

ТЕХНОЛОГИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОГО РЕЕСТРА (БЛОКЧЕЙН): ИСТОРИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

Н.В. Попов

Санкт-Петербургский государственный экономический университет, Санкт-Петербург, Россия
e-mail: npoctohuk@gmail.com

Аннотация. Одной из тенденций развития современной экономики является цифровизация экономических отношений посредством применения новых технологий. К числу таковых относится и технология распределенного реестра, или блокчейн. Потенциальные сферы применения блокчейна уже сейчас поражают своим разнообразием, а предполагаемые бенефиты от его внедрения в современную финансовую архитектуру обуславливают неподдельный интерес к технологии со стороны представителей финансового рынка и способствуют организации всесторонних исследований блокчейна. **Целью** данной статьи является предложение авторской периодизации развития технологии распределенного реестра, а также выделение характерных особенностей для каждого из этапов ее становления. Несмотря на актуальность, присущую тематике, связанной с изучением технологии блокчейн, рассматриваемая в статье область вопросов не отличается высокой степенью изученности, что, в свою очередь, повышает значимость проведенного исследования. В статье отражены основные этапы развития технологии: от появления отдельных ее элементов до современного состояния.

Ключевые слова: цифровая экономика, блокчейн, смарт-контракты, распределенный реестр, история, технологии.

Для цитирования: Попов Н.В. Технология распределенного реестра (блокчейн): исторический аспект // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2019. – № 2. – С. 65-72.

TECHNOLOGY OF THE DISTRIBUTED REGISTRY (BLOCKED): HISTORICAL ASPECT

N.V. Popov

St. Petersburg State University of Economics, St. Petersburg, Russia
e-mail: npoctohuk@gmail.com

Abstract. One of the trends in the development of the modern economy is the digitization of economic relations through the using of new technologies. These include the distributed registry technology, or the blockchain. The potential applications of the blockchain are already striking in their diversity, and the perceived benefits from its incorporation into modern financial architecture determine a genuine interest in technology from the representatives of the financial market and contribute to the organization of comprehensive research of the blockchain. The purpose of this article is to explore the historical aspects of the development of a distributed registry technology. Despite the relevance inherent to the topic related to the research of blockchain technology, the area of questions considered in the article does not have a high degree of knowledge, which in turn increases the significance of the survey. The article reflects the main stages of technology development: from the appearance of its individual elements to the current state.

Keywords: digital economy, blockchain, smart contracts, distributed registry, history, technology.

Cite as: Popov, N.V. (2019) [Technology of the distributed registry (blocked): historical aspect]. *Intellekt. Innovatsii. Investitsii* [Intellect. Innovation. Investments]. Vol. 2, p. 65-72.

В последнее время немало слов было сказано о начале новой эпохи в развитии мирового хозяйства – эры цифровой экономики. Действительно, в наши дни имеет место трансформация в деятельности экономических субъектов, основанная на применении новых цифровых технологий. Указанный вопрос активно обсуждается не только среди представителей бизнес-сообщества, но и находит

свое отражение на уровне государственной власти. Так, в 2017 г. Правительством Российской Федерации была разработана и утверждена программа по созданию условий для перехода страны к цифровой экономике.

Одной из технологий, формирующей основу цифровой трансформации экономических отношений, является технология распределенного реестра,

или блокчейн, что обуславливает актуальность выбранной тематики. В рамках данной статьи нами будут рассмотрены исторические аспекты развития указанной технологии. Целью работы ставится предложение авторской периодизации с выделением особенностей, характерных для каждого из этапов становления технологии блокчейн. На наш взгляд, предложенная периодизация позволит сформировать комплексное представление о развитии технологии распределенного реестра, лучше понять его логику, а также предоставит возможность смоделировать траекторию дальнейшей эволюции блокчейна.

Следует отметить невысокий уровень проработки указанной темы российскими и зарубежными авторами. Среди работ зарубежных исследователей, обращавшихся к выбранной тематике, можно выделить работы Дж. Кларка и А. Нараянана, Ш. Лафай, В. Гупты, Б. Марра, В. Диллона, Д. Меткальфа, М. Хупера, в России – работы Е. Андреевой, А. Асланян и др. Большинство из них представляют собой краткий обзор ключевых событий в развитии технологии с момента ее создания. Отличительной особенностью данной статьи является предложение авторской периодизации развития технологии блокчейн, захватывающей события, предшествующие фактическому появлению технологии, оказавших существенное влияние на ее становление.

Появление технологии блокчейн стало ответной реакцией на события 2007–2008 гг. Кризисные явления, спровоцированные хищнической политикой американских банков в области ипотечного кредитования и торговлей деривативами, с одной стороны подорвали доверие миллионов людей к системе финансовых институтов, а с другой стороны заставили по-настоящему задуматься о создании новой системы, обладающей необходимым уровнем доверия со стороны ее участников. Действительно, на фоне разразившегося глобального финансового кризиса многие эксперты стали говорить о несовершенстве финансовых и расчетных инструментов, регулятивных механизмов, применяемых для интеграции финансовой системы, указывая на их неспособность работать эффективно в силу своей сложности. Идея разработки новой модели, обладающей высокой степенью прозрачности для участников, обеспечивающей взаимнодоверительные отношения и характеризующейся саморегулированием, объединила вокруг себя множество людей.

Результатом работы в данном направлении стало анонсирование в киберпанк-сообществе работы Саतोши Накамото: «Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System». Содержанием указанного документа являлось детальное описание протокола криптовалюты Биткойн, предназначением которой ставилось обслуживание платежных операций между равными участниками, а также технологии, на ко-

торой она работала – самого первого блокчейна.

Следует отметить, что отдельные элементы технологии распределенного реестра были предложены представителями научного сообщества еще в 80–90-х гг. XX века. Это несколько не умаляет заслуг Накамото, объединившего все элементы воедино, а лишь указывает на тот факт, что его детище является следствием колоссальной работы различных исследователей и энтузиастов. Этот период можно рассматривать в качестве отдельной хронологической группы – *прото-периода* в истории развития технологии блокчейн.

Какие же из предложенных решений и изобретений легли в основу технологии блокчейн и, таким образом, могут рассматриваться в качестве важнейших предпосылок явления свету технологии распределенного реестра? Для того, чтобы ответить на указанный вопрос, необходимо усвоить принцип функционирования блокчейна. Сам по себе блокчейн может быть представлен в виде некоего цифрового журнала. При этом базовой единицей данных блокчейна является блок, представляющий собой «порцию» связанных в цепочку данных (информации). И если говорить о блокчейне как о некоем цифровом журнале, то отдельный блок цепи можно сравнить со страницей такого журнала, на которой записаны разное рода данные (транзакции). Блоки имеют специальную маркировку: в заголовке каждого последующего блока хранится дата и время создания блока, а также ссылка на предыдущий блок. Этим и обеспечивается неизменность блокчейна: в случае изменения содержания блока изменится содержание заголовков блоков и любой участник распределенной сети сможет заметить подмену. Кроме того, сама сеть обнаружит это и сведет на нет попытки внесения изменений.

Идея осуществления подобной маркировки принадлежит Стюарту Хэберу и Скотту Сторнетта [15]. Именно они в 1990–1991 гг. при разработке цифрового нотариата для регистрации патентов, контрактов и иных документов в целях недопущения мошенничества предложили маркировку данных, включающую время и дату создания, а также ссылку на предшествующий документ из базы. Чуть позже в целях повышения эффективности работы с указанной информационной базой в процессе модифицирования структуры данных Хэбер и Сторнетта озвучили идею группировки информации в блоки с дальнейшим присваиванием указанным блокам специальных хэш-кодов, содержащих ссылки на предшествующие блоки. При этом для верификации данных блока, в т. ч. и на предмет внесения изменений, предполагалось применение архитектуры, именуемой «деревом Меркла» (Merkle tree) – бинарного дерева хэшей, предложенного Ральфом Мерклом [12] еще в 1979 г. при разработке публичного каталога цифровых сертификатов.

Важной проблемой, имеющей место в контексте технологии распределенного реестра, является определение механизма достижения консенсуса между пользователями. Дело в том, что в отсутствие центрального контролирующего органа контроль за внесение достоверных данных в блокчейн ложится на плечи участников сети. При таких обстоятельствах возможным становится мошенничество, возникает «задача византийских генералов». Одни из первых решений «византийской проблемы» стали возникать еще в начале 80-х гг. Лесли Лампорт [10], Роберт Шостак, Маршалл Пис, Мигель Кастро, Барбара Лисков [9] – вот далеко не полный перечень исследователей, работавших в указанной области. Однако решение, которое было реализовано в первом блокчейне Накамото, «доказательство работы» (proof of work), было предложено лишь в 90-х гг. XX в.

В 1992 г. Синтия Дворк и Мони Наор [6], решая проблему спама по электронной почте, предложили систему «доказательства работы». Данная концепция предполагала внедрение механизма, согласно которому для того, чтобы отправить сообщение, отправитель должен был осуществить определенный объем «вычислительных работ». Для обычного пользователя такие работы занимали бы несколько секунд, но при массовой рассылке время осуществления вычислительных работ возрастало до нескольких недель. Однако модель Дворк и Наор не была лишена недостатков, например, она оставляла возможность рассылки одного сообщения многим получателям с минимальным количеством вычислительных работ. Кроме того, данная модель Дворк и Наор предполагала участие органа надзора. Решением же, которое нашло свое отражение в первом блокчейне, стала модель доказательства работы, предложенная в 1997 г. Адамом Бэком [5], названная «hashcash». Идея Бэка была простой: участники сети должны были решать сложную алгоритмическую задачу по нахождению хэша, поиск которого осуществляется перебором, что в свою очередь требует затрат на осуществление вычислительных работ. Таким образом, прото-период развития технологии блокчейн может быть определен как период с конца 70-х гг. XX века до конца 2008 г., характеризующийся появлением разного рода решений конкретных практических задач, не связанных между собой, сформировавших технологическую основу для создания первого распределенного реестра. Безусловно, данный период может быть дополнен рядом прочих событий, не рассмотренных в рамках данной статьи, оказавших непосредственное влияние на становление технологии блокчейн, например, предложением в 1980-х гг. концепции цифровой анонимности Дэвидом Чаумом [16, 17]. Однако важным с точки зрения периодизации является тот факт, что указанные предпосылки представляли

собой самостоятельные решения конкретных кейсов, и только к концу 2008 г. усилиями Сатоши Накамото данные технологические наработки стали звеньями одной цепи. С этого времени начинается новый (**криптовалютный**) этап в развитии технологии блокчейн.

Итак, в конце 2008 года Сатоши Накамото, преследовавшему цель создания платежной системы нового образца, удалось объединить все компоненты нужным образом и явить свету цифровую валюту Биткойн и первый блокчейн как модель платежной системы для данной криптовалюты. Самый первый блок (Genesis-блок) был записан в самый первый блокчейн 3 января 2009 г. Уникальность этого блока заключается в том, что в отличие от всех других блоков блокчейна он не имеет ссылки на другие блоки. Несмотря на то, что Genesis-блок фактически удостоверяет несуществование биткойнов до 3 января 2009 года, содержание этого блока позволяет понять мысли, которыми был движим Сатоши при разработке своей технологии. Сделанная запись гласит: «Газета «Таймс». 3 января 2009 г. Канцлер в шаге от оказания повторной помощи банкам (повторного вливания капитала)».

Вообще, говоря о блокчейне и его создании, невозможно не упомянуть еще одну интересную деталь: до сих пор доподлинно неизвестно настоящее имя автора данной технологии. Дело в том, что Сатоши Накамото – это псевдоним, владелец которого так и не был определен, несмотря на многочисленные попытки. На сегодняшний день наиболее распространенной версией является версия, согласно которой, учитывая масштабы проделанной работы, за этим псевдонимом стояла целая группа программистов.

Постепенно предложенная Сатоши Накамото система пришлась по вкусу многим пользователям. Безусловно, первооткрывателями в области расчетов криптовалютой стали представители кибер-общества, затем к ним присоединились несколько онлайн магазинов. Однако следует понимать, что в рамках нашей работы объектом исследования является не криптовалюта и Биткойн как первый ее представитель, а технология блокчейн.

На данном этапе блокчейн **воспринимался исключительно как технологическая база для криптовалютной Peer-to-Peer платежной системы**. Во многом вследствие того, что блокчейн непременно ассоциировался с использованием криптовалюты в расчетах, внедрение и развитие данной технологии в плоскости банковского и иных секторов не виделись возможными. Дело в том, что, несмотря на наличие ряда преимуществ применения цифровой валюты, таких как: невозможность подделки; зависимость курса только от сетевого эффекта и соотношения спроса и предложения на криптовалюту; ограниченный объем эмиссии; до-

ступность информации об истории всех транзакций в сети всем пользователям с установленным на рабочей станции coin-клиентом и прочих, у данного платежного средства существует ряд недостатков. К их числу можно отнести: невысокая, относительно других платежных систем, скорость проведения транзакций, отсутствие простоты в использовании, а самое главное – связь с «черными рынками». Благодаря анонимности участников и безотзывности транзакций, посредством криптовалюты возможно проведение сделок по продаже оружия, наркотиков и прочих запрещенных к обороту вещей. Достаточно вспомнить громкое дело «Silk Road» – анонимной торговой интернет-площадки нелегализованными товарами, расчеты на которой осуществлялись в биткоинах. В силу таких возможностей использования криптовалют в ряде стран были установлены законодательные ограничения на их эмиссию и обращение, в частности в России 27 января 2014 года Банк России опубликовал документ «Об использовании при совершении сделок «виртуальных валют», в частности, Биткоин». Согласно данной публикации «предоставление российскими юридическими лицами услуг по обмену «виртуальных валют на рубли и иностранную валюту, а также на товары (работы, услуги) будет рассматриваться как потенциальная вовлеченность в осуществление сомнительных операций в соответствии с законодательством о противодействии легализации доходов, полученных преступным путем и финансированию терроризма», что запрещает не только банковские операции с криптовалютами, но и запрет криптовалют на территории России, вообще.

Однако в скором времени к представителям банковского сектора разных стран пришло понимание того, что если криптовалюта не может существовать без блокчейна, то блокчейн может найти свое применение вне операций с цифровой валютой [14]. Во многом на пересмотр отношений к блокчейну повлиял выход его новой версии в марте 2014 года, которая расширила границы применения технологии: теперь блокчейн мог использоваться для записи не только истории платежей, но и метаданных. По словам аналитика крупнейшего банка Goldman Sachs Роберта Боруджери [4], с этого периода времени начался новый этап развития блокчейн-технологии, а область ее использования расширилась до любых систем, где есть элемент доверия. В рамках нашей периодизации мы предлагаем обозначить указанный этап развития технологии как *период технологической самостоятельности*, т.к. начиная с этого времени блокчейн стал рассматриваться профессиональным сообществом как самостоятельная технология с большим потенциалом применения в различных областях человеческой деятельности.

Речь идет о создании группой программистов под руководством канадца российского происхож-

дения Виталика Бутерина блокчейн-платформы Ethereum. Именно ему одному из первых пришла в голову мысль о том, что использование технологии блокчейн может не ограничиваться рамками криптовалюты. Регистрация доменов, страхование имущества, регистрация прав на недвижимость, голосование и даже Интернет вещей – далеко не полный перечень сфер, в которых применение технологии блокчейн цепи виделось целесообразным. Однако очень скоро стало понятным, что существующий протокол Биткойн-блокчейна имеет ряд ограничений, не позволяющих конструировать перспективные приложения на его базе. Так появилась идея Ethereum – вычислительной платформы, которая вместо того, чтобы адаптировать выполнение конкретных программ, делает возможным исполнение любых программ, написанных при помощи соответствующего языка программирования. К 2015 году платформа была окончательно доработана следствием чего стала эмиссия криптовалюты Ether в размере 18,5 млн долл. США.

Важнейшим новшеством, привнесенным платформой Ethereum, стала возможность конструирования смарт-контрактов – электронных алгоритмов, согласно которым выполнение определенного набора условий влечет реализацию событий в реальном мире или цифровых системах. Следует отметить, что идея смарт-контрактов и сам термин «смарт-контракт» были впервые предложены еще в 1994 г. Ником Жабо [8] – американским кибернетиком, криптографом и юристом, однако их практическая реализация стала возможной лишь с появлением Ethereum. На основе смарт-контрактов стали появляться децентрализованные приложения (DApp). Одними из первых протестировать «умные контракты» решились немецкие разработчики из проекта Slock.it. Их идея заключалась в создании умных замков. Такие замки предлагалось устанавливать на любое имущество, сдаваемое в аренду: от велосипеда до автомобиля или квартиры. Владелец замка назначал стоимость аренды, арендатор оплачивал ее в Ethereum, после чего замок автоматически открывался и закрывался, когда срок аренды подходил к концу.

Совмещением блокчейна и Интернета вещей создатели Slock.it не ограничились и инициировали создание на базе Ethereum первой в мире децентрализованной автономной организации The DAO. Они позиционировали её как венчурный фонд нового поколения, закрытую организацию под управлением инвесторов — владельцев токенов DAO. Продажа токенов началась 30 апреля 2016 года, и за четыре недели более 11 тысяч человек вложили в The DAO сумму в Ethereum, эквивалентную 150 млн долл. США. Однако в силу уязвимости исходного кода The DAO 17 июня 2016 года со счетов The DAO посредством «сплитования» (выделения

дочерних децентрализованных организаций) было выведено порядка 50 млн долл. США.

Реакцией на произошедший инцидент стало разделение последователей идеи блокчейн-платформы на два лагеря. Одни выступали за необходимость возврата выведенных средств путем признания нелегитимными соответствующих транзакций и возвращения системы в состояние, предшествующее атаке. Другие настаивали на том, что «откат» системы противоречит базовому принципу, на котором строится любая блокчейн-платформа: принципу неизменности, а, следовательно, подрывает уровень доверия к технологии распределенного реестра. В результате многочисленных дискуссий было принято решение о разделении Ethereum на две ветви блокчейна: Ethereum – цепочки блоков, в которой искусственным образом был бы произведен возврат выведенных в результате хакерской атаки средств, и Ethereum Classic – блокчейн-платформы, которая сохраняла бы цепочку транзакций без изменения. 30 июля 2016 г. указанный план был реализован на практике.

Следует отметить, что банковский сектор одним из первых «подхватил» волну «нового блокчейна». Так, в сентябре 2015 года начала функционировать международная группа по изучению блокчейна R3CEV, в состав которой сразу вошли 13 банков, в т.ч. Bank of America, HSBC, Morgan Stanley, Citi, Deutsche Bank. По состоянию на июль 2017 года в группе состояло уже более 70 банков и других финансовых институтов. Помимо R3CEV, в декабре 2015 г. был создан другой блокчейн-консорциум – открытое и некоммерческое объединение Hyperledger от фонда Linux. В сентябре 2016 г. к указанной структуре присоединился и самый крупный российский банк – ПАО Сбербанк. Такой интерес со стороны банков обусловлен существованием материальных стимулов к использованию технологии. Эксперты Autonomous Research [2] в результате встраивания технологии в бизнес-архитектуру прогнозируют сокращение ежегодных затрат инвестиционных банков на посттрейдинговое обслуживание более чем в 3 раза. В Accenture consulting [16] в качестве ключевых областей применения банками технологии распределенного реестра выделяют клиринг, взаиморасчеты, а также заключение сделок, в т.ч. и с ценными бумагами. Согласно их оценкам, применение технологии блокчейн обеспечит достижение указанными финансовыми институтами до 70% экономии на издержках.

В наши дни технология продолжает развиваться. Так, на сегодняшний день уже существуют различные модификации распределенного реестра [3]: открытый, закрытый, инклюзивный, эксклюзивный. Кроме того, применяются различные механизмы достижения консенсуса участниками сети: Proof-

of-Work (PoW) – доказательство проделанной работы, Proof-of-Stake (PoS) – доказательство владения долей, Delegated Proof-of-Stake (DPoS) – делегированное подтверждение доли, Proof-of-Activity (PoA) – доказательство активности, Proof-of-Burn (PoB) – доказательство «сжигания», Proof-of-Capacity (PoC) – доказательство мощностью и др.

Что касается, децентрализованных организаций, то несмотря на имевший место печальный опыт, работа над их созданием не прекратилась. В наши дни многочисленные команды программистов трудятся над совершенствованием их архитектуры.

Совершенствуется и механизм ICO – привлечения финансирования за счет эмиссии криптобумаг, первое из которых было осуществлено в 2013 г. компанией Mastercoin. Так, уже упомянутый Виталик Бутерин недавно предложил отказаться от устаревшей и небезопасной (по его мнению) модели ICO в пользу новой процедуры – DAICO. По словам Бутерина, DAICO объединит в себе лучшие качества ICO и децентрализованных автономных организаций (DAO). Это упростит процедуру привлечения средств и значительно снизит риски. Сущность DAICO состоит в следующем: контракт DAICO выпускается одной командой разработчиков для целей привлечения финансирования. Любой человек может вложить свои средства и получить взамен токены проекта. Когда срок взносов завершается, определяется баланс первоначальных токенов, которыми впоследствии можно торговать. Таким образом, DAICO расширит количество возможных форм привлечения средств по сравнению с ICO, а также будет представлять собой более ликвидный инструмент: инвесторы смогут выходить из проекта путем продажи токенов, если проект не будет оправдывать их ожидания.

Современный этап развития можно охарактеризовать как *период глобального блокчейна*. Технология распределенного реестра получила статус одной из базовых, обеспечивающих процесс цифровизации экономических отношений. Несмотря на то, что сегодня продолжается работа над созданием индивидуальных блокчейн-приложений для решения локальных проблем, в период глобального блокчейна отчетливо проявляет себя тенденция к разработке и реализации глобальных блокчейн-проектов, для которых характерен сетевой эффект и которые способны существенным образом повлиять на положение дел в отраслях экономики и их бизнес-архитектуру. Организаторами такого рода проектов становятся консорциумы и ассоциации, участники которых представляют разные государства. Одним из таких проектов, успешно протестированным в 2018 г., является практическое решение по международному банковскому обмену данными о корпоративных клиентах, необходимому в рамках реализации политики KYC («Know your customer»),

осуществленный на базе платформы Corda блокчейн-консорциума R3, членами которого являются более 200 организаций, включая финансовые институты, бизнес-структуры и регулирующие органы различных стран мира.

Подводя итог всему выше сказанному, следует отметить, что блокчейн является очень молодой технологией, чья история пишется «здесь и сейчас». Между тем, уже сегодня о ней говорят, как об одном из главных драйверов развития экономи-

ки по пути ее цифровизации. Области применения технологии распределенного реестра разнообразны: от торговли драгоценностями и банковского бизнеса до сферы здравоохранения, а бенефиты от ее внедрения прогнозируются на уровне десятков миллиардов долларов США [2]. При этом за свой пока еще непродолжительный путь развития технология блокчейн уже не раз оказывалась перед лицом серьезных проверок и испытаний и доказывала свою жизнеспособность.

Литература

1. АйСиОвотчлист. Раздел 3: История и эволюция АйСиО [Электронный ресурс] / АйСиОвотчлист. – Режим доступа: <https://icowatchlist.com/education/history-and-evolution-of-icos> (дата обращения: 13.02.2019).
2. Астанин Э. Скованные одной цепью // Депозитариум. – М.: ООО «Ньюмэн». – 2016. – № 4 (144). – С. 16-20.
3. БитФьюри Групп в сотрудничестве с Джеффом Гаржиком. Открытые и закрытые блокчейны [Электронный ресурс] / БитФьюри Групп. – Режим доступа: <https://forklog.com/wp-content/uploads/public-vs-private-pt1-1.0-ru.pdf> (дата обращения: 13.02.2019).
4. Блокчейн: внезапно нужен всем [Электронный ресурс] / РБК – РосБизнесКонсалтинг. – Режим доступа: <http://www.rbc.ru/magazine/2016/01/56ba1b779a79477d693621e7> (дата обращения: 13.02.2019).
5. Бэк Э. Схема оплаты почтовых сборов при частичном хэшировании / Э. Бэк [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.hashcash.org/papers/announce.txt> (дата обращения: 13.02.2019).
6. Дворк С., Наор М. Плата за выполнение и борьба с нежелательной почтой [Электронный ресурс] / С. Дворк, М. Наор. – Режим доступа: <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=705669> (дата обращения: 13.02.2019).
7. Диллон В., Меткалф Д., Хупер М. Приложения с поддержкой блокчейна / В. Диллон, Д. Меткалф, М. Хупер. – США: Апресс, 2017. – 225 с.
8. Жабо Н. Смарт-контракты [Электронный ресурс] / Н. Жабо. – Режим доступа: <https://web.archive.org/web/20011102030833/http://szabo.best.vwh.net/smart.contracts.html> (дата обращения: 13.02.2019).
9. Кастро М., Лисков Б. Практическая отказоустойчивость к византийской ошибке. Материалы третьего симпозиума по проектированию и внедрению операционных систем [Электронный ресурс] / М. Кастро, Б. Лисков. – Режим доступа: <http://pmg.csail.mit.edu/papers/osdi99.pdf> (дата обращения: 13.02.2019).
10. Лампорт Л. Проблема византийских генералов [Электронный ресурс] / Л. Лампорт и др. – Режим доступа: <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=357176> (дата обращения: 13.02.2019).
11. Марр Б. Очень краткая история технологии блокчейна, которую должен прочитать каждый [Электронный ресурс] / Б. Марр. – Режим доступа: <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/02/16/a-very-brief-history-of-blockchain-technology-everyone-should-read/#c6d300c7bc47> (дата обращения: 13.02.2019).
12. Меркл Р. С. Протоколы для криптосистем с открытым ключом [Электронный ресурс] / Р.С. Меркл. – Режим доступа: <http://www.merkle.com/papers/Protocols.pdf> (дата обращения: 13.02.2019).
13. Нараянан А., Кларк Дж. Академическая родословная Биткойна. Концепция криптовалюты построена на основе забытых идей в научной литературе [Электронный ресурс] / А. Нараянан, Дж. Кларк. – Режим доступа: <https://queue.acm.org/detail.cfm?id=3136559> (дата обращения: 13.02.2019).
14. Попова Е. М., Попов Н. В. Блокчейн как драйвер изменений в банковском секторе // Банковские услуги. – М.: ООО «Фининформсервис НИКА». – 2016. – № 12. – С. 9-14.
15. Хэбер С., Сторнетта В.С. Как поставить метку времени на цифровом документе [Электронный ресурс] / С. Хэбер, В.С. Сторнетта. – Режим доступа: https://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-38424-3_32 (дата обращения: 13.02.2019).
16. Чаум Д. Неотслеживаемая электронная почта, обратные адреса и цифровые псевдонимы [Электронный ресурс] / Д. Чаум. – Режим доступа: <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=358563> (дата обращения: 13.02.2019).
17. Чаум Д. Безопасность без идентификации: системы для осуществления транзакций, не доступные для ока Большого Брата [Электронный ресурс] / Д. Чаум. – Режим доступа: <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=4373> (дата обращения: 13.02.2019).

18. Эксенче консалтинг. Блокчейн в банковской деятельности: анализ стоимости для инвестиционных банков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.accenture.com/us-en/_acnmedia/Accenture/ConversionAssets/DotCom/Documents/Global/PDF/Consulting/Accenture-Banking-on-Blockchain.pdf (дата обращения: 13.02.2019).

References

1. ICOwatchlist. Section 3: History and evolution of ICOs [Electronic resource] / ICOwatchlist. – Available at: icowatchlist.com/education/history-and-evolution-of-icos (accessed: 13.02.2019) (In Russ.)
2. Astanin, E. (2016) [Tied with one chain]. *Depozitarium* [Depositary]. Vol. 4 (144), pp. 16-20. (In Russ.)
3. *BitF'yuri Grupp v sotrudnichestve s Dzheffom Garzhikom. Otkrytye i zakrytye blokcheyny* [BitFury Group and Jeff Garzik. Public and private blockchain]. Available at: <http://forklog.com/wp-content/uploads/public-vs-private-pt1-1.0-ru.pdf> (accessed: 13.02.2019) (In Russ.)
4. [Blockchain: suddenly needed by everyone]. *RusBusinessConsulting*. Available at: <http://www.rbc.ru/magazine/2016/01/56ba1b779a79477d693621e7> (accessed: 13.02.2019) (In Russ.)
5. Back, A. 1997. A partial hash collision based postage scheme [Electronic resource] / A. Back. – Access: <http://www.hashcash.org/papers/announce.txt> – (reference date: 13.02.2019).
6. Dwork, C., Naor, M. (1992) *Plata za vypolneniye i bor'ba s nezhelatel'noy pochtoy* [Pricing via processing or combatting junk mail]. Available at: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=705669> (accessed: 13.02.2019) (In Russ.)
7. Dhillon, V., Metcalf, D., Hooper, M. (2017) *Prilozheniya s podderzhkoy blokcheyna* [Blockchain Enabled Applications]. USA: Apress, 225 p.
8. Szabo, N. *Smart-kontrakty* [Smart Contracts]. Available at: <http://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart.contracts.html> (reference date: 13.02.2019) (In Russ.)
9. Castro, M., Liskov, B. (1999) *Prakticheskaya otkazoustoychivost' k vizantiyskoy oshibke. Materialy tret'yego simpoziuma po proyektirovaniyu i vnedreniyu operatsionnykh sistem* [Practical Byzantine fault tolerance. Proceedings of the Third Symposium on Operating Systems Design and Implementation]. Available at: <http://pmg.csail.mit.edu/papers/osdi99.pdf> (accessed: 13.02.2019) (In Russ.)
10. Lamport, L. (1982) *Problema vizantiyskikh generalov* [The Byzantine Generals Problem]. Available at: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=357176> (accessed: 13.02.2019) (In Russ.)
11. Marr, B.A. *Ochen' kratkaya istoriya tekhnologii blokcheyna, kotoruyu dolzhen prochitat' kazhdy* [Very Brief History Of Blockchain Technology Everyone Should Read]. Available at: <http://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/02/16/a-very-brief-history-of-blockchain-technology-everyone-should-read/#c6d300c7bc47> (accessed: 13.02.2019) (In Russ.)
12. Merkle, R.C. (1980) *Protokoly dlya kriptosistem s otkryтым klyuchom* [Protocols for public key cryptosystems]. Available at: <http://www.merkle.com/papers/Protocols.pdf> (accessed: 13.02.2019) (In Russ.)
13. Narayanan, A., Clark, J. *Akademicheskaya rodoslovnaya Bitokoyna. Kontsepsiya kriptovalyuty postroyena na osnove zabytykh idey v nauchnoy literature* [Bitcoin's Academic Pedigree. The concept of cryptocurrencies is built from forgotten ideas in research literature]. Available at: <http://queue.acm.org/detail.cfm?id=3136559> (accessed: 13.02.2019) (In Russ.)
14. Popova, E.M., Popov, N.V. (2016) [Blockchain as a driver of changes in the banking sector]. *Bankovskiyе uslugi* [Banking services]. Vol. 12, pp. 9-14. (In Russ.)
15. Haber, S., Stornetta, W.S. (1991) [How to timestamp a digital document]. Available at: http://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-38424-3_32 (accessed: 13.02.2019) (In Russ.)
16. Chaum, D. (1981) *Neotslezhivayemaya elektronnyaya pochta, obratnyye adresa i tsifrovyye psevdonimy* [Untraceable electronic mail. returnaddresses. Anddigitalpseudonyms]. Available at: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=358563> (accessed: 13.02.2019). (In Russ.)
17. Chaum, D. (1985) *Bezopasnost' bez identifikatsii: sistemy dlya osushchestvleniya tranzaktsiy, ne dostupnyye dlya oka Bol'shogo Brata* [Security without identification: transaction systems to make Big Brother obsolete]. Available at: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=4373> (accessed at: 13.02.2019) (In Russ.)
18. *Eksenche konsalting. Blokcheyn v bankovskoy deyatel'nosti: analiz stoimosti dlya investitsionnykh bankov* [Accenture consulting. Banking on blockchain: a value analysis for investment banks] *Accenture consulting*. Available at: https://www.accenture.com/t20171108T095421Z__w_/ph-en/_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/DotCom/Documents/Global/PDF/Consulting/Accenture-Banking-on-Blockchain.pdf (accessed: 13.02.2019) (In Russ.)

Информация об авторе:

Николай Вадимович Попов, аспирант, направление подготовки 38.06.01 Экономика, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, Санкт-Петербург, Россия
e-mail: npoctohuk@gmail.com

Статья поступила в редакцию 17.12.2018; принята в печать 04.03.2019.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Information about the author:

Nikolai Vadimovich Popov, graduate student, direction of training 38.06.01 Economics, St. Petersburg State University of Economics, St. Petersburg, Russia
e-mail: npoctohuk@gmail.com

The paper was submitted: 17.12.2018

Accepted for publication: 04.03.2019.

The author has read and approved the final manuscript.