленная группой «Synergis».



*Рис. 4.* **Рост криптоактивов в период с 2009 года по 2017 год в тыс. долларов**[[9]](#footnote-9)

Даже при таких значительных темпах роста криптовалют перед мировой общественностью возник вопрос не только признания биткоинов и альткоинов, а придания им юридической силы. Как показала практика, данный процесс проходит с большими задержками, не во всех странах, а также со множеством коллизий. Так правовой статус криптовалют варьируется между странами, оставаясь неоднозначным и изменчивым в большинстве из них. Некоторые страны активно выразили свою позицию относительно биткоина и аналогов и узаконили операции в своей стране, другие же, напротив, полностью запретили проведение сделок с криптовалютами. Нет согласия на данный момент и в вопросах определения криптовалют среди судов, государственных и налоговых учреждений и др. В настоящее время наблюдается плюрализм толкований биткоина и отсутствие единого взгляда на вопрос криптовалют в то время, как последние по своей сути являются международным платежным инструментом.

В сентябре 2017 года мир потрясло решение Народного банка Китая[[10]](#footnote-10) о запрете проведения сделок с криптовалютой, обвалив курс биткоина на 35%. Однако после падения почти в два раза биткоин стал быстро набирать темпы роста и спустя неделю превысил свое значение больше чем в 2,5 раза. В России политики пока не пришли к консенсусу относительно легализации биткоина, однако, фактически до принятия закона, отменяющего действия закона об обязательной покупки товаров валютой, отличной от Российского рубля[[11]](#footnote-11), осуществление сделок в криптовалютах официально не признано легальным. К 2018 году власти рассматривают возможность легализации криптовалют[[12]](#footnote-12) в стране в рамках борьбы с нелегальными переводами, а также уклонения от выплаты налогов. Предполагается понимание криптовалют как цифрового товара, однако и по сегодняшний день в Государственной Думе бушуют споры, и официальной позиции пока высказано не было.

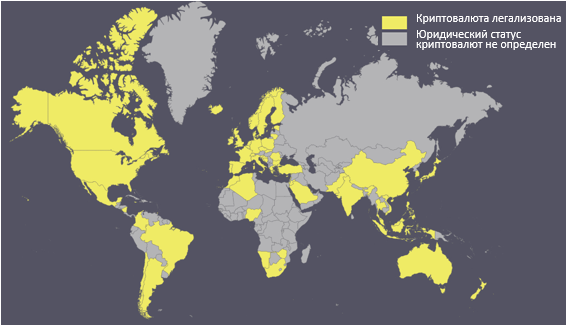
25 марта 2014 года Службой внутренних доходов США было постановлено, что биткоин определяется как «собственность для целей налогообложения»[[13]](#footnote-13), но не как валюта. Данное постановление, во-первых закрепило законный статус криптовалют в стране, а также определило порядок их налогообложения.

22 октября 2015 года ECJ (European Court of Justice, он же Европейский суд) постановил, обмен криптовалют на фиатные валюты не будет облагаться налогом на добавленную стоимость. Транзакции в криптовалютах также были освобождены от налогообложения, «так как отнесены к операциям с валютами, банкнотами и монетами»[[14]](#footnote-14). Всем членам Евросоюза было рекомендовано исключить криптовалюты из налогооблагаемых активов.

В марте 2016 года в Японии признали Bitcoin законным платежным средством[[15]](#footnote-15), но не другие криптовалюты, данное решение было обусловлено крахом Mt.Box. Глава национального банка Харухико Куродо заявил о дальнейшей разработке норм налогообложения в области биткоина.

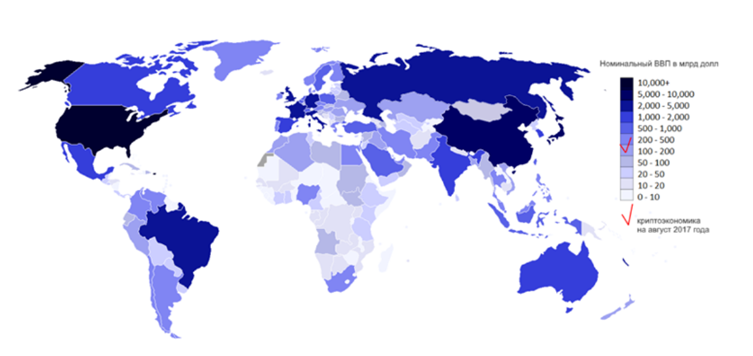
В ряде стран (Франция, Индия и др.) еще не принято решения относительно судьбы и правового статуса криптовалют на территории, однако власти сделали заявления, что законопроекты в скором времени будут рассмотрены, однако стоит отнестись с особым вниманием к сделкам в криптовалютах ввиду их высокой волатильности.

Ниже представлены страны, легализовавшие операции с криптовалютой на своей территории.



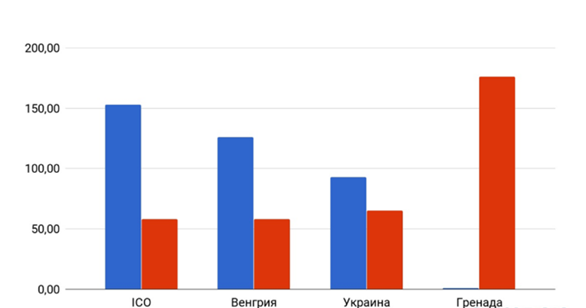
*Рис. 5.* **Легализация криптовалют в мире**[[16]](#footnote-16)

Сравнивая рынки криптовалют (и токенов) с валовым внутренним продуктом стран, выходит, что только 57 стран мира имеют капитализацию выше, чем капитализация крипторынка, оставшиеся 134 страны (а это без малого 67% всех государственных образований в мире) имеют показатели государства ниже общих показателей криптоактивов(см. рис.6 и рис.7). Также стоит отметить, что на данном этапе развития существуют две противоположные, но не взаимоисключающие тенденции: малые государства такие, как Швейцария, Япония, Хорватия, Эстония и другие, пытаются легализовать криптовалюты и другие виртуальные инструменты в противовес крупным государствам (Китай, Россия, Индия), которые тормозят процесс принятия криптоактивов и пытаются законодательно усложнить процесс оборота(рис.8).

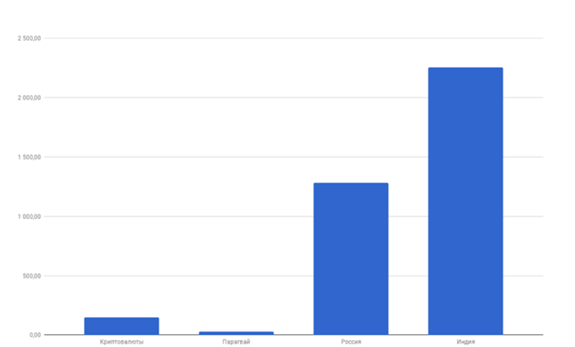


*Рис.6.* **Сравнительная характеристика ВВП стран и размеров криптоактивов**

На рисунке 7 изображена сравнительная характеристика объемов ICO и размеров внутреннего валового продукта Венгрии, Украины и Гренады (58 место, 65 место и 176 место в мире по данным МВФ на 2016 год). На диаграмме синим цветом выделен объем ВВП (капитализация), а красным – место ВВП в мире. В случае с ICO: синий цвет – капитализация, красный цвет – 57 место.



*Рис.7.* **Сравнительная характеристика объемов ICO и ВВП Венгрии, Украины и Гренады**[[17]](#footnote-17)



*Рис.8.* **Сравнение уровня капитализации криптовалют и ВВП Парагвая, России и Индии**[[18]](#footnote-18)

Для нашей страны отдельным и важным вопросом является юридическое обоснование и определение статуса криптовалют. В настоящее время происходит бурное дискутирование о предмете криптовалютных активов. В марте 2018 года должен был выйти законопроект, определяющий роль криптовалют в России, однако в ходе его разработки была выявлена необходимость изменения ряда других законодательных актов. Так, выяснилось, что должны претерпеть изменения первая, вторая и четвертая части Гражданского Кодекса Российской Федерации, данные изменения затрагивают не только криптовалютные активы, но и в целом цифровую экономику в стране. Криптовалюта, а также токены по версии составителей данных изменений, а именно председателя Государственной Думы Вячеслава Володина и председателя Государственной Думы по государственному строительству и законодательству Павла Крашенникова, являются объектами «цифрового права», которое определяется совокупностью электронных данных, удостоверяющих гражданские права на имущество, вещи, результаты работ, оказание услуг и др., в том числе исключительные права. Оборот данных признанных цифровых прав согласно изменениям возможно только при внесении определенных записей в государственную информационную систему. Хочется заметить, что предполагается создание «децентрализованной информационной системы», оборот информации в которой еще не определен никакими законодательными актами, однако наблюдается подмена термина «децентрализованная система» термином «распределенный реестр» в существующих законопроектах, затрагивающих положение криптовалютных активов в России.

В настоящее время существующим законопроектом дано следующее определение криптовалюты («цифровых денег»): цифровые деньги – «не удостоверяющая право на какой-либо объект гражданских прав совокупность электронных данных (цифровой код или обозначение), созданная в информационной системе, отвечающей установленным законом признакам децентрализованной информационной системы и используемая пользователями этой системы для осуществления платежей»[[19]](#footnote-19). Важно отметить две закономерности, прослеживающиеся в процессе изучения данного законопроекта: во-первых, за криптовалютами не закреплено статуса законного государственного средства платежа, во-вторых, пользование криптовалютами идет в отрыве от гражданских прав, в-третьих, условия, при которых криптовалюты могут быть использованы с целью платежа, в законопроекте не прописаны, что означает, что использование криптовалют как платежного средства на неопределенный срок (до внесения уточнений и появления новых редакций закона) предотвращено.

Помимо заявленных изменений в Гражданском Кодексе Российской Федерации в марте 2018 года на рассмотрение в Государственную Думу был принят законопроект под рабочим названием «О цифровых финансовых активах», разработанный группой парламентариев во главе с Анатолием Аксаковым, являющимся в настоящее время главой комитета Государственной Думы по финансовому рынку. Данный законопроект создан с целью урегулирования статуса и порядка использования криптоактивов в Российской Федерации. Настоящий вариант законопроекта размещен на официальном сайте Автоматизированной системы обеспечения законодательной деятельности. В текущем варианте документа за криптоактивами, а также токенами закрепляется статус финансовых цифровых активов с некоторыми ограничениями, к которым можно отнести следующее:

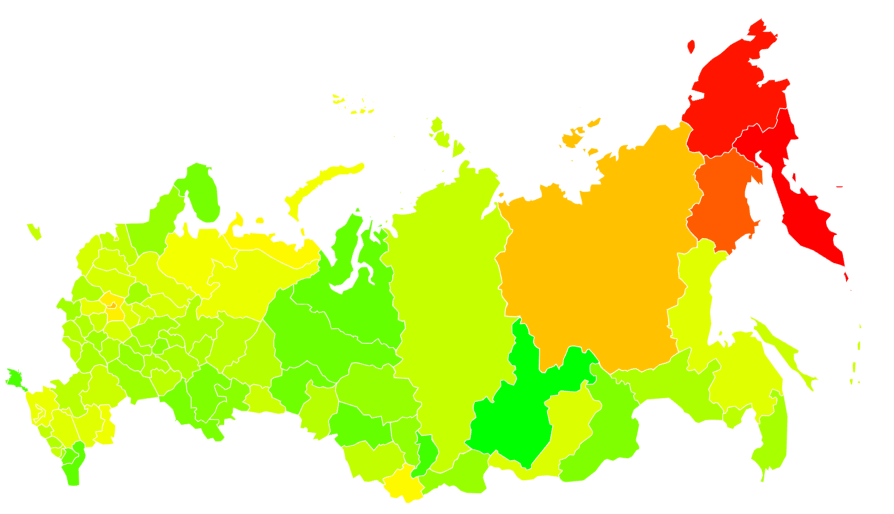
* обмен данных активов возможен лишь на российский рубль или же иностранные фиатные валюты;
* сделки с данными финансовыми цифровыми активами разрешено совершать лишь специальным операторам, а именно юридическим лицам , имеющим определенные полномочия в осуществлении видов деятельности, оговоренных в законах «О рынке ценных бумаг» и «Об организованных торгах»[[20]](#footnote-20);
* операции, проводимые с криптоактивами разрешено проводить только посредством цифровых записей и цифровых транзакций. В рамках законопроекта предусмотрено введение реестра цифровых транзакций, а также введение распределенного реестра цифровых транзакций;
* для проведения операций с криптовалютой необходимо подтверждение подлинности у особого участника – валидатора, являющегося лицом, ответственным за подлинности записей в оговоренных ранее реестрах;
* добыча криптоактивов, иными словами майнинг, признан особым видом предпринимательской деятельности лишь в случаях, если лицо, добывающее криптоактив в течение трех месяцев подряд превышает лимиты энергопотребления, которые установлены Правительством Российской Федерации. (Для справки: для владельца трехкомнатной квартиры в Санкт-Петербурге месячный норматив с случае владения газовой плитой составляет 114 кВт/ч в месяц, в случае владения электрической плитой – 143 кВт/ч[[21]](#footnote-21)).

Ниже представлена сравнительная характеристика нормативов по потреблению электроэнергии в Российской Федерации (Рис. 9). В результате проведенного анализа, наиболее привлекательными для майнинга оказались регионы красной, а также синей зоны, именно в этих зонах наблюдаются наибольшие значения нормативов по потреблению или же полное отсутствие нормативов как таковых (синяя зона).



*Рис. 9* **Нормативы по потреблению электроэнергии в Российской Федерации с учетом общедомового имущества**[[22]](#footnote-22)

Однако рассмотрение майнинга в Российской Федерации было бы логично проводить не только с позиций нормативов по потреблению электроэнергии на человека, но и с позиций введенных тарифов за 1 кВт/ч. На рис. 10 представлена карта Российской Федерации с тарифами на электроэнергию по состоянию на 1 января 2018 года. Красным цветом обозначены субъекты с наиболее высокими тарифами на потребление электроэнергии, а зеленым – субъекты с наиболее низким уровнем тарифа. Рекордно большим значением тарифа на потребление является Чукотский край с тарифом 8,2 рубля за 1 кВт/ч, не так далеко от этого показателя оказалось значение тарифа в Камчатском крае (8, 174 рубля за 1 кВт/ч). Наконец, третье место в числе субъектом с наиболее высокими тарифами на электропотребление занимает Магаданская область, где потребление 1 кВт обойдется жителю в 7, 26 рублей. Самое малое же значение тарифа на электроэнергию наблюдается в Иркутской области и составляет 1,01 рубль за 1 кВт/ч. В Хакасии 1 кВт/ч обойдется жителю в 1,99 рубля, это значение почти в 2 раза превышает значение тарифа в Иркутской области, но в целом является вторым по малости в Российской Федерации.



*Рис. 10*. **Карта тарифов на электроэнергию в Российской Федерации на 1 января 2018 года**[[23]](#footnote-23)

Помимо резулирования майнинга и криптоактивов Правительством Российской Федерации выделена особая важность определения порядка продажи токенов на территории нашего государства. В целом в проекте законопроекта токены отличаются от криптоактивов количеством эмитентов: токены по определению выпускаются одной компанией, криптовалюта же должна добываться множеством майнеров – предпринимателей. Первичное предложение монет (иначе - ICO) в рамках законопроекта признано легальной деятельностью, кроме того, монеты – токены могут приобретаться не только юридическими, но и физическими лицами (рядовыми гражданами). Максимальная сумма, на которую может приобрести токены одно физическое/юридическое лицо , пока не установлена, однако в дальнейшем Центральным банком Российской Федерации будут установлены лимитирующие показатели, но уже в рамках другого законопроекта. Текущий законопроект устанавливает также и порядок проведения первичного предложения монет: эмитент выпускает публичную оферту и инвестиционный меморандум, где должны содержатся основные сведения о компании – эмитенте, основные условия предложения токенов в рамках данного предложения. Публичная оферта обязательно должна отражать основные бенефициарные данные об эмитенте, а также оговаривать особый принцип сделки с токенами, осуществляемый посредством смарт-контракта, являющегося особым видом договора, заключенного в электронной форме и выполняющегося в рамках цифровой экономики Российской Федерации.

## **Обзор экономических исследований в области криптовалют**

К сожалению, в настоящее время наблюдается явный дефицит экономико-математических исследований, посвященных теме криптовалют, большинство существующих ныне исследований посвящены теоретическому осмыслению данного вопроса; это объясняется, в первую очередь, разной трактовке понятия «криптовалюта» разными экономистами. Относительная недавно и остро возникший интерес к биткойнам дал толчок к развитию исследований, в скором времени ожидается восполнение дефицита работ с экономико-математическим подходом к рассмотрению криптовалют. Тем не менее на сегодняшний момент уже можно выделить ряд выдающихся работ, посвященных исследованию биткойна, криптоактивов и других вопросов, связанных с цифровой экономикой, в 2015 году даже возник отдельный тематический журнал «Ledger», который публикует лишь работы, посвященные криптовалюте.

Стоит отметить выдающуюся личность в области исследования криптовалют, а именно Рюбена Гринберга, именно этот человек написал первую академическую статью о системе биткойн в издал ее в журнале «Hastings Science and Technology Law Journal» в 2011 году (всего двумя годами позже рождения самого биткойна). Название первой статьи – «Биткойн: Инновационная Альтернативная Цифровая Валюта»[[24]](#footnote-24), посвящена она преимущественно теоретическому рассмотрению биткойна.

Одной из наиболее привлекших к себе внимание общесственности принято считать статью под названием «Исследование перспектив и вызовов, стоящих перед биткойном и криптовалютами», написанную целой командой исследователей - Джозефом Бонно, Эндрю Миллером, Джереми Кларком, Арвиндом Нараянаном, Джошуа Кролом, а также Эдвардом Фелтеном. Именно эта фундаментальная работа впервые систематизировано изложила основные сведения о биткойне, отметила его нечеткую документацию, а также выявила проблему недостаточного объема формальных спецификаций.

Значимость работы, проделанной авторами, не стоит умалять, ведь именно Бонно, Миллер, Кларк, Нараян, Крол и Фелтен синтезировали в своем документе все ранее известные знания о биткойне – от сообщений с чатов и форумов из сети Интернет, а также информации из рассылок сами создателей протоколов до академических источников, посвященных вопросам криптографии, IRC логов и пр. Также именно этим исследователям принято приписывать разделение системы биткойн на три составляющие:

1. Операции/ сценарии;
2. Майнинг;
3. P2P сеть.

В 2016 году вышла книга «Bitcoin and Cryptocurrency Technologies: A Comprehensive Introduction»[[25]](#footnote-25), выпущенная все теми же авторами: доцентом Принстонского университета Арвиндом Нараянаном, профессором Эдвардом Фелтеном, кандидатом наук Стивеном Голдфедером, исследователем Стэнфордского университета Джозефом Бонно и кандидатом наук Университета Мэриленда Эндрю Миллером. Научный состав также создал сайт с видео-изложением материала, изложенного более чем в 300 страницах, каждое видео посвящено определенной главе в книге. Также она содержит задачи преимущественно для программистов, а также слайды лекций. Арвиндом Нараянаном также создан тематический курс на портале «Coursera» под названием «Bitcoin and Cryptocurrency Technologies».

Второй известной статьей в области криптовалют считается работа Этана Хейлмана, Элисон Кендлер, Авив Зохар и Шерона Голдберга под названием «Эклипс атаки на P2P сеть». Стоит отметить, что это не единственная работа авторов, ими также в 2013 году была написана статья, посвященная «эгоистичному» майнингу, которая подарила авторам международную известность и интерес со стороны разных участников криптовалютного рынка. Именно в первой работе были выявлены возможные векторы атак на пиринговую сеть Биткойн. Спустя два года группа авторов успешно представили работу «Эклипс атаки на P2P сеть» на двадцать четвертом симпозиуме USENIX, где и было впервые введено понятие «эклипс атаки», представляющий собой поведение атакующего, который монополизирует все входящие и выходящие потоки своей жертвы, и изолирующего таким образом последнюю от других пиров в общей сети. Далее все просто: атакующий производит обман жертвы, предоставляя последней недостоверные данные журнала проводимых операций (транзакций), а также использует компьютер жертвы и его вычислительные мощности в собственных целях.

То, что сеть Биткоин зиждется на сильном желании его участников иметь некоторую финансовую конфиденциальность ни для кого не является открытием. На сегодняшний день одной из самых ярких фигур в вопросе улучшения финансовой конфиденциальности является Грегори Максвелл, который в настоящее время считается основным разботчиком Bitcoin Core. 2013 год является годом рождения метода анонимизаций транзакций, в этот же год Грегори Максвелл представил свой отчет с самыми передовыми исследованиями в этой области. Именно Грегори Максвелл смог создать технологии «конфиденциальных транзакций, которые позволяют участникам скрывать объемы переводимых средств от посторонней публики, сохранят суммарный баланс в системе. Стоит заметить, что не все намеченные теоретические концепты на данный момент введены в исполнение, однако уже сейчас проводятся имитационные эксперименты в блокстриме сайдчейнов.

На мой взгляд, самой выдающейся экономической работой в области криптовалют на сегодняшний день является исследование физика, обращенного в экономиста, а также одного из соучредителей ZenCash Роберта Вигильоне под названием «Играет ли управление роль в ценообразовании? Доказательства с мировых биткойн-рынков», в которой автор статистически доказывает обратную связь между ростом цены биткойна и экономической свободой. Важно заметить, что методология, примененная в данном исследовании представляет не искусственно заданные экспертной группой, а рыночные метрики экономической свободы, которые обновляются в режиме онлайн, а не раз в отчетный период. Таким образом, становится возможным описание восприятия рынков избрания на тот или иной пост видных политиков и иные значимые события. Также работа утверждает значимость биткойна в процессе генерирования полезных макроэкономических данных даже на его нынешнем этапе волатильной стадии.

Интересную финансовую статью, посвященную биткойнам, написал профессор Чарльз Эванс. Его работа под названием «Биткойн в исламском банкинге и финансах» настолько активно обсуждалась в мировом сообществе, что автору даже пришлось записать видео, разъясняющее его отношение к вопросу криптовалют. Исследование является актуальным для более чем четверти всего населения земли (именно такую оценку статистики дали исламскому миру), также стоит заметить, что биткойн свободен от ссудного процента, таким образом Чарльз Эванс утверждает, что «перекрытие между областью твердых денег и разрешенных шариатом финансов является достаточно большим, чтобы между двумя этими сообществами начали образовываться интеллектуальные связи»[[26]](#footnote-26).

Группа таких исследователей, как Итэй Эял, Адам Иф Генсер, Эмин Ган Сирер, а также Роберт ван Ренес также являются последователями теории «эгоистичного» майнинга. Совсем недавно данные научные деятели представили общественности проект «Bitcoin NG», который является радикальным предложением масштабирования с использованием микро- и ключеных блоках в проблеме выбора между задержкой осуществления транзакций и пропускной способностью. Также авторами были предложены показатели эффективности для сети Биткойн («задержка консенсуса», «утилизация майнинговых мощностей») и эффективности блокчейн протоколов, а также создан широкомасштабный симулятор криптовалютной сети.

Интересным с исследовательской точки зрения является ноябрьский отчет Банка Международных Расчетов и Комитета по платежной и рыночной инфраструктуре. Данное исследование оценило Биткойн-сеть как особый и инновационный элемент в современной экономике, который сможет предложить участникам и конечным пользователям не только более существенное снижение затрат в сравнении с традиционными централизованными механизмами, но и устранить проблемы, существующие в традиционных платежных системах в целом.

«Должна ли криптовалюта быть включена в состав золотовалютных резервов центробанка Барбадоса?» - именно такое название носила рабочая записка центробанка Барбадоса, ее создатели – экономисты Винстон Мур и Джереми Стефен – определили важность и полезность переведения часть золотовалютных резервов небольшого островного государства в биткойны. Авторы пришли к заключению, что у криптовалюты есть все шансы стать одним из ключевых инструментов при осуществлении сделок, а потому всем центральным банкам следует оценить ее потенциал, кроме того, распределение портфеля может увеличить диверсификацию против спекулятивных атак, при этом незначительно повлиять на волатильность золотовалютных резервов в целом. Именно с Барбадоса началось всемирное и официальное признание криптовалют (биткойна) как полезного средства сбережения не только на уровне пользователей сети, но и среди властей центральных банков.

Хочется также ввести в данное исследование следующие имена исследователей в области криптовалют: Хуан Гарай, Агелос Кияйас и Никос Леонардос. Именно они являются создателями самой цитируемой в настоящее время статьи под названием «Машистральный протокол Биткойна», в которой доказывается можель «доказуемой безопасности» алгоритма сетевого консенсуса криптовалюты. Гараем Кияйасом, а также Никосом Леонардосом была проделана титаническая работа по извлечению и анализу ядра протокола сети Биткойн с позиций двух свойств:

* общий префикс
* качество цепи.

Общий префикс представляет собой способности сети блокчейн сходиться на одном моменте в истории, а качество цепи – показатель, описывающий степень, до которой лицо, осуществляющее атакующую стратегию, может получить преимущество в результате обладания некоторыми избыточными майнинговыми мощностями (к примеру, майнинговая ферма).

Данная работа – еще один пример развития теории «эгоистичного» майнинга, который довольно широко обобщает концепции, описанные в трудах Эяла и Сирер.

«Масштабируемые моментальные платежи вне блокчейна» - работа Джозефа Пуна и Тадеуша Драйджа, опубликованная в 2015 году, в которой рассмотрено расширение двусторонних каналов платежей с надстройками до уровня мгновенных операций между любым количеством участником в сети. Так как большая часть данных по операциям хранятся частно, то новая технология будет обходиться значительно дешевле в сравнении с хранением транзакциям на основном блокчейне системы Биткойн, отсюда следует возможность осуществления микроплатежей.

Среди российских научных статей, посвященных проблемам криптовалют, можно выделить статью «Криптовалюта: будущее или провал»[[27]](#footnote-27), опубликованную в журнале «Молодой ученый», авторами которой являются Коляскин Александр Дмитриевич, Сенькина Полина Сергеевна. В данной работе авторами дается общее определения криптовалют, рассматриваются основные преимущества и недостатки криптовалют, авторы выделяют следующие негативные последствия от введения криптовалют:

* снижение доли реальных денег;
* изменение в денежных агрегатах;
* угнетение фиатных валют.

Еще одна работа, написанная отечественными авторами, посвященная проблемам криптовалют, была опубликована в журнале «ScienceArticle» 14.01.2018 Киевичем Александром Владимировичем, Миховичем Константином Игоревичем и Полюховичем Владиславом Владимировичем. Исследование «Криптовалюта и ее влияние на современную экономику на примере Bitcoin» посвящено определению положительных и негативных сторон использования криптоактивов, а также исследованию причин спроса на биткойн и приходят к выводу, что криптовалюты являются своего рода «оффшорными зонами»[[28]](#footnote-28).

Также довольно известна статья Вахрушева Дмитрия Станиславовича и Железова Олега Владимировича «Криптовалюта как феномен современной информационной экономики: проблемы теоретического осмысления»[[29]](#footnote-29). В данном исследовании рассмотрена проблематика криптовалют с позиций возникновения новых видов электронных денег, а также проанализирована динамика распространения и обращения 500 самых крупных криптовалют.

# **Глава 2. Теоретико – игровой подход к исследованию криптовалют**

## **2.1 Игры с выходом и равновесие в теории солнечных пятен**

11 июля 2017 года Эйлон Солан и Омри Н. Солан опубликовали статью под названием «Quitting Games and Linear Complementarity. Problems» («Игры с выходом и линейная взамодополняемость. Проблемы»), где авторы доказали, что каждая игра в многопользовательском режиме допускает равновесие в теории солнечных пятен для каждого , которое является также равновесием в расширенной игре, где игроки наблюдают некий публичный сигнал на каждом этапе. Кроме того, авторами было доказано, что если некоторая матрица, полученная из выигрыша в игре, является Q-матрицей, то игра допускает равновесие по Нэшу для каждого

В 1953 году Шепли ввел модель стохастических игр как модель динамических взаимодействий, в которых действия игроков игроков являются как ступенчатыми, так и эволюционными переменными состояния. Шепли изучил модель с двумя игроками с нулевой суммой и доказал, что некоторое поправочное значение всегда существует и что оба игрока имеют стационарные оптимальные стратегии. Этот результат был расширен до существования равновесий с некоторой поправкой в играх в многопользовательских стохастических играх Финком в 1964 году и Такахаши также в 1964 году.

Стратегии равновесия не являются надежными, поскольку они зависят от значения некоторой поправки. Мертенс и Нейман в 1981 году предложили концепцию робастного решения для измерения размера поправки: при рассматривается ситуация в игре, при которой существует равномерное -равновесие, оно является - равновесием с поправкой для каждого значения поправки, достаточно близкого к 0. Мертенс и Нейман доказали, что каждая стохастическая игра с нулевой суммой для двух игроков допускает равновесие при каждом кроме того, данный результат был расширен до игр с двумя игроками, но уже без нулевой суммы. В 1999 году Солан доказал, что существует равномерное -равновесие в играх с тремя игроками, которые являются стохастическими играми с одним непоглощающим состоянием. Пока неизвестно, допускает ли какая-либо многопользовательская стохастическая игра равномерное -равновесие для любого

В своем исследовании однородного равновесия в многопользовательских стохастических играх Солан и Виейль в 2001 году представили новый класс поглощающих игр, называемый «quitting games». В игре с выходом каждый из игроков решает на каждом этапе, продолжать или прекращать дальнейшее участие. Пока все игроки выбирают продолжение, игра продолжается. Как только один из игроков уходит, игра заканчивается; выигрыши в банке зависят от множества игроков, которые решили выйти на последнем шаге. Солан и Виейль доказали, что если каждый игрок предпочитает уйти из игры в одиночку, а не уходить вместе с другими игроками, то существует -равновесие в игре. Данный результат был расширен до более общего класса игр с выходом Саймоном в 2012 году.

Ауманн представил концепцию коррелированного равновесия в играх стратегической формы. Коррелированное равновесие в игре стратегической формы – это равновесие в расширенной игре, которая включает в себя некоторое корреляционное устройство, которое передает каждому игроку частный сигнал перед началом игры. В динамических играх возможно несколько вариаций коррелированного равновесия, наиболее общей концепцией является равновесие связи, которое соответствует равновесию в расширенной игре, в котором на каждом этапе устройство получает личное сообщение от каждого игрока и отправляет частный сигнал каждому игроку, что может зависеть от прошлых сообщений или сигналов. Более ограниченная концепция – это сбалансированное равновесие с расширенной формой, которое соответствует ситуации, в которой устройство отправляет сигнал каждому игроку в начале каждого этапа и не получает никакого ответного сообщения от игроков. Еще более ограниченным понятием является нормальное коррелированное равновесие, которое соответствует ситуации, в которой устройство отправляет один сигнал каждому игроку в начале игры. Касс и Шелл предложили концепцию равновесия солнечных пятен, которая является равновесием в игре, расширенной корреляционным устройством, которое публично посылает игрокам на каждом этапе равномерно распределенную случайную величину на отрезке , которая выбирается независимо от прошлых сигналов и прошлой игры.

Солан и Виейль в 2002 году доказали, что каждая стохастическая игра с множеством участников допускает равномерное скоординированное -равновесие в расширенной форме для каждого а Солан и Вохра в 2002 году доказали, что каждая такая игра допускает нормальную форму с равномерным коррелированным -равновесием при каждом В работе 2017 года доказано, что каждая игра с выходом с множеством игроков допускает равномерное -равновесие в солнечных пятнах для любого В 2001 году Солан и Виейль доказали, что при выходе из игры каждое -равновесие без поправки также равномерно.

Каждая игра с выходом со множеством участников допускает -равновесие в солнечных пятнах без поправки для любого . Из вышеприведенного результата Солана и Виэйля от 2001 года следует что каждая игра с выходом со множеством участников допускает наличие равновесия в солнечных пятнах для любого

Игры с выходом являются играми с остановками, в которых процессы выплат являются постоянными, не зависящими от времени. Шмая и Солан в 2004 году разработали метод, позволяющий свести вопрос о существовании -равновесия в играх с остановками с интегрируемыми процессами выигрышей к вопросу о существовании -равновесия в играх с выходом или поглощающих играх. Хеллер и Машиа-Яакови в 2014 году использовал подход Шмая и Солана для доказательства существования нормального коррелированного -равновесия в играх со множеством участников в играх с остановками и подыгрового идеального-равновесия в играх с остановками со множеством игроков с идеальной информацией соответственно. Этот подход можно использовать, чтобы показать, что каждая игра с остановками со множеством участников допускает -равновесие в солнечных пятнах. Доказательство этого утверждения осуществляется через понятие Q-матриц из линейных дополнений: дана матрица размерности nn и вектор q, проблема линейной комплементарности (сокращенно LCP) – это проблема нахождения двух векторов таких, что соблюдаются условия (а) и (б):

(а)

(б) для каждого

Матрица называется Q-матрицей, если решение проблемы LCP (R,q) существует для каждого q. Тогда если обозначить через такой выигрыш игрока в игре с выходом, когда игрок уходит один. Добавляя константу к выигрышам, можно без ограничения общности считать, что иными словами каждый игрок, который уходит один получает 0.

В исследовании авторы определили игрока нормальным если игрок такой, что его , при этом игрок знает, что игрок собирается уйти из игры в одиночку и предпочтет уйти после него. Пусть - совокупность нормальных игроков и ограничен вектором к координатам, которые соответствуют нормальным игрокам. Далее была проведено переименование игроков таким образом, что нормальными игроками являются игроки под номерами и матрица , где тый столбец содержит .

Так было показано, что если матрица – не Q-матрица, то игра с выходом допускает равномерное -равновесие для каждого Если же матрица является Q-матрицей, то для каждого игра с выходом имеет равномерное солнечное -равновесие, в которой на каждом шаге более чем один игрок, решивший покинуть игру, имеет положительную вероятность.

Данная работа внесла три существенных вклада в развитие стохастических игр с выходом: во-первых, учеными было доказано, что каждая игра с выходом допускает равномерное -равновесие в солнечных пятнах. Во-вторых, было найдено общее условие, гарантирующее существование равномерного равновесия при выходе из игры. В-третьих, исследователи связали вопрос о существовании однородного равновесия в стохастических играх с задачами линейной комплементарности.

В частности, данная работа ограничивает класс игр с выходом, для которых существование равномерного -равновесия неизвестно. Ученые возлагают большие надежды относительно перспектив развития данной теории, в частности, не исключена вероятность, что результат проложит путь к доказательству существования -равновесия солнечного пятна в каждой стохастической игре.

Игры с выходом являются подклассом поглощающих игр, которые также являются повторяющимися играми, в которых игрок может иметь два или более альтернативных действий. Абсорбирующие игры являются подклассом стохастических игр. В дальнейшем авторы собираются расширять полученные результаты для абсорбирующих, а затем и стохастических игр. В настоящее время существует проблема доказательства того, что вероятность прекращения игры на конкретном шаге во вспомогательной игре ограничена 0 снизу.

## **2.2 Динамическая игровая модель криптовалютной системы**

В качестве одного из возможных вариантов исследования отношений между субъектами криптовалютного рынка предлагается модель повторяющейся игры, впервые введенная в рассмотрение Эйлоном Соланом в 2001 году[[30]](#footnote-30). Предполагается, что страны-игроки одновременно и независимо друг от друга должны принять решение поддерживать или нет дальнейшие операции с криптовалютами в своей стране. Свое решение каждая страна принимает в соответствии с получаемыми извне сигналами, которые являются случайными величинами, распределенными равномерно. В своем исследовании Э. Солан доказал, что если каждый игрок предпочитает уйти из игры в одиночку, а не уходить вместе с другими игроками, то существует ɛ-равновесие в игре[[31]](#footnote-31). В случае, если игроки выбрали вариант поддержки операций с криптовалютами, то фонд увеличивается и игра продолжается. В обратной ситуации, если большинство игроков выбрали вариант отказа от криптовалют, то они забирает фонд себе и делят его поровну. В целях конкретизации дальнейшего исследования следует в качестве межгосударственного инструмента валютной эмиссии принять биткоин как самая успешная на данный момент валюта, не перестающая удивлять мировую общественность ростом своего курса. Стоит заметить, что при принятии данной единицы расчета в качестве общемировой страна, скоординировавшая наибольшее количество биткоинов, будет иметь монополию на все операции. В действительности принятие биткоина уже на данный момент происходит в мире, и уже очевидно, что процесс этот довольно затяжной (момент возникновения биткоина датируется 2009 г., однако к 2018 г. в мире остаётся немало государств (к их числу на текущий момент относится и Россия), в которых криптовалюты находятся в «эфемерном положении». Так, внедрение биткоина предполагает поэтапность и согласие всех стран. В случае всеобщего одобрения возникает возможность изменения финансового расклада в мире, путем майнинга и аккумулирования биткоинов в своей стране, однако в случае отказа от внедрения биткоин теряет свое свойство денежного эквивалента, а страна-лидер по количеству биткоинов - свои позиции. Не стоит забывать, что страны-игроки могут объединяться в различные коалиции на различных условиях, что порождает огромное число возможных сценариев развития событий.

Содержательная природа экономических процессов эволюции криптовалют, характеризуемая остроконкурентной средой и комплексным взаимодействие значительного числа экономическим субъектов с разнородными интересами обуславливают и природу инструментов исследования. В этой связи одним из наиболее привлекательных средств (в первую очереди, с позиций адекватности) представляются теоретико-игровые модели. Заметим, что в зависимости от конкретных задач и целей при анализе криптовалютных рынков могут быть использованы как модели, базирующиеся на статических и динамических стратегических играх, так и модели на основе кооперативных игр (детерминированных или стохастических).

Так, процесс «добывания» электронных монет, а также существующая конкурентная среда на рынке криптовалют определили применяемый в данном исследовании инструмент экономического анализа, а именно аппарат теории игр, обладающий на текущий момент достаточно богатым опытом приложения к решению задач в IT–сфере. Совместное взаимодействие на мировой арене, а также поиск взаимных компромиссов обусловили специфику используемых теоретико-игровых подходов и позволили создать модели кооперативных игр.

В роли действующих на рынке игроков в рамках рассмотренных моделей взяты следующие страны и их группировки: США, Япония, Россия (как лидеры по количеству сделок с криптовалютой), Германия, ОАЭ, Австралия, Южная Корея, Великобритания и Нидерланды (как страны-лидеры по уровню проникновения биткоинов на душу населения).

В качестве одного из возможных вариантов исследования отношений между субъектами криптовалютного рынка предлагается модель игры с отказом. Страны-игроки одновременно и независимо друг от друга должны принять решение поддерживать или нет дальнейшие операции с криптовалютами в своей стране. Свое решение каждая страна принимает, руководствуясь получаемыми извне сигналами, являющимися случайными величинами, распределенными по нормальному закону. В случае поддержки операций с криптовалютами всеми игроками фонд увеличивается, а игра продолжается. В случае же отказа проведения операций с криптовалютами всеми игроками игра заканчивается, и игроки делят фонд в равных долях между собой. В случае отсутствия данных пограничных состояний игры, а именно выбора всеми игроками альтернатив отказа или продолжения, игра будет исключать игроков группы меньшинства и будет продолжаться до тех пор, пока не будет достигнуто одно из пограничных состояний.

Обозначим через игру с отказом и конечным числом участников. такая, что конечное число игроков . Для каждого подмножества из вектор. Выигрыш в такой игре меньше или равен 1. Предполагается, что на каждом шаге

каждый игрок решает, останавливать игру или нет. Если никто из игроков не останавливает игру, тогда при .

- такая игра, где каждый игрок имеет набор чистых стратегий . При этом, если, то игрок решает никогда не останавливать игру.

Стратегия игрока может быть описана следующим выражением:

, (1)

где – условная вероятность, что игрок отказывается от продолжения игры на шаге при условии, что никто из игроков не произвел отказ до этого момента.

Пусть набор всех стратегий -того игрока , тогда набор всех стратегий других игроков . Все стратегии в игре .

Обозначим – ожидаемый выигрыш от стратегии .

Стратегия x удовлетворяет ε-равновесию, если для каждого и каждой стратегии

мы имеем:

(2)

Также игрокам на каждом шагу дается сигнал неким устройством (в нашем случае сигналы участникам криптовалютного рынка посылает независимый участник игры – природа). Обозначим наблюдаемый публичный сигнал …

Сигналы … являются случайными величинами, имеющими нормальное распределение, не зависят от прошлых значений сигналов.

Нормальное распределение (оно же распределение Гаусса, распределение Гаусса – Лапласа) — распределение вероятностей, которое в одномерном случае задаётся функцией плотности вероятности, совпадающей с функцией Гаусса:

(3)

где параметр — математическое ожидание (среднее значение), медиана и мода распределения, а параметр — среднеквадратическое отклонение ( — дисперсия) распределения[[32]](#footnote-32). Экономическое содержание данных сигналов в данной игре– это некоторые изменения курса биткойна на бирже.

Стратегия игрока с учетом поступающих сигналов может быть описана слеюдующим выражением:

(4)

где означает, что до шага ни один игрок не отказался от продолжения игры, тогда как на шаге игрок принимает решение об отказе с вероятностью .

Введем – ожидаемый выигрыш игрока, придерживающегося стратегии в ситуации , тогда в ситуации мы имеем равновесие в теории солнечных пятен (sunspot ε-equilibrium), если мы имеем -равновесие в игре с устройством, подающим публичные сигналы игрокам так, что для каждого и для каждого стратегии для игрока мы имеем:

(5)

Исследование равновесных ситуаций в построенной модели (равно как исследование условий, параметров игры, при которых ситуации равновесия отсутствуют) позволяют нам на качественном уровне выявлять возможные принципиальные сценарии развития «криптовалютной экономики», как в обозримом будущем, так и для продолжительных временных горизонтов.

# **Глава 3. Практическая реализация динамической игровой модели криптовалютной системы**

## **3.1 Имитационные подходы к динамической игровой модели криптовалютной системы**

Постановка данной игры позволила создать макрос с имитационными испытаниями в области принятия (или отказа) от проведения операций с криптовалютами.

Принцип работы макроса заключается в формировании определенного достаточно продолжительного временного горизонта, в течение которого страны-игроки будут принимать решение о продолжении или прекращении проведения дальнейших операций с криптовалютой на своей территории, при этом игроками заранее принимается решение о стратегии, которой они будут придерживаться в течение всей игры, который выражен в показателе из «терпимости» изменению курса биткойна, этот значение и определяет их уровень выхода из игры. Итак, перед началом игры каждый из участников определяет свое значение выхода, известен так же и временной горизонт, на протяжении которого будут автоматически формироваться сигналы, символизирующие те или иные биржевые изменения биткойна. Сигналы, поступающие игрокам, являются случайными величинами, распределенными равномерно. Далее каждый участник сравнивает полученный сигнал со своим уровнем выхода и определяет, продолжает ли он участие в данной игре или же голосует за выход. Соответственно, в случае, когда полученный сигнал оказывается меньше принятого участником уровня выхода, игрок продолжает игру (вариант «Go»), в обратной ситуации, когда полученный участником сигнал оказывается больше принятого участником уровня выхода, то игрок голосует за остановку игры (вариант «Stop»). Такие сравнения происходят последовательно в течение 10000 шагов, если к тысячному шагу участниками не было принято решение о завершении игры, то она считается бесконечной. Однако хочется заметить, что криптоактивы ничем не обеспечены и имеют некоторые признаки экономического пузыря, поэтому участникам не представляется выгодным продолжать играть до бесконечности, потому что с ростом шага вероятность «схлопывания» пузыря возрастает. Поэтому в случае возникновения бесконечной игры пользователем макроса, вероятно, была дана не совсем корректная оценка уровням выхода («терпимости») у игроков.

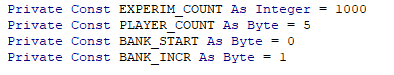
Кроме того, в качестве стимула к участию в игре у игроков выступает введенный банк. Изначально значение банка нулевое, однако по мере игры происходит постепенное его наращивание. Однако оно не столь значительно, как хотелось бы игрокам и составляет 1 единицу за шаг, таким образом, на ранних шагах у игроков есть причины продолжать игру с целью большего наращения банка, однако на более поздних этапах значение банка уже довольно велико и риск «схлопывания» пузыря значительно превалирует над возможным получение дополнительной единицы выигрыша игроком. Так, в рамках одной серии игры производятся последовательные сигналы игрокам, устанавливается шаг остановки игры, вычисляются средние выигрыши у игроков. Шагом остановки является тот шаг, на котором большинство участников решило осуществить отказ от дальнейших операций с биткоинов (вариант «Stop», полученный сигнал оказался больше выбранных уровней выхода у большинства участников).

Стоит отметить, что при прочих равных при задании приемлемых уровней выхода, близких к нулю, мы будем иметь значения прекращения игры, близкие к нулю, и наоборот, при значениях приемлемых уровней выхода для игроков, близких к 1, мы будем иметь довольно долго продолжающуюся игру.

Игрой предусмотрено проведение 4 серий игры, каждая из которых отличается от предыдущей значениями уровней терпимости у игроков. В каждой новой серии уровень терпимости растет с заданной зависимостью (в разработанном макросе данная зависимость определена формулой ).

Ниже приведены иллюстрации с принципом работы разработанного макроса.

Данный массив описывает начальные значения для имитационного испытания, проводимого для 5 игроков с нулевым начальным значением в банке с длиной эксперимента в 1000 шагов с соответствующим приростом банка на шаг, равным 1.



*Рис. 11* **Описание входных параметров имитационной игры**

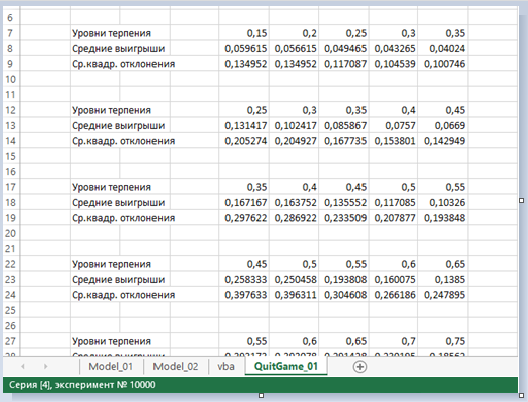
Разработанный макрос содержит 4 функции:  
1) GameSeria отвечает за формирование серии имитационных игр с изменяющимися уровнями выхода у игроков;

2) GameStart осуществляет запуск игры в рамках одной серии, сравнение сигнальных значений с уровнями выхода у игроков, расчет средних и стандартных отклонений;

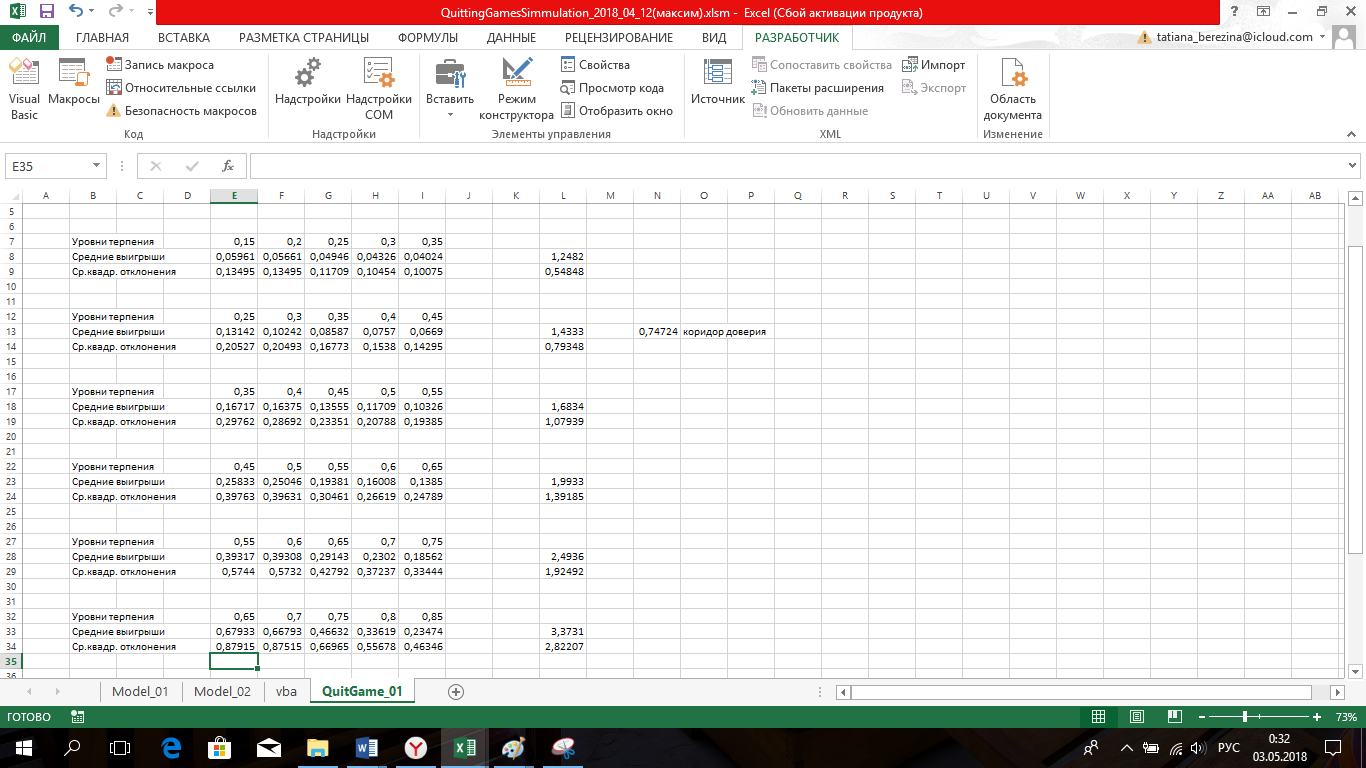
3) GameTour отвечает за формирование сигнальных значений, переопределение функции в банке, определяет значение количества голосующих за выход;

4) OutResults осуществляет расчет отдельных выигрышей игроков представленной игры в рамках всех проведенных серий.

Макросом предусмотрена строка текущего состояния, которая отображает, в рамках какой серии и какого эксперимента осуществляется расчет в данный момент времени. Ниже представлены рис.12 и рис.13, на которых представлены итоги расчетов в рамках 4 серии 10000-ого эксперимента, а также общий итог по шести сериям испытаний.



*Рис. 12* **Расчет значений уровней терпения, средних выигрышей и среднеквадратического отклонения в рамках 4 серии имитационных испытаний**



*Рис. 13* **Итоги имитационных испытаний**

Также стоит обратить внимание на нарастающие значения уровней «терпимости» к курсовым изменениям биткойна. Так, в рамках первой серии экспериментов у игрока 1 этот уровень составлял 0,15, у второго - 0,2, третьего – 0,25, четвертого - 0,3 и пятого - 0,35, к третьей же серии экспериментов уровень терпения у первого игрока уже составлял 0,35, 0,4 – у второго, 0,45 – у третьего, 0,5 – у четвертого и 0,55 – у пятого соответственно.

## **3.2 Результаты имитационных экспериментов по моделированию динамической игровой криптовалютной системы**

Результатами проведенных имитационных исследований являются рассчитанные значения шага, средних выигрышей, а также стандартных отклонений.

В рамках настоящего исследования было выявлено, что при прочих равных условиях показатель «терпимости» (он же уровень выхода) влияет как на шаг завершения игры, так и на средний уровень выигрыша. Так, при близких к нулю значениях уровня, игра заканчивается на начальных шагах экспериментов в то время, как при значениях «терпимости», близких к единице, игра будет продолжаться довольно долго. А иногда и вовсе не заканчиваться. Интересно заметить, что в части зависимости получаемых средних выигрышей от введенного уровня выходы нами была получена обратная зависимость. Очевидно, что в согласно условиям данной игры ни один из игроков не хочет остаться последним проголосовавшим за продолжение игры, так как в данном случае он теряет свой выигрыш. Привлекательной становится стратегия выхода предпоследним. Таким образом, участниками данной игры руководят два мотива: оставаться в большинстве при голосовании и как можно дольше продолжать игру. Первый мотив обусловлен тем, что большинство проголосовавших за отказ в итоге разделит банк, второй мотив обусловлен желанием нарастить банк и иметь больший выигрыш. В связи с природой получаемых сигналов оставаться в большинстве легче, когда разброс уровней терпимости минимален. Таким образом, при больших мало различимых уровнях терпения у игроков мы будем иметь ситуацию, в которой большинство будет голосовать за продолжение игры.

В рамках первой серии проводимых экспериментов наибольший средний выигрыш получили Игрок 1. Его средний выигрыш составил 0,059615 единиц для каждого в то время, как средний выигрыш Игрока 5 составил всего 0,04024 единицы. Стоит также заметить, что в рамках первой серии испытаний полученные среднеквадратические отклонения существенно превышают размер средних выигрышей.

Серии испытаний 2, 3, 4, 5 и 6 показали схожие с серией 1 тенденции с одним лишь различием: средние выигрыши по мере роста уровня «терпимости» к биржевым изменениям биткоина росли и на четвертой серии уже составляли 0,258333333 единиц для Игрока 1 и 0,250458333 для Игрока 2, 0,193808333 - для Игрока 3, 0,160075– для Игрока 4 и лишь 0,1385 для Игрока 5. Среднеквадратические отклонения в каждой новой серии экспериментов все также значительно превышают размер средних выигрышей, однако их темп роста меньше в сравнении с ростом средних выигрышей.

Одним из наиболее значимых выводов данной модели является следующий: наибольший средний выигрыш получают «нетерпеливые» игроки. Стоит также отметить методику расчета среднего выигрыша, используемую в данном исследовании. В рамках одной серии экспериментов средний выигрыш для каждого игрока представлен как сумма выигрышей за все эксперименты, деленная на количество экспериментов (в рамках 1 серии проводилось 10000 экспериментов). При этом из-за низких значений уровня терпимости из 10000 этапов игра заканчивалась на малых значениях шага, поэтому банк не успевал вырасти. Кроме того, игра часто заканчивалась на первом же сигнале.

Таким образом, логично будет представить также следующий вывод согласно проведенным имитационным испытаниям: малые размеры средних выигрышей обусловлены малым количеством этапов игры, которое обусловлено, в свою очередь, низким уровнем терпения к курсовым изменениям биткойна у игроков. Следует отметить, что при росте уровня терпения увеличивается и количество этапов в игре, а значит, и размер банка, а следовательно, и размер выигрыша. В представленной модели также присутствуют расчеты значений среднеквадратических отклонений, их можно рассмотреть в приложении к «правилу трех сигм» и рассчитать доверительные интервалы к представленной модели, так, при получении первым игроком среднего выигрыша в интервале от 0 до 0,74 (при сохранении им и другими игроками своих уровней терпимости) можно судить об адекватности предположения о нормальности распределения сигналов, однако если данные границы будут «пробиты», то распределение точно не является нормальным и с большой вероятностью не является случайным.

# **Заключение**

Подводя итог, можно сделать вывод, что криптовалютные системы являются одной их важнейших частей современного мира, именно благодаря возникновению криптовалют стал возможен переход от менее справедливой долларовой системы к децентрализованной эмиссии с ее справедливым распределением средств. Возникновение ICO является знаком не только развития криптовалютных систем, но и становления их независимыми и самостоятельными в будущем. Не стоит умалять роли криптовалют с точки зрения финансовых вливаний, так как криптоактивы расширяют возможности привлечения финансовых средств малым и средним бизнесом.

В настоящее время криптовалюты еще недостаточно распространены по земному шару и очень сильных игроков на рынке еще не возникло, однако в будущем стоит ожидать их приход, а также приток новых денег. Уже сейчас такую возможность рассматривают не только сами государства, но и государственные корпорации, пенсионные фонды и хеджфонды. Кроме того, такие достоинства криптовалют, как высокая защита от подделки и неподверженность инфляционным процессам позволяют рассмотреть вариант будущей замены криптовалютными инструментами фиатных денег или же переход государствами к эмиссии криптовалют, иными словами создание фиатных криптоактивов.

На сегодняшний день существует острая проблема в обозначении правового статуса криптовалют, а также определения порядка их налогообложения. В современных условиях наблюдается сопротивление виртуального и реального миров, на настоящий момент мировое сообщество разделилось на три лагеря:

• страны с запретами расчетов в криптовалюте (Бангладеш, Китай)

• страны с льготным режимом в части криптовалют (бОльшая часть Европы)

• страны с карательными операциями в области криптовалют (США, Россия)

Возникновение данной проблемы обусловлено двумя факторами: возможностью осуществления нелегальной деятельности посредством криптовалют и возниковением неопределенности обменного курса. В первом случае хочется вставить ремарку относительно объемов «черных» сделок, проводимых миром: криптовалюта не является основным платежным инструментом преступного мира, и большинство сделок по-прежнему осуществляется посредством наличных. Вторая проблема, отмеченная Карекеном и Уоллесом, значительно существенней первой. Однако если Карекен и Уоллес описали бесконечное множество обменных курсов фиатных валют ввиду их необеспеченности и при отсутствии контроля движения капиталов, то в случае с криптовалютами данная проблема возникает ввиду легкости копирования кода (получаем «криптоклоны» с одним кодом, но разными названиями). Так или иначе, на сегодняший день уже существует более двух тысяч всевозможных криптовалют, которые достаточно прочно укрепились в некоторых странах мира ввиду своих достаточно весомых преимуществ перед существующей ныне валютной системой, поэтому возможно рассмотрение ситуации, когда игроки криптовалютного рынка решают в конечном счете вести борьбу за обладание криптовалютой в целях изменения своей роли в международных отношениях, тогда рассмотрение возможных вариантов развития событий представляется возможным как раз с использованием аппарата, описанного в данной работе.

К результатам данного исследования может быть отнесен макрос (код макроса см. в Приложении 1), позволяющий проводить имитационные эксперименты, на основе которых могут конструироваться сценарные прогнозы развития криптовалютных инструментов. Стоит отметить, что криптовалюта – это ничем не обеспеченный актив, который уже обладает своствами «пузыря», поэтому у игроков нет стимула играть сколь угодно долго. Игроки, выбравшие в качестве своей стратегии высокие показатели «терпимости» к изменению курса, готовы продолжать достаточно долго, однако стоит отметить, что данная позиция, достаточно рискованная, так как согласно существующему правилу раздела банка выигрыш получают в итоге лица, осуществившие отказ от продолжения игры на некотором шаге. Следовательно, у игрока с высоким показателем терпимости существует риск «дотерпеть» до шага, когда большинство игроков откажутся от игры, разделят банк и оставят игрока ни с чем. Так, было выявлено превышение средних выигрышей у игроков, которые имеют наименьший показатель «терпимости» к изменению курса (в имитационных испытаниях это игроки под номерами 1 и 2). В дальнейшем предполагается более углубленное изучение криптовалют с использованием аппарата теории игр, а также модификация модели и модернизация системы раздела банка. Кроме этого, в дальнейшем возможно применение штрафных мер для игроков, которые проголосовали в игре и оказались в меньшинстве, также возможен вариант исключения игроков, проголосовавших в меньшинстве.

# **Список использованной литературы**

1. Коляскин А. Д., Сенькина П. С. Криптовалюта: будущее или провал // Молодой ученый. — 2018. — №7. — С. 71-75. — URL: https://moluch.ru/archive/193/48442/ (дата обращения: 18.04.2018)
2. Конюховский П.В., Кузнецова А.С. Экономико-математические модели конкурентного взаимодействия облачных сервисов // Российский журнал менеджмента. 2015. Т. 13. №3. С.39-58.
3. Конюховский П.В., Холодкова В.В. Применение методов теории игр в анализе экономико-политических взаимодействий на межгосударственном уровне // Финансы и бизнес. №4.
4. Лукашев А.М. Биткоин – валюта цифровой эры. Международный научный институт «Educatio». Новосибирск. №1/2014.
5. Пещеров А. И. Понятие и место криптовалюты в системе денежных средств // Юридическая мысль. — 2016. — Т. 95, № 3. — С. 130-138.
6. Рисс В. И. К вопросу о коллективных валютах или частных деньгах // Экономика, управление, и право: инновационное решение проблем. — 2017. — С. 21-23.
7. Хажиахметова Е. Ш. Криптовалюта - деньги XXI века // Новая наука: от идеи к результату. — Агентство международных исследований, 2016. — № 11-2. — С. 177-179.
8. Cornell University Library: Quitting Games and Linear Complementarity Problems by Eilon Solan, Omri N. Solan (Submitted on 9 Jul 2017) [PDF-version] URL: https://arxiv.org/abs/1707.02598 (Дата обращения 12.11.2017)
9. Charles W. Evans. Bitcoin in Islamic Banking and Finance// Journal of Islamic Banking and Finance. V.3-1, pp. 1-11. URL: http://jibfnet.com/vol-3-no-1-june-2015-abstract-1-jibf (Дата обращения 20.04.2018)
10. European Business Schools Librarian's Group: Deterministic Multi-Player Dynkin Games/ VIEILLE Nicolas and SOLAN Eilon. URL: https://ebslgwp.hhs.se/heccah/abs/heccah0772.htm (Дата обращения 12.11.2017)
11. Helleiner E., Forgotten foundations of Bretton Woods: International Development and The Making of The Postwar Order// Political Science Quarterly. 2015. V.130. pp. 320
12. Kondor D., Posfai M., Csabai I., Vattay G. Do the rich get richer? An empirical analysis of the Bitcoin transaction network. PLoS ONE. 2014.
13. Konyuhovskiy P.V., Holodkova V.V. Application of the game theory in the analysis of economic and political interaction at the international level // Contributions to Game Theory and Management. 2017. T. 10. С. 143-161.
14. Williams D. Cryptocurrency Compendium: A Reference for Digital Currencies: A Reference for Digital Currencies. — Lulu.com, 2017-06-22. — 284 с. — ISBN 9781387055975.
15. 3 Reasons The IRS Bitcoin Ruling Is Good For Bitcoin, Nasdaq.// URL: http://www.nasdaq.com/article/3-reasons-the-irs-bitcoin-ruling-is-good-for-bitcoin-cm339333 (Дата обращения 8.12.2017)
16. В России могут легализовать операции с биткоинами в 2018 году.// URL: http://tass.ru/ekonomika/4171967 (Дата доступа 8.12.2017)
17. Валютный рынок. Инструменты валютного рынка. // URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Валютный\_рынок#Инструменты\_валютного\_рынка (Дата обращения 08.12.2017)
18. Видео интервью с Чарльзом Эвансом. Interview with Dr. Charles Evans: Bitcoin Elephant. URL: https://www.youtube.com/watch?v=dMh5jZkReNs (Дата обращения 18.04.2018)
19. Все о мире Bitcoin: новости, события, факты, курс, анализ. // URL: https://bitnovosti.com/ (Дата обращения 8.12.2017)
20. Диаграмма подготовлена «Synergis». Информация представлена в интернет-источнике. // URL: https://vc.ru/27263-rynok-kriptovalyut-i-ico-v-cifrah (Дата обращения 8.12.2017)
21. Другие криптовалюты – форки, альткоины. // URL: https://bits.media/altcoins/ (Дата обращения 8.12.2017)
22. КиберЛенинка: Криптовалюта как феномен современной информационной экономики: проблемы теоретического осмысления. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/kriptovalyuta-kak-fenomen-sovremennoy-informatsionnoy-ekonomiki-problemy-teoreticheskogo-osmysleniya (Дата обращения 18.04.2018)
23. Классификация электронных денег. Автор: Bechamel1 - собственная работа, CC BY-SA 3.0. // URL:https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=11157411 (Дата обращения 8.12.2017)
24. Криптовалюта. // URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%80%D0%B8%D0%BF%D1%82%D0%BE (Дата обращения 8.12.2017)
25. Криптовалюта и ее влияние на современную экономику на примере Bitcoin. URL: http://sci-article.ru/stat.php?i=1514063069 (Дата обращения 18.04.2018)
26. Криптовалюты| Библиотека | InLiberty. Брито Д., Дурадо Э. // URL: http://www.inliberty.ru/library/571-kriptovalyuty (Дата обращения 8.12.2017)
27. Криптовалюты в России. URL: http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Криптовалюты\_в\_России (Дата обращения 18.04.2018)
28. Международные валютно-кредитные отношения. Лекции по дисциплине. Тема 2. Валютные системы. // URL: http://eos.ibi.spb.ru/umk/7\_6/5/5\_R0\_T2.html (Дата обращения 8.12.2017)
29. Нормальное распределение. // URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B5\_%D1%80%D0%B0%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5 (Дата обращения 8.12.2017)
30. Нормативы потребления коммунальных услуг. URL: http://posobie-help.ru/subsidii/nedvizhimost/normi-potrebleniya-elektroenergii.html (Дата обращения 18.04.2018)
31. Петроэлектросбыт – Нормативы потребления электроэнергии по СПб. URL: https://www.pes.spb.ru/for\_customers/electricity\_tariffs/standards\_of\_energy\_consumption\_by\_spb/ (Дата обращения 18.04.2018)
32. Релиз Европейского суда № 128/15. Интернет-ресурс. // URL: https://curia.europa.eu/jcms/upload/docs/application/pdf/2015-10/cp150128en.pdf (Дата обращения 8.12.2017)
33. Российские стартапы на ICO. // URL: https://vc.ru/24596-ico-rus (Дата обращения 8.12.2017)
34. Сарханянц К., Шестопал О., Рожков Р. Много денег из ничего // Газета «Коммерсантъ», № 102/П (5133), 17.06.2013. [Интернет-доступ] URL: https://www.kommersant.ru/doc/2213241 (Дата обращения 8.12.2017)
35. Тарифы на электроэнергию на 2018 год - Энерго-24! https://energo-24.ru/tariffs/electro/2018-elektro/ (Дата обращения 18.04.2018)
36. Топ-10 исследовательских работ по криптовалюте. URL: https://bitnovosti.com/2016/02/24/10-must-read-cryptocurrency-research-papers/ (Дата обращения 18.04.2018)
37. Цифровое право введут в ГК – Финансы – Коммерсант. URL: https://www.kommersant.ru/doc/3585341 (Дата обращения 18.04.2018)
38. Чем ICO отличается от IPO? // URL: https://thequestion.ru/questions/304352/chem-ico-otlichaetsya-ot-ipo (Дата обращения 8.12.2017)
39. Forbes. Bitcoin’s Legality Around the World. // URL: https://www.forbes.com/sites/kashmirhill/2014/01/31/bitcoins-legality-around-the-world/#a2cb7b23ccd3 (Дата обращения 8.12.2017)
40. Japan OKs recognizing virtual currencies as similar to real money. // URL:https://www.japantimes.co.jp/news/2016/03/04/business/tech/japan-oks-recognizing-virtual-currencies-similar-real-money (Дата обращения 8.12.2017)
41. The Age of Stupidity (F. Tomplinson 12.11.2012) // URL: http://theageofstupidity.blogspot.ru/2012/11/crypto-currency.html (Дата обращения 12.12.2017)
42. The Big Picture Behind the News Of China’s Bitcoin Bans – Bitcoin Magazine. // URL: https://bitcoinmagazine.com/12839/big-picture-china-bitcoin/ (Дата обращения 17.09.2017)

# **Приложение 1**

Код макроса имитационной игры для пяти участников

Option Explicit

' количество экспериментов

Private Const EXPERIM\_COUNT As Integer = 1000

Private Const PLAYER\_COUNT As Byte = 5

Private Const BANK\_START As Byte = 0

Private Const BANK\_INCR As Byte = 1

Private Const BAS\_ROW As Integer = 2 ' базовые координаты области вывода результатов

Private Const BAS\_COL As Integer = 2

Private lngExperimCount As Long ' количество экспериментов

Private byPlayerCount As Long ' количество игроков

Private dblBankSum As Long ' сумма в банке

Private arrRez As Variant ' массив с описанием результатов игроков

Private arrRezAvg As Variant ' массив со значениями средних выигрышей

Private arrRezVar As Variant ' массив со значениями стандартных отклонений

Private arrSignLev As Variant ' массив уровней выхода для игроков

Private iBasRow As Integer ' базовые координаты

Private iBasCol As Integer

Public Sub GameSeria()

Dim arrSouSignLev As Variant

Dim iSerCount As Integer, k As Integer, j As Integer

' значения по умолчанию

lngExperimCount = EXPERIM\_COUNT

byPlayerCount = PLAYER\_COUNT

iSerCount = 4

ReDim arrSouSignLev(1 To iSerCount)

For k = 1 To iSerCount

arrSouSignLev(k) = 0.1 + (k - 1) \* 0.1

Next k

' переопределить массив уровней выхода для игроков

ReDim arrSignLev(1 To byPlayerCount) As Double

' организация серий экспериментов

iBasCol = BAS\_COL

For k = 1 To iSerCount

' базовая область для вывода

iBasRow = BAS\_ROW + 5 \* k

' значения уровней

For j = 1 To byPlayerCount

arrSignLev(j) = arrSouSignLev(k) + j \* 0.05

Next j

' запуск игры для очередного уровня

If Not GameStart(k) Then MsgBox "Серия " & k & " какое-то неславобогу случилось!", vbCritical, "О! шибко!!!"

Next k

End Sub

Public Function GameStart(iSeria As Integer) As Boolean

' запуск игры

Dim i As Integer, j As Integer

On Error GoTo Err\_

' переопределить массив с результатами игроков

ReDim arrRez(1 To lngExperimCount, 0 To byPlayerCount) As Double

' переопределить массивы средних значений и стандартных отклонений

ReDim arrRezAvg(0 To byPlayerCount) As Double

ReDim arrRezVar(0 To byPlayerCount) As Double

Randomize

' цикл розыгрышей (игровыз экспериментов)

For i = 1 To lngExperimCount

If Not gameTour(i) Then GoTo Exit\_

Application.StatusBar = "Серия [" & iSeria & "], эксперимент № " & i

For j = 0 To byPlayerCount

arrRezAvg(j) = arrRezAvg(j) + arrRez(i, j)

Next j

Next i

' расчёт средних

For j = 0 To byPlayerCount

arrRezAvg(j) = arrRezAvg(j) / lngExperimCount

Next j

' расчёт стандартных отклонений

For i = 1 To lngExperimCount

For j = 0 To byPlayerCount

arrRezVar(j) = arrRezVar(j) + (arrRezAvg(j) - arrRez(i, j)) ^ 2

Next j

Next i

For j = 0 To byPlayerCount

arrRezVar(j) = Sqr(arrRezVar(j) / (lngExperimCount - 1))

Next j

' вывод результатов

outResults

' успешное завершение

GameStart = True

Exit\_:

Application.StatusBar = ""

Exit Function

Err\_:

Err.Clear

Resume Exit\_

End Function

Private Function gameTour(iExp As Integer) As Boolean

' отдельный розыгрыш

Dim i As Integer, j As Integer

Dim dblExtSignal As Double

Dim byExitCount As Byte

On Error GoTo Err\_

' изменить сумму в "банке"

dblBankSum = BANK\_START

Do While True

' генерация значения сигнала

dblExtSignal = rnd

i = i + 1

' превышено допустимое число эпапов игры

If i > 10000 Then

' пока результаты за этап - нули, но в принципе возможны "штрафы"

Exit Do

End If

' подсчёт количества выходящих

byExitCount = 0

For j = 1 To byPlayerCount

If arrSignLev(j) < dblExtSignal Then

byExitCount = byExitCount + 1

End If

Next j

' выход

If byExitCount >= Round(byPlayerCount / 2, 0) Then

For j = 1 To byPlayerCount

If arrSignLev(j) < dblExtSignal Then

arrRez(iExp, j) = dblBankSum / byExitCount

End If

Next j

Exit Do

' "на будущее" - моделирование ислючения "неудачно проголосовавших"...

' Else

End If

' продолжение

' нарастить сумму в банке

dblBankSum = dblBankSum + BANK\_INCR

Loop

Debug.Print iExp, i

' запомнить номер последего этапа

arrRez(iExp, 0) = i

' успешное завершение

gameTour = True

Exit\_:

Exit Function

Err\_:

Err.Clear

Resume Exit\_

End Function

Private Function outResults() As Boolean

' отдельный розыгрыш

Dim ws As Worksheet

Dim j As Integer

On Error GoTo Err\_

Set ws = ActiveSheet

With ws

.Cells(iBasRow, iBasCol) = "Уровня терпения"

.Cells(iBasRow + 1, iBasCol) = "Средние выигрыши"

.Cells(iBasRow + 2, iBasCol) = "Ср.квадр. отклонения"

For j = 1 To byPlayerCount

.Cells(iBasRow, iBasCol + 2 + j) = arrSignLev(j)

.Cells(iBasRow + 1, iBasCol + 2 + j) = arrRezAvg(j)

.Cells(iBasRow + 2, iBasCol + 2 + j) = arrRezVar(j)

Next j

' статистика по количеству этапов

.Cells(iBasRow + 1, iBasCol + 5 + byPlayerCount) = arrRezAvg(0)

.Cells(iBasRow + 2, iBasCol + 5 + byPlayerCount) = arrRezVar(0)

End With

outResults = True

Exit\_:

Exit Function

Err\_:

Err.Clear

Resume Exit\_

End Function

1. Международные валютно-кредитные отношения. Лекции по дисциплине. Тема 2. Валютные системы. URL: http://eos.ibi.spb.ru/umk/7\_6/5/5\_R0\_T2.html (Дата обращения 8.12.2017) [↑](#footnote-ref-1)
2. Классификация электронных денег. Автор: Bechamel1 - собственная работа, CC BY-SA 3.0. URL:https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=11157411 (Дата обращения 8.12.2017) [↑](#footnote-ref-2)
3. Криптовалюта. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%80%D0%B8%D0%BF%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D1%8E%D1%82%D0%B0 (Дата обращения 8.12.2017) [↑](#footnote-ref-3)
4. ICO. Криптовалюты. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/ICO\_(%D0%BA%D1%80%D0%B8%D0%BF%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D1%8E%D1%82%D1%8B) (Дата обращения 8.12.2017) [↑](#footnote-ref-4)
5. Чем ICO отличается от IPO? URL: https://thequestion.ru/questions/304352/chem-ico-otlichaetsya-ot-ipo (Дата обращения 8.12.2017) [↑](#footnote-ref-5)
6. Диаграмма подготовлена «Synergis». Информация представлена в интернет-источнике URL: https://vc.ru/27263-rynok-kriptovalyut-i-ico-v-cifrah (Дата обращения 8.12.2017) [↑](#footnote-ref-6)
7. Диаграмма подготовлена «Synergis». Информация представлена в интернет-источнике URL: https://vc.ru/27263-rynok-kriptovalyut-i-ico-v-cifrah (Дата обращения 8.12.2017) [↑](#footnote-ref-7)
8. Другие криптовалюты – форки, альткоины. URL: https://bits.media/altcoins/ (Дата обращения 8.12.2017) [↑](#footnote-ref-8)
9. Диаграмма подготовлена «Synergis». Информация представлена в интернет-источнике URL: https://vc.ru/27263-rynok-kriptovalyut-i-ico-v-cifrah (Дата обращения 8.12.2017) [↑](#footnote-ref-9)
10. The Big Picture Behind the News Of China’s Bitcoin Bans – Bitcoin Magazine. URL: https://bitcoinmagazine.com/12839/big-picture-china-bitcoin/ (Дата обращения 17.09.2017) [↑](#footnote-ref-10)
11. Forbes. Bitcoin’s Legality Around the World. URL: https://www.forbes.com/sites/kashmirhill/2014/01/31/bitcoins-legality-around-the-world/#a2cb7b23ccd3 (Дата обращения 8.12.2017) [↑](#footnote-ref-11)
12. В России могут легализовать операции с биткоинами в 2018 году. URL: http://tass.ru/ekonomika/4171967 (Дата доступа 8.12.2017) [↑](#footnote-ref-12)
13. 3 Reasons The IRS Bitcoin Ruling Is Good For Bitcoin, Nasdaq. URL: http://www.nasdaq.com/article/3-reasons-the-irs-bitcoin-ruling-is-good-for-bitcoin-cm339333 (Дата обращения 8.12.2017) [↑](#footnote-ref-13)
14. Релиз Европейского суда № 128/15. Интернет-ресурс. URL: https://curia.europa.eu/jcms/upload/docs/application/pdf/2015-10/cp150128en.pdf (Дата обращения 8.12.2017) [↑](#footnote-ref-14)
15. Japan OKs recognizing virtual currencies as similar to real money. URL:https://www.japantimes.co.jp/news/2016/03/04/business/tech/japan-oks-recognizing-virtual-currencies-similar-real-money (Дата обращения 8.12.2017) [↑](#footnote-ref-15)
16. Составлено по данным следующих источников: Forbes. Bitcoin’s Legality Around the World. // URL: https://www.forbes.com/sites/kashmirhill/2014/01/31/bitcoins-legality-around-the-world/#a2cb7b23ccd3; Легализация биткоина в разных странах. // URL: https://cryptomagic.ru/regulirovanie/legalizatsiya-bitcoin-v-raznyh-stranah.html; Релиз Европейского суда № 128/15. Интернет-ресурс. // URL: https://curia.europa.eu/jcms/upload/docs/application/pdf/2015-10/cp150128en.pdf [↑](#footnote-ref-16)
17. Диаграмма подготовлена «Synergis». Информация представлена в интернет-источнике URL: https://vc.ru/27263-rynok-kriptovalyut-i-ico-v-cifrah (Дата обращения 8.12.2017) [↑](#footnote-ref-17)
18. Диаграмма подготовлена «Synergis». Информация представлена в интернет-источнике URL:https://vc.ru/24596-ico-rus [↑](#footnote-ref-18)
19. Цифровое право введут в ГК – Финансы – Коммерсант. URL: https://www.kommersant.ru/doc/3585341 (Дата обращения 18.04.2018) [↑](#footnote-ref-19)
20. Криптовалюты в России. URL: http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Криптовалюты\_в\_России (Дата обращения 18.04.2018) [↑](#footnote-ref-20)
21. Петроэлектросбыт – Нормативы потребления электроэнергии по СПб. URL: https://www.pes.spb.ru/for\_customers/electricity\_tariffs/standards\_of\_energy\_consumption\_by\_spb/ (Дата обращения 18.04.2018) [↑](#footnote-ref-21)
22. Нормативы потребления коммунальных услуг. URL: http://posobie-help.ru/subsidii/nedvizhimost/normi-potrebleniya-elektroenergii.html (Дата обращения 18.04.2018) [↑](#footnote-ref-22)
23. Тарифы на электроэнергию на 2018 год - Энерго-24! https://energo-24.ru/tariffs/electro/2018-elektro/ (Дата обращения 18.04.2018) [↑](#footnote-ref-23)
24. Топ-10 исследовательских работ по криптовалюте. URL: https://bitnovosti.com/2016/02/24/10-must-read-cryptocurrency-research-papers/ (Дата обращения 18.04.2018) [↑](#footnote-ref-24)
25. Принстонский университет напечатал книгу с лекциями о биткойне. URL:https://forklog.com/prinstonskij-universitet-napechatal-knigu-s-lektsiyami-o-bitkoine/ (Дата обращения 18.04.2018) [↑](#footnote-ref-25)
26. Видео интервью с Чарльзом Эвансом. Interview with Dr. Charles Evans: Bitcoin Elephant. URL: https://www.youtube.com/watch?v=dMh5jZkReNs (Дата обращения 18.04.2018) [↑](#footnote-ref-26)
27. Коляскин А. Д., Сенькина П. С. Криптовалюта: будущее или провал // Молодой ученый. — 2018. — №7. — С. 71-75. — URL: https://moluch.ru/archive/193/48442/ (дата обращения: 18.04.2018) [↑](#footnote-ref-27)
28. Криптовалюта и ее влияние на современную экономику на примере Bitcoin. URL: http://sci-article.ru/stat.php?i=1514063069 (Дата обращения 18.04.2018) [↑](#footnote-ref-28)
29. КиберЛенинка: Криптовалюта как феномен современной информационной экономики: проблемы теоретического осмысления. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/kriptovalyuta-kak-fenomen-sovremennoy-informatsionnoy-ekonomiki-problemy-teoreticheskogo-osmysleniya (Дата обращения 18.04.2018) [↑](#footnote-ref-29)
30. European Business Schools Librarian's Group: Deterministic Multi-Player Dynkin Games/ VIEILLE Nicolas and SOLAN Eilon. URL: https://ebslgwp.hhs.se/heccah/abs/heccah0772.htm [↑](#footnote-ref-30)
31. Cornell University Library: Quitting Games and Linear Complementarity Problems by Eilon Solan, Omri N. Solan (Submitted on 9 Jul 2017) [PDF-version] URL: https://arxiv.org/abs/1707.0259 [↑](#footnote-ref-31)
32. Нормальное распределение. // URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B5\_%D1%80%D0%B0%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5 (Дата обращения 8.12.2017) [↑](#footnote-ref-32)