МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

А. И. Шайдуллин
аспирант департамента бизнес-информатики Высшей школы бизнеса Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

А. А. Воронюк
магистрант Высшей школы бизнеса Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

М. М. Комаров
канд. техн. наук., PhD, профессор департамента бизнес-информатики Высшей школы бизнеса Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВОЙ ВАЛЮТЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО БАНКА (ЦИФРОВОГО РУБЛЯ) В РОССИИ

Введение

С развитием информационных технологий распространились и электронные формы денег, участились запросы на ускорение финансовых операций, снижение транзакционных издержек, повышение удобства и безопасности. В условиях цифровой трансформации центральные банки разных стран заинтересовались идеей создания еще одной формы денег — цифровой валюты центрального банка (Central Bank Digital Currency, CBDC). Благодаря высокому уровню развития финансовых технологий возник тренд цифровизации финансового рынка (Econs, 2020). В то же время внедрение и популяризация цифровых валют возможны только после перехода финансовых организаций к цифровой трансформации. Цифровая трансформация экономики мотивирует финансовые организации быстрее внедрять и развивать инновационные цифровые финансовые продукты. Для того чтобы создать возможность генерирования новых путей создания ценности в цифровую эпоху, необходимо иметь новые культуру, процессы, методы, структуру и стратегии (Albukhitan, 2020). Совокупность этих факторов стимулировала Банк России к разработке и внедрению цифровой формы рубля, способной справиться со многими входящими вызовами и работать в интересах российской экономики (Банк России, 2020).

Разработка цифровой валюты связана с технологией блокчейн. Блокчейн — это децентрализованная система, спроектированная на основе технологии распределенного реестра (Distributed Ledger Technology, DLT). Реестр распределен между всеми участниками и находится сразу во множестве точек. С помощью этой технологии можно гарантировать обеспечение безопасности, целостности и доступности данных за счет использования криптографического шифрования, а также уникальности каждой транзакции, что исключает проблемы двойного расходования цифровых активов.

Хотя исторически блокчейн связан с биткоином и электронными деньгами, данная технология имеет потенциал и перспективы использования в разных сферах общества с учетом существующих ограничений. Блокчейн может выполнять функции передачи активов, управления ресурсами и соглашениями. При помощи блокчейна между всеми его участниками достигается распределенный консенсус, который позволяет «согласовать истину» между всеми без привлечения

DOI 10.31085/1814-4802-2024-20-3-144-3-18 © А. И. Шайдуллин, А. А. Воронюк, М. М. Комаров, 2024

централизованного органа, гарантируя при этом безопасную верификацию транзакций. Это означает, что все транзакции в сети проверяются на соответствие заранее определенному набору правил, и только валидные транзакции могут быть включены в блок. Технология умных контрактов (smart contracts), использующаяся в блокчейне, позволяет автоматизировать выполнение бизнес-логики при соблюдении необходимых условий, благодаря чему широко применяется в финансовом секторе (Банк России, 2021; Нестеров, 2023).

CBDC имеет ряд схожих черт с такими технологическими решениями, как стейблкоины и криптовалюты. Однако эти решения не будут рассматриваться в этой статье, так как их природа, назначение, способ функционирования и т. д. все же отличаются от CBDC (см. подробнее, например, в: Bolt et al., 2022). Цель настоящей статьи состоит в исследовании потенциала и недостатков цифрового рубля Банка России при внедрении в платежную систему страны. В статье демонстрируется пример применения цифрового рубля с помощью модели Delivery Versus Payment (DvP). В работе использован обзор научной литературы, официальных докладов Банка России, центральных банков зарубежных стран, а также демонстрация адаптированного примера использования CBDC со смарт-контрактом для совершения простой транзакции. Результаты работы могут быть применены как сотрудниками финансовых учреждений для моделирования дорожной карты внедрения цифрового рубля в бизнес-процессы, так и исследователями для изучения новых финансовых инструментов.

Логика статьи выглядит следующим образом. В первом разделе проводится аналитический обзор литературы по технологии распределенных реестров; во втором представлен обзор опыта применения CBDC в зарубежных странах; в третьем разделе обобщается опыт применения CBDC и намечаются перспективы внедрения цифрового рубля в России; в четвертом разделе построена модель взаимодействия агентов на платформе цифрового рубля.

1. Теоретические основы цифровых валют центральных банков

Технология распределенных реестров (DLT) представляет собой концепцию, обосновывающую подход к проектированию баз данных, отличительной чертой которого является отсутствие главного центра управления. Распределенные базы данных представляют собой совокупность баз данных, распределенных между узлами приема запросов и узлами данных компьютерной сети (Sunyaev, 2020). Под узлами понимаются независимые компьютеры со своими операционными системами и независимыми приложениями. При этом база данных распределяется по узлам данных за счет фрагментации и репликации данных. В блокчейне под понятием «распределенности» понимается то, что каждый участник сети обладает копией всего реестра, а участники сети могут напрямую взаимодействовать между собой, без посредников.

Процесс согласования окончательного состояния данных между узлами в распределенной сети называют консенсусом. Консенсус является частью распределенных вычислений, предназначенной для выработки истины между всеми узлами сети. Благодаря механизму консенсуса математически гарантируется валидность и достоверность данных. Создано множество алгоритмов консенсуса, одним из самых распространенных является «доказательство выполненной работы» (POW, Proof-of-work) (Башир, 2018).

Еще одной особенностью технологии распределенного реестра является его неизменяемость. После того, как данные были согласованы между участниками сети и записаны в реестр, изменить их становится практически невозможно.

Распределенная структура реестра гарантирует высокую отказоустойчивость системы. Если на части узлов произойдет сбой, то система все равно сохранит доступность и работоспособность за счет того, что данные хранятся и обрабатываются на множестве других узлов. Безопасность распределенного реестра в блокчейне обеспечивается за счет хеш-функций и криптографического симметричного (блочные и потоковые шифры) и асимметричного шифрования (цифровые подписи и шифры с открытым ключом). Благодаря криптографии достигается высокая безопасность реестра, поддерживается конфиденциальность, целостность и доступность данных, осуществляется аутентификация происхождения данных.

В некоторых платформах с технологией распределенного реестра (например, Ethereum) реализована работа со смарт-контрактами. Смарт-контракты — это программы, которые содержат определенную бизнес-логику и которые позволяют автоматизировать рутинные операции. Смарт-контракты являются гибким и прозрачным инструментом для реализации множества бизнес-задач. Разработка смарт-контрактов привела к распространению децентрализованных финансов или «DeFi» (Chohan, 2021). В DeFi используется комбинация блокчейна и смарт-контрактов, которая позволяет пользователям покупать, обменивать, продавать и осуществлять транзакции в круглосуточном режиме на рынке криптоактивов без посредников. В России в 2019 г. была определена приоритетность реализации «субтехнологий» распределенных систем для развития DLT (Министерство цифрового развития, 2019). В убывающем порядке список приоритетов следующий:

1. Технологии консенсуса;
2. Технологии исполнения смарт-контрактов;
3. Технологии организации и синхронизации данных.

Цифровая валюта Центрального банка должна отвечать высоким требованиям надежности, безопасности и производительности. Существуют различные подходы и технические особенности проектирования дизайна цифровой валюты. Далее будут рассмотрены различные типы моделей CBDC, а также представлена классификация моделей: по типу взаимодействия (одноуровневые и двухуровневые) и по принципу записи данных (основанные на токенах; основанные на учетных записях). Фундаментальный вопрос проектирования цифровой валюты состоит в том, какую операционную роль должен занимать Центральный банк и с какими агентами он будет осуществлять прямое взаимодействие (BIS, 2020). Ключевыми функциями Центрального банка является эмиссия денег, то есть выпуск денег в обращение, проведение денежно-кредитной политики, поддержание финансовой стабильности, определение ключевой ставки.

В одноуровневой модели (рис. 1) цифровая валюта Центрального банка напрямую используется населением для проведения платежей, то есть цифровая валюта является прямым денежным требованием к ЦБ. С точки зрения архитектуры, пользователи напрямую обращаются к инфраструктуре ЦБ через программный интерфейс приложения (API), все транзакции сразу записываются в реестр, а инфраструктура финансовых посредников не используется. ЦБ самостоятельно занимается ведением цифровых кошельков и клиентским обслуживанием. Одноуровневая модель несет в себе высокие риски по надежности, безопасности, производительности из-за крайне высокого трафика и колоссальной нагрузки на инфраструктуру Центрального банка. Данная модель редко применяется на практике.

Нивелировать риски позволяет двухуровневая модель (рис. 1). В ее основе также лежит реестр. Однако доступ к реестру имеют не конечные пользователи, а авторизованные финансовые посредники, то есть в данной модели используется

банковская инфраструктура, но деньги в CBDC не отражаются на балансе кредитных организаций. Кредитные организации занимаются клиентским обслуживанием, открытием и закрытием цифровых счетов пользователей, конвертацией средств из одной формы в другую. Двухуровневая модель позволяет в полной мере реализовать преимущества авторизованных операторов, с точки зрения ресурсов и технологий, для построения ориентированной на рынок платформы, способствующей конкуренции. Кроме того, поскольку общество привыкло получать доступ к финансовым услугам через коммерческие банки, такая двухуровневая архитектура может повысить общественное признание цифровой валюты.

По принципу записи данных в систему и процессу движения средств различают системы с использованием токенов (token-based) и системы с использованием учетных записей (account-based) (BIS, 2021). В account-based системах реестр представляет собой список учетных записей пользователей, где к каждой учетной записи привязан корреспондентский счет. Когда денежные средства переводятся, то учетные записи и привязанные к ним балансы обновляются на сумму совершенного перевода. В данном подходе важно, чтобы инициатор транзакции подтвердил свою личность как настоящего держателя аккаунта. Подтверждение осуществляется путем предоставления информации, которой обладает только инициатор транзакции (например, ввод пароля).

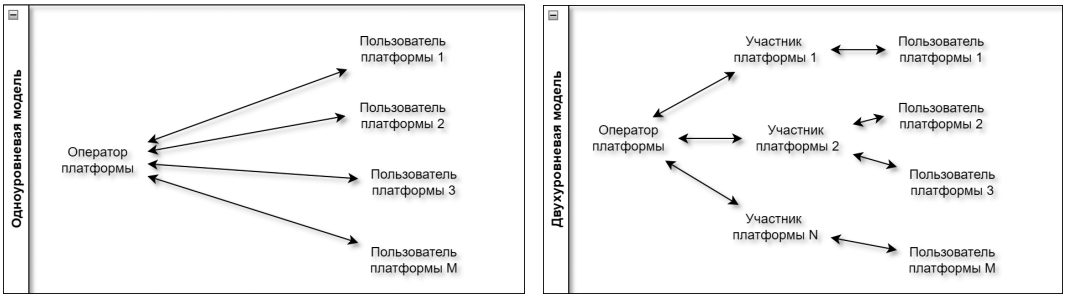

Рис. 1. Одноуровневая и двухуровневая модели

Источник: построено авторами.

В token-based системах реестр проектируется в виде токенов, каждый из которых представляет определенную стоимость. Каждая транзакция в цифровой валюте состоит из одного или нескольких входных токенов от плательщика, которые отправляются получателю платежа. Если сумма платежа меньше, чем сумма токенов от плательщика, то плательщику возвращается разница в токенах, т. е. сдача. Токены, используемые в качестве входных данных в транзакции, помечаются как использованные, и средства передаются получателю платежа в виде нового выходного токена, который можно отследить до входных токенов. Таким образом, каждая транзакция создает связь с цепочками транзакций в распределенной сети с возможностью отслеживания движения всех средств.

И в account-based, и в token-based подходах к проектированию цифровой валюты отсутствует абсолютная анонимность транзакций. Это связано с отличием сущности цифровой валюты Центрального банка от криптовалюты, хотя и цифровые валюты центральных банков, и криптовалюты основываются на технологии распределенных реестров. Кроме того, отличие состоит еще в том, что цифровые валюты имеют стабильную ценность, не изменяющуюся с течением времени, так как обеспечены активами центральных банков, а не выпущены частными организациями. В цифровых валютах отсутствуют основные принципы криптовалют — полная анонимность и децентрализация.

Информационная безопасность и конфиденциальность имеют ключевое значение для формирования доверительного отношения пользователей к цифровой валюте. Общим аспектом большинства платформ на основе технологии распределенного реестра является использование криптографии для проверки точности копии реестра, блокировки средств на определенный период времени и для аутентификации владельца цифровых активов. Использование криптографии может повысить безопасность, но сопряжено с некоторыми проблемами. В случае если криптографический ключ, использующийся для авторизации и аутентификации происхождения данных, утерян или украден, то средства могут быть потеряны навсегда. Так что необходим высокий уровень безопасности при хранении закрытых ключей и механизм блокировки и повторной выдачи цифровой валюты в случае утери соответствующего закрытого ключа.

С другой стороны, многие центральные банки рассматривают проведение оффлайн-платежей в цифровой валюте через мобильные устройства. В контексте информационной безопасности необходимо разработать механизмы проверки подлинности таких транзакций для нивелирования рисков мошенничества, двойных трат, подделки цифровых денег. Поскольку автономные платежи, вероятнее всего, будут проводиться без подключения к основному реестру платформы, то будет сложно проверить, что необходимая сумма еще не была потрачена с цифрового счета. Следовательно, для такой задачи необходимо разработать криптографические примитивы (основные блоки для разработки протоколов безопасности), к которым относятся:

- хеширование;
- криптография с симметричным ключом;
- асимметричное шифрование;
- цифровая подпись и другие.

Национальная цифровая валюта потенциально может являться целью хакерских атак и мошенничества, поэтому при проектировании платформы цифровой валюты важно исследовать механизмы и способы обеспечения информационной безопасности. В соответствии с Концепцией Цифрового рубля для доступа пользователя к собственному цифровому счету на платформе будет генерироваться криптографический ключ в программном модуле, разработанном Банком России и интегрированном с мобильными приложениями коммерческих банков. Шифрование данных пользователей будет осуществляться через Систему криптографической защиты информации (СКЗИ), имеющую сертификацию ФСБ России. Участники платформы будут проходить «двустороннюю» аутентификацию с использованием криптографических ключей. С точки зрения эмиссии, выпуск цифровых рублей будет защищен специальный эмиссионным ключом, зарегистрированным в Управляющем центре.

Баланс между безопасностью и производительностью играет первостепенную роль при проектировании и создании надежной, высокопроизводительной и простой в использовании платформы цифровой валюты. Средства контроля, обеспечивающие безопасный доступ к данным, такие как шифрование данных и аутентификация пользователя, обычно негативно влияют на время обработки транзакций, поэтому важно, чтобы они отвечали требованиям безопасности, не оказывая негативного влияния на функциональность всей системы.

На встрече «FINOPOLIS 2023. Цифровой рубль и токенизация»[1] было отмечено, что CBDC появились на волне популяризации смарт-контрактов и распределенных

[1] Банк России. Форум «FINOPOLIS 2023. Цифровой рубль и токенизация». URL: https://finopolis.ru/archive/2023/video/

реестров. Однако не все центральные банки, которые внедряют CBDC, в полной мере используют технологии распределенных реестров. Регуляторы преимущественно «идут по гибридному пути», в котором есть централизованная компонента (контролируемая регулятором) и «слой смарт-контрактов», который позволяет проводить автоматизированные операции с некоторыми условиями.

2. Обзор практик применения цифровых валют центральных банков

Вопрос применения цифровых валют изучается центральными банками многих государств. В Азиатско-Тихоокеанском регионе Китай является первым государством, выпустившим свою цифровую валюту. Цель разработки и внедрения цифровой валюты Китая заключалась в том, чтобы создать цифровую версию юаня (e-CNY), которая будет соответствовать спросу общества на наличные деньги. Народным Банком Китая ставилась задача улучшить эффективность платежной системы центрального банка; развить безопасность системы розничной торговли; сделать более доступными финансовые сервисы для населения; снизить коррупцию и отмывание доходов; исследовать варианты расширения трансграничных платежей.

Цифровой юань основан на двухуровневой модели, где Народный Центральный Банк Китая несет обязательства по управлению экосистемой цифровых кошельков, выбирает операторов услуг по обмену цифровых юаней, с которыми взаимодействуют клиенты (BIS, 2022; Кочергин, 2020). Этап научного исследования цифровой валюты Китая осуществлен в 2014–2016 гг., а широкое тестирование цифровой валюты началось в 2019 г. Цифровой юань является еще одним способом уплаты налогов. Власти Китая активно продвигают распространение e-CNY: начиная с мая 2023 г. в муниципалитете Чаншу планировалось выплачивать заработную плату госслужащим исключительно цифровыми юанями[1]. На 31 декабря 2021 г. сумма транзакций составила 87,565 млрд юаней, а кошелек с цифровым юанем открыли 261 миллионов индивидуальных пользователей[2], что составляет одну пятую населения страны. WeChat, крупнейший китайский мессенджер и платформа для коротких видеороликов и мини-приложений, расширил список сценариев, в которых можно осуществлять платежи цифровыми юанями (WeChat, 2023). По данным Tencent, в 2022 г. стоимость транзакций в мини-приложениях WeChat составила несколько триллионов юаней, что является потенциальной целью цифрового юаня (Tencent, 2022).

Рассмотрим цифровую крону Швеции. Банк Швеции начал проработку концепции цифровой кроны в 2017 г. (The Riksbank, 2017). В 2021 г. была запущена первая фаза пилотного технического проекта по разработке DLT платформы для проведения операций с электронной кроной. Эта тестовая платформа, построенная с использованием токенов (token-based) и технологии распределенных реестров, получила название «Corda» (The Riksbank, 2021). В тестовой среде «Corda» было реализовано распространение и использование электронных крон среди конечных пользователей через авторизованных Банком Швеции участников сети. В 2022 г. была запущена вторая фаза пилотного проекта, в рамках которой была успешно протестирована интеграция с POS-терминалами при осуществлении платежей

[1] Chinese digital currency stocks surge amid new efforts to promote e-CNY, 2023. URL: https://www.reuters.com/markets/currencies/chinese-digital-currency-stocks-surge-amid-new-efforts-promote-e-cny-2023-04-24/.

[2] Zou Lan, head of financial markets at the People's Bank of China (PBOC), 2021. URL: https://m.thepaper.cn/rss_newsDetail_16337430?from=sohu

(The Riksbank, 2022). В рамках третьей фазы пилотного проекта электронной кроны в 2023 г., осуществлялось сотрудничество с Банком Израиля, Банком Норвегии и Банком международных расчетов (BIS) для проведения трансграничных платежей с использованием разных цифровых валют центральных банков (The Riksbank, 2023).

В 2023 г. Банк Швеции продолжил работу над исследованием эффектов влияния электронной кроны на экономику страны: проводилось тестирование технического решения, разработанного в пилотном проекте; совершенствовались правовые поправки в законодательство для использования электронных денег; выполнялись пользовательские исследования. Пилотный проект был сфокусирован на исследовании технических возможностей, вызовов внедрения цифровой валюты, применения смарт-контрактов, а не на принятии решения о выпуске цифровой кроны в обращение. Банк Швеции отмечает, что выпуск электронной кроны — это больше политическое решение. Исследования рынка, проведенные Банком, показывают, что на данный момент существует недостаточная социальная потребность в том, чтобы Банк Швеции выпускал цифровую валюту центрального банка в форме электронной кроны.

Центральный Банк Великобритании тоже прорабатывает концепцию собственной цифровой валюты — цифрового фунта. Несмотря на то, что окончательное решение о выпуске цифрового фунта еще не принято, Центральный Банк Великобритании представил дорожную карту CBDC, включающую в себя три этапа проекта:

1. Проведение экономического, функционального и технологического исследования (2022 г.);
2. Разработка дизайна CBDC (2023–2025/26 гг.);
3. Построение платформы CBDC (2025 г.).

В 2021 г. Национальный банк Республики Казахстан реализовал пилотный проект «Цифровой тенге». Главной целью проекта является «проверка жизнеспособности концепции цифрового тенге через экспериментальное подтверждение технологической реализуемости розничной платформы на базе технологии распределенного реестра, а также определение основных параметров модели CBDC для Казахстана совместно со всеми заинтересованными сторонами» (Национальный банк Республики Казахстан, 2021). В рамках проекта были реализованы некоторые важнейшие аспекты цифровых валют: от эмиссии денежных средств до возможностей покупок и переводов при помощи цифрового тенге (Национальный банк Республики Казахстан, 2022). Реализация позволила подтвердить гипотезы о жизнеспособности и устойчивости цифровой валюты, помогла выявить ее сильные и слабые стороны, а также определила дальнейшие шаги реализации проекта. В 2022 г. была запущена коллаборативная площадка Digital Tenge Hub, которая объединяет главных стейкхолдеров проекта.

Центральные банки многих других стран также занимаются проработкой CBDC. Цифровая валюта (Sand Dollar) внедрена на Багамах (Wenker, 2022), в Нигерии — электронная найра (Ozili, 2023) и DCash в рамках Восточно-Карибского валютного союза (ECCU) (Khmelevskaya, 2021). Исследованием данной тематики активно занимаются различные негосударственные международные финансовые организации. Многие центральные банки рассматривают выпуск CBDC как способ адаптации к изменяющимся технологическим и экономическим условиям, что свидетельствует о высокой актуальности темы CBDC.

3. Особенности функционирования цифрового рубля и примеры операций с ним

В 2021 г. Банк России представил Концепцию, в которой описал целевое видение цифрового рубля. ЦБ РФ была выбрана двухуровневая модель CBDC, где:

— пользователями платформы являются физические, юридические лица, индивидуальные предприниматели, а в некоторых случаях органы исполнительной власти и органы местного самоуправления;
— участниками платформы являются операторы по переводу средств: кредитные организации и другие авторизованные финансовые институты;
— оператором платформы является Банк России.

Согласно Концепции, достоинствами введения цифрового рубля для граждан станут снижение комиссий по операциям (комиссии будут не выше, чем в Системе быстрых платежей), повышение безопасности в случае потери или кражи цифровых рублей за счет отслеживания транзакций и восстановления прав владельца и высокий уровень сохранности средств. Для финансовых институтов преимущества заключаются в создании инновационных сервисов с возможностью использования смарт-контрактов. Для государства мотивом использования цифрового рубля является возможность осуществления полного контроля за расходованием бюджетных денег, снижение затрат на администрирование платежей, использование платформы для проведения трансграничных переводов.

Отметим, что внедрение цифрового рубля сопровождается рисками. Одним из ключевых рисков можно назвать нежелание «пользователей» раскрывать все разновидности своих расходов.

Банк России подчеркивает, что на остаток счета с цифровыми рублями не будут начисляться проценты, то есть цифровые рубли проектируются как средство платежа, а не как средство накопления. Пока банки принимают вклады и начисляют проценты за использование средств клиентов, физическим и юридическим лицам выгоднее хранить деньги в коммерческих финансовых организациях, а не использовать цифровые рубли. Однако политические шоки могут привести к тому, что население начнет в массовом порядке забирать денежные средства из банков, несмотря на начисления процентов на вклады.

Примерами операций с цифровым рублем являются:

— эмиссия цифрового рубля. Согласно Концепции, каждая финансовая организация будет направлять запрос в ЦБ для получения цифровых рублей, Банк России будет уменьшать активы организации и зачислять цифровые рубли на счет на сумму списанных средств;
— открытие и пополнение кошелька клиентом в режиме реального времени. Согласно Концепции, граждане получат возможность открывать счета с цифровыми рублями в любой финансовой организации через мобильные приложения банков. Конвертация электронных денег в цифровые рубли будет происходить в приложении кредитной организации, где кредитная организация будет списывать электронные деньги со счета клиента и переводить цифровые рубли со своего счета на счет клиента. Один клиент может открыть только один счет на платформе цифрового рубля;
— приобретение товаров и услуг за цифровые рубли в режиме реального времени (онлайн). Согласно Концепции, клиент сканирует QR-код через мобильное приложение финансовой организации, финансовая организация осуществляет перевод цифровых рублей на счет продавца товара;
— оффлайн-переводы. Согласно Концепции, у клиентов будет возможность осуществлять платежи аналогично наличным расчетам, то есть без доступа

в сеть Интернет. Банк России планирует, что платеж без доступа в Интернет будет происходить с использованием «связи ближнего поля», то есть чипа NFC или Bluetooth. В свою очередь, согласно Концепции, Банк России планирует разработать сервис по восстановлению цифровых рублей на счете клиента в случае потери мобильного устройства;

— применение смарт-контрактов. Согласно Концепции, Банк России планирует разрабатывать смарт-контракты для автоматизации бизнес-процессов, снижения времени проведения транзакций и минимизации ручных операций. Смарт-контракты реализуются поверх блокчейна (Zheng et al., 2020). Согласованные условия контракта преобразуются в исполняемые компьютерные программы/коды. Логические связи между пунктами контракта также сохраняются в программах в виде логических потоков. Соблюдение каждого условия контракта фиксируется как неизменяемая транзакция и хранится в блокчейне. Смарт-контракты обеспечивают надлежащий контроль доступа и соблюдение условий контракта (Christidis and Devetsikiotis, 2016). Например, разработчики могут указать в контракте права доступа для каждой из функций;

— возможность «маркирования» цифровых рублей для контроля всей цепочки транзакций.

Сроком запуска прототипа платформы, согласно Концепции, был установлен 1 квартал 2022 г., однако по разным причинам проект Банка России фактически отклонился от обозначенного графика. На начало июня 2023 г. Государственной Думой еще не были приняты поправки, внесенные Банком России в сфере законодательства, для обеспечения функционирования цифрового рубля в российском правовом поле.

Обратимся к основным вопросам регулирования цифрового рубля. Заметим, что данный анализ основан исключительно на первой версии законопроекта, которая не является финальной формулировкой законопроекта и не включает поправки, внесенные после рассмотрения законопроекта в первом чтении. Согласно проекту закона, ответственным по вопросам регулирования цифрового рубля признается Банк России: «Банк России является оператором платформы цифрового рубля» (ст. 82.6.1). Согласно тексту законопроекта № 270838-8, к полномочиям ЦБ добавится:

— определение тарифов на услугу оператора платформы, размеров вознаграждения, выплачиваемого участникам платформы (п. 17.16);
— определение максимальной величины, взимаемой участниками платформы с пользователей платформы (п. 17.17);
— определение максимальной величины суммы операций и (или) суммы остатка цифровых рублей на цифровых счетах (п. 17.18);
— определение порядка, сроков и перечень операций, которые возможно совершать с цифровыми деньгами (п. 17.19).

Согласно поправкам в Закон «О несостоятельности (банкротстве)» цифровые рубли, находящиеся на цифровом счете должника, будут учитываться при реструктуризации долга. По требованию финансового управляющего остаток цифровых рублей должен будет перечисляться на счет кредитной организации. Согласно Закону «Об исполнительном производстве», с целью сохранения заработной платы и доходов в размере прожиточного минимума должники будут вправе обратиться к судебным приставам с заявлением о сохранении необходимой суммы в отношении цифровых рублей на счете должника.

Согласно поправкам к Закону «Об электронной подписи», для доступа к платформе цифрового рубля будет использоваться сертификат ключа проверки электронной

подписи, связанный с уникальным идентификатором пользователя платформы. Согласно поправкам к Закону «О национальной платежной системе», переводы цифровых рублей будут осуществляться через процедуры приема распоряжений к исполнению и исполнения распоряжений пользователей и участников платформы. Согласно ст. 30 данного законопроекта участники платформы имеют право взимать с пользователей комиссию за проведение операций с цифровыми рублями, максимальная величина которой устанавливается Советом директоров Банка России. Также согласно тексту законопроекта, у нерезидентов появится возможность открывать цифровые счета через участников платформы цифрового рубля.

С 15 августа 2023 г. началась пилотная работа с цифровым рублем. В пилоте принимают участие 15 банков. Среди успешно апробированных базовых операций участники форума «FINOPOLIS 2023. Цифровой рубль и токенизация» выделили следующие операции:

— открытие кошельков с цифровым рублем;
— переводы от физического лица физическому лицу;
— переводы в оплату товаров и услуг.

При этом участники форума также отметили новый тренд во внедрении и развитии цифрового рубля — увеличение количества заинтересованных сторон (стейкхолдеров), что, в свою очередь, усиливает сетевые эффекты, когда ценность продукта или услуги возрастает с увеличением числа пользователей этого продукта (услуги) (Chapyshev and Shaidullin, 2024).

Перспективы и проблемы внедрения цифрового рубля

Количество платежей, распоряжения по которым составлены и переданы в электронном виде клиентами кредитных организаций и самой кредитной организации в России за 2022 г., составило 7823,2 млн единиц (Банк России, 2023). Объем распоряжений в электронном виде, включающих в себя платежные поручения и платежные требования, за 2022 г. составил 1 283 863,1 млрд рублей, из них 93% были оформлены через сеть Интернет, что говорит о высокой информатизации российского банковского сектора (Банк России, 2023). В России наблюдается спрос на применение цифровых финансовых технологий, растет количество счетов на каждого жителя, увеличивается объем операций по банковским картам, переводам и другим финансовым сервисам. С другой стороны, цифровой рубль будет востребован, когда пользователи платформы цифрового рубля будут открывать цифровые счета и использовать их для осуществления платежей. Это означает, что они должны перевести часть своих наличных и электронных денежных средств с «переводных счетов» (общая сумма которых на 2022 г. составляла 14 млрд рублей) и «других депозитов» в коммерческих банках (общая сумма которых на 2022 г. составляла 24,3 млрд рублей) в цифровые рубли (Банк России, 2023).

Цифровой рубль будет представлять собой новую форму денег Центрального банка, выпущенную Банком России, имеющую абсолютно такую же ценность, как и другие формы рубля. Деньги Центрального банка являются важнейшим инструментом в проведении монетарной политики и в поддержании стабильности финансовой системы. Цифровые рубли, выпущенные Банком России, — это прямое обязательство Банка России (как наличные, драгоценные металлы и другие резервы). Цифровые рубли будут обеспечиваться активами, находящимися в распоряжении Банка России. Часть этих активов представляют собой облигации федерального займа, выпущенные государством, часть включает кредиты банковскому сектору и другие средства Банка по предоставлению ликвидности.

Расчетные счета, вклады в финансовых организациях составляют важную часть финансирования банковского сектора. Вклады и деньги на расчетных счетах кредитной организации отражаются в ее балансе как обязательства и обеспечиваются ее активами, которые обычно состоят из резервов центрального банка, облигаций, кредитов и других финансовых активов. При введении цифровых рублей часть физических и юридических лиц, которые имеют вклады в коммерческих банках, возможно, пожелали бы обменять эти электронные деньги на цифровые для проведения оплаты товаров и услуг. Банкам необходимо будет разработать стратегию, как реагировать на потенциальный отток денежных средств клиентов с банковских счетов на цифровые кошельки.

Помимо этого, для кредитных организаций существуют риски снижения прибыли из-за уменьшения доли безналичных оплат товаров и услуг банковскими картами через эквайринг. По данным Центрального банка России на 1 января 2023 г. 215 из 360 кредитных организаций в России осуществляют эквайринг платежных карт (Банк России, 2023). Если тарифы за пользование платформой цифрового рубля будут ниже, чем тарифы на эквайринг, то для розничного бизнеса будет выгоднее использовать оплату цифровыми рублями. Такая ситуация потенциально может побудить кредитные организации снизить межбанковскую комиссию (interchange fee), чтобы иметь возможность конкурировать с цифровой формой рубля.

4. Моделирование процесса Delivery Versus Payment с использованием смарт-контракта

В Концепции Цифрового рубля рассматриваются возможности смарт-контрактов для оптимизации бизнес-процессов между контрагентами. Данный раздел посвящен моделированию в нотации BPMN 2.0 бизнес-процесса покупки машины с использованием смарт-контракта, разработанного участником платформы цифрового рубля. Допустим, покупатель хочет купить конкретный автомобиль у автодилера по согласованной цене. Тогда на платформе цифрового рубля должно быть реализовано техническое решение, позволяющее каждому участнику сделки выполнить свою часть в том случае, если другая сторона выполнит свою часть. Условием завершения сделки является то, что сумма, полученная от покупателя, является правильной в соответствии с договором и что автодилер зарегистрировал покупателя в качестве нового владельца конкретного автомобиля в течение определенного времени. Это известно как поставка против платежа (Delivery Versus Payment, DvP).

Технология, применяемая в данном варианте, основана на наложении условной блокировки на конкретную сумму, которая должна быть перечислена от покупателя к автодилеру. Поскольку данное событие происходит за пределами платформы, необходимо убедиться, что условие, в данном случае передача автомобиля новому владельцу, действительно выполнено. Для этого требуется техническая функция, которая может считывать источники данных за пределами платформы и, таким образом, проверять, имело ли место событие, и подписывать заблокированную транзакцию. Данную логику можно реализовать при применении смарт-контракта, запрограммированного в коде платформы, блокирующего средства до тех пор, пока не будет выполнено заданное условие. В случае выполнения условия деньги разблокируются для автодилера. Если время для выполнения условия истекло, деньги снова разблокируются для покупателя. Допустим, что авторизованный участник платформы разработал смарт-контракты, необходимые для этого условного платежа. При реализации этого проекта несколько упрощенный процесс выглядит следующим образом:

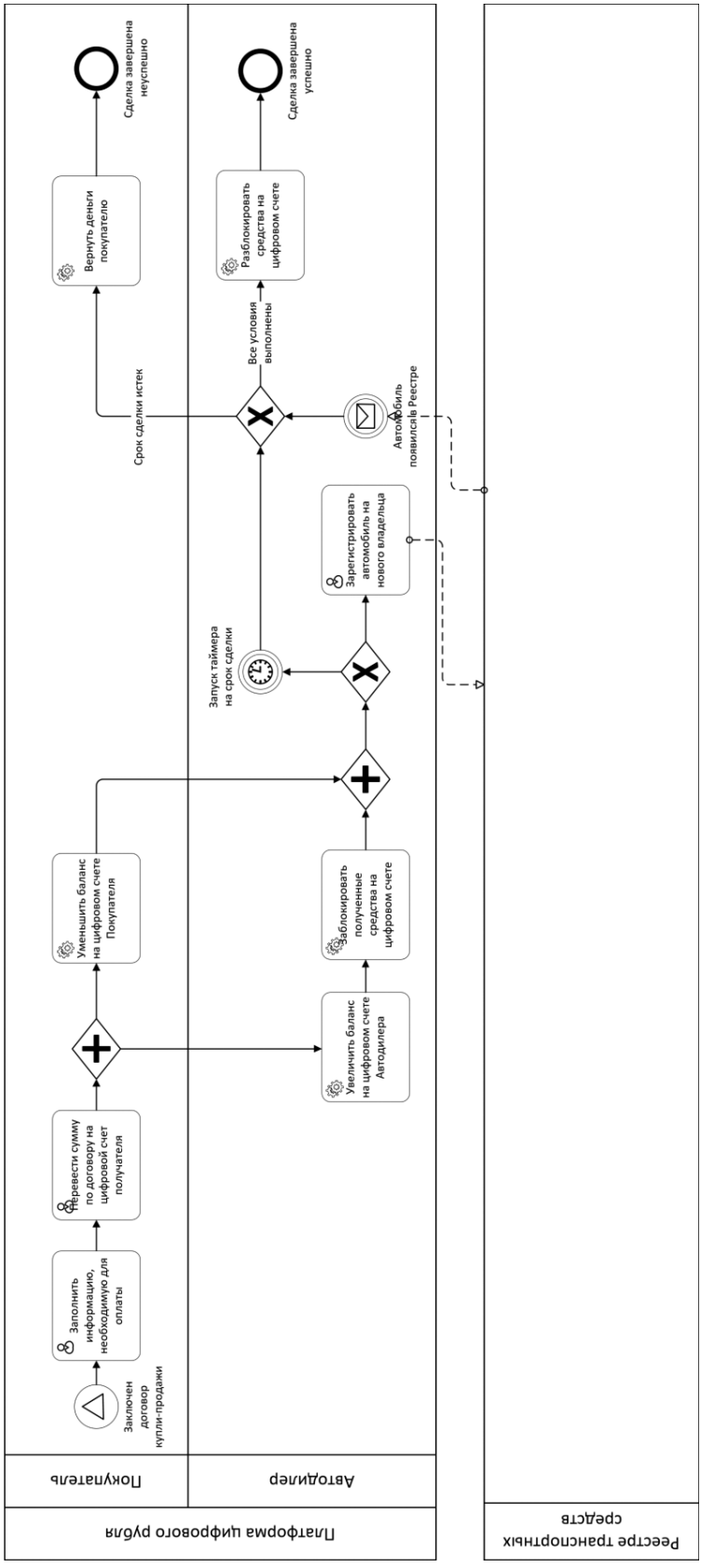

Рис. 2. Пример использования платформы цифрового рубля

Источник: построено авторами при помощи BPMN 2.0.

1. Покупатель начинает процесс, заполняет информацию, необходимую для оплаты. В данном случае это:
   a. Свидетельство о регистрации транспортного средства (STS);
   b. Идентификационный номер транспортного средства (VIN);
   c. Согласованная цена автомобиля;
   d. Временные рамки для выполнения сделки.
2. Покупатель инициирует сумму платежа на цифровой счет автодилера в цифровых рублях с информацией, необходимой в соответствии с соглашением, заключенным между ними при продаже автомобиля.
3. Когда эти данные заполнены, платеж инициирован и отправлен Автодилеру, то баланс на цифровом счете Покупателя уменьшается. Технически транзакция в сети завершена, но средства еще недоступны ни Покупателю, ни Автодилеру. Это можно сравнить с транзакцией, совершаемой с помощью «технического посредника», который заблокировал денежные средства.
   a. Если Продавец не выполнит свою часть соглашения и не передаст автомобиль Покупателю в течение определенного срока, то деньги будут возвращены Покупателю.
   b. Чтобы средства были разблокированы и стали доступны Автодилеру, он должен выполнить условия оплаты. В данном случае это означает, что Автодилеру необходимо зарегистрировать автомобиль на нового владельца (Покупателя). Перед регистрацией Автодилер проверяет правильность информации, предоставленной Покупателем в соответствии с соглашением.

Автодилер регистрирует автомобиль на нового владельца в Реестре транспортных средств, который представляет собой внешнюю базу данных, не имеющую связей с платформой. Как только реестр транспортных средств будет обновлен, заблокированные деньги могут быть разблокированы и переведены автоматически Автодилеру в рамках новой транзакции. Эта транзакция будет проверена так называемым узлом, который может видеть, что в реестре транспортных средств была произведена правильная передача права собственности, и, таким образом, может одобрить транзакцию, которая завершается как обычная транзакция в сети. Таким образом, условный платеж требует выполнения ряда шагов, в ходе которых сначала создается смарт-контракт, а затем, в конечном счете, выполняется перевод денежных средств. На рис. 2 приведена схема данного процесса в нотации BPMN 2.0.

Заключение

Перспективы цифрового рубля обсуждаются уже несколько лет, и они могут оказать значительное влияние на финансовую систему России и международные платежи. Если цифровой рубль будет успешно внедрен в финансовую систему России, то налаживание в высшей степени прозрачной коммуникации с пользователями является тем шагом, который поможет принятию обществом новой формы рубля. Для широкого внедрения цифрового рубля потребуются различные изменения в социальных и финансовых институтах. Это относится к каждой категории заинтересованных сторон, вовлеченной в процесс, включая пользователей, и затрагивает все аспекты: условия ведения бизнеса финансовыми учреждениями, а также повседневную жизнь конечных пользователей.

Основные преимущества цифрового рубля состоят в большей доступности к финансовым услугам, повышении безопасности и прозрачности, независимости от иностранных платежных систем. Однако есть и риски, связанные с внедрением цифровой валюты, такие как вопросы конфиденциальности, безопасности

данных и потенциальное воздействие на традиционные банки и финансовые учреждения. Кроме того, необходимо учитывать регуляторные и технические аспекты внедрения цифрового рубля. На сегодняшний день также сохраняется проблема осуществления трансграничных платежей.

Эти и другие потенциальные проблемы требуют тщательного анализа и планирования со стороны Центрального банка, чтобы минимизировать риски и обеспечить плавное внедрение цифровой валюты в платежную систему России.

Источники

Башир И. Блокчейн: архитектура, криптовалюты, инструменты разработки, смарт-контракты // ДМК Пресс, 2018.

Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «Системы распределенного реестра» / Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, 2021. URL: https://digital.gov.ru/uploaded/files/07102019srr.pdf — 2019.

Концепция Цифрового Рубля / Банк России, 2021. URL: http://www.cbr.ru/Content/Document/File/120075/concept_08042021.pdf.

Кочергин Д. Цифровые валюты центральных банков: опыт внедрения Цифрового Юаня и развитие концепции Цифрового Рубля // Russian Journal of Economics and Law. 2020. Vol. 16. N 1. P. 51–78.

Нестеров И. О. Цифровые валюты центральных банков: инновационный инструмент для более эффективных внутренних и международных расчетов // Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. 2023. Т. 39. № 1. P. 33–54.

Результаты исследования о необходимости внедрения цифрового тенге / Национальный банк Республики Казахстан, 2022. URL: https://www.nationalbank.kz/ru/page/cifrovoy-tenge-pilotnyy-proekt.

Статистика национальной платежной системы / Статистическая база данных Банка России, 2023. URL: https://cbr.ru/statistics/.

Цифровой рубль. Доклад для общественных консультаций / Банк России, 2020. URL: https://www.cbr.ru/analytics/d_ok/dig_ruble/.

Цифровой рубль: возможности и варианты / Econs, 2020. URL: https://econs.online/articles/regulirovanie/tsifrovoy-rubl-vozmozhnosti-i-varianty.

Цифровой тенге / Национальный банк Республики Казахстан, 2021. URL: https://www.nationalbank.kz/ru/page/cifrovoy-tenge-pilotnyy-proekt.

Albukhitan S. Developing Digital Transformation Strategy for Manufacturing // Procedia Computer Science. 2020. Vol. 170. P. 664–671.

Annual Report / Tencent, 2022. URL: https://enterprise.press/wp-content/uploads/2022/01/Tencent-earnings.pdf.

Auer R., Böhme R. The Technology of Retail Central Bank Digital Currency // BIS Quarterly Review. 2020. URL: https://www.bis.org/publ/qtrpdf/r_qt2003j.htm.

Bae J. The Bank of Korea's CBDC Research: Current Status and Key Considerations // BIS Papers. Vol. 107. 2022. URL: https://www.bis.org/publ/bppdf/bispap123_m.pdf.

Bolt W., Lubbersen V., Wierts P. Getting the Balance Right: Crypto, Stablecoin and Central Bank Digital Currency // Journal of Payments Strategy & Systems. 2022. Vol. 16. N 1. P. 39–50.

CBDCs in Emerging Market Economies / BIS Paper, 2020. URL: https://www.bis.org/publ/bppdf/bispap123.pdf.

CBDCs in Emerging Market Economies. Monetary and Economic Department / BIS Paper, 2022.

Central Bank Digital Currencies: System Design and Interoperability / BIS Paper, 2021. URL: https://www.bis.org/publ/othp42_system_design.pdf.

Chapyshev I., Shaidullin A. Study of the Problem of Interoperability of the Bank of Russia's Digital Currency // Russian Journal of Money and Finance. 2024. Vol. 83. N 1. P. 104–126.

Chohan U. W. Decentralized finance (DeFi): an Emergent Alternative Financial Architecture / Critical Blockchain Research Initiative (CBRI) Working Papers, 2021. URL: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3791921.

Christidis K., Devetsikiotis M. Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things // IEEE Access. 2016. Vol. 4. P. 2292–2303.

Discussion Paper: Central Bank Digital Currency Opportunities, Challenges and Design / Bank of England, 2020. URL: https://www.bankofengland.co.uk/paper/2020/central-bank-digital-currency-opportunities-challenges-and-design-discussion-paper.

E-CNY: main objectives, guiding principles and inclusion considerations / BIS Paper, 2022. URL: https://www.bis.org/publ/bppdf/bispap123_e.pdf.

E-krona pilot Phase 3 — 2023 / The Riksbank, 2023. URL: https://www.riksbank.se/globalassets/media/rapporter/e-krona/2023/e-krona-pilot-phase-3.pdf.

E-krona pilot. Phase 1 — 2021 / The Riksbank, 2021. URL: https://www.riksbank.se/globalassets/media/rapporter/e-krona/2021/e-krona-pilot-phase-1.pdf.

E-krona pilot. Phase 2 — 2022 / The Riksbank, 2022. URL: https://www.riksbank.se/globalassets/media/rapporter/e-krona/2022/e-krona-pilot-phase-2.pdf.

E-krona project, Report 1. / The Riksbank, 2017. URL: https://www.riksbank.se/globalassets/media/rapporter/e-krona/2017/rapport_ekrona_uppdaterad_170920_eng.pdf.

Jiang J., Lucero K. Background and Implications of China's Central Bank Digital Currency: E-CNY // SSRN Electronic Journal, 2021.

Khmelevskaya N. CBDC in Latin America: Lessons and Insights on Involving Retail Payments to Financial Inclusion Strategies. SSRN, 2021.

Ozili P. K. eNaira Central Bank Digital Currency (CBDC) for Financial Inclusion in Nigeria. Digital Economy, Energy and Sustainability: Opportunities and Challenges. Cham: Springer International Publishing, 2023. P. 41–54.

Sunyaev A. Distributed Ledger Technology. Internet Computing: Principles of Distributed Systems and Emerging Internet-based Technologies. Berlin; Heidelberg: Springer, 2020.

Taking the Next Step Opening Remarks at the Fifth Meeting of the Liaison and Coordination Committee on Central Bank Digital Currency / BIS Paper, 2023. URL: https://www.boj.or.jp/en/about/press/koen_2023/data/ko230217a.pdf.

Wenker K. Retail Central Bank Digital Currencies (CBDC). Disintermediation and Financial Privacy: The Case of the Bahamian Sand Dollar // FinTech. 2022. Vol. 1. N 4. P. 345–361.

Working Group on E-CNY Research and Development of the People's Bank of China. Progress of Research & Development of E-CNY in China. 2021.

Xu J. Developments and Implications of Central Bank Dgital Currency: The Case of China e-CNY // Asian Economic Policy Review. 2022. Vol. 17. N 2. P. 235–250.

Zheng Z., Xie S., Dai H. N., Chen W., Chen X., Weng J., Imran M. An Overview on Smart Contracts: Challenges, Advances and Platforms // Future Generation Computer Systems. 2020. Vol. 105. P. 475–491.

References

Albukhitan S. Developing digital transformation strategy for manufacturing. *Procedia computer science,* 2020, vol. 170, pp. 664–671.

Annual Report. Tencent, 2022. Available at: https://enterprise.press/wp-content/uploads/2022/01/Tencent-earnings.pdf.

Auer R., Böhme R. The technology of retail central bank digital currency. *BIS Quarterly Review,* 2020. Available at: https://www.bis.org/publ/qtrpdf/r_qt2003j.htm.

Bae J. The Bank of Koreas CBDC research: current status and key considerations. *BIS Papers*, 2022, vol. 107. Available at: https://www.bis.org/publ/bppdf/bispap123_m.pdf.

Bashir I. *Blokcheyn: Arkhitektura, Kriptovalyuty, Instrumenty Razrabotki, Smart-Kontrakty* [*Blockchain: Architecture, Cryptocurrencies, Development tools, Smart contracts*]. Publisher: DMK Press, 2018. (In Russian)

Bolt W., Lubbersen V., Wierts P. Getting the balance right: Crypto, stablecoin and central bank digital currency. *Journal of Payments Strategy & Systems*, 2022, vol. 16(1), pp. 39–50.

CBDCs in emerging market economies, Monetary and Economic Department. BIS Paper, 2022.

CBDCs in emerging market economies. BIS Paper, 2020. Available at: https://www.bis.org/publ/bppdf/bispap123.pdf.

Central bank digital currencies: system design and interoperability. BIS Paper, 2021. Available at: https://www.bis.org/publ/othp42_system_design.pdf.

Chapyshev I., Shaidullin A. Study of the Problem of Interoperability of the Bank of Russia's Digital Currency. *Russian Journal of Money and Finance*, 2024, vol. 83(1), pp. 104–126.

Chohan U. W. Decentralized finance (DeFi): an emergent alternative financial architecture. *Critical Blockchain Research Initiative (CBRI) Working Papers,* 2021. Available at: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=379192.

Christidis K., Devetsikiotis M. Blockchains and smart contracts for the internet of things. *IEEE access*, 2016, vol. 4, pp. 2292–2303.

Discussion Paper: Central Bank Digital Currency Opportunities, challenges and design. Bank of England, 2020. Available at: https://www.bankofengland.co.uk/paper/2020/central-bank-digital-currency-opportunities-challenges-and-design-discussion-paper.

Dorozhnaya karta razvitiya «skvoznoy» tsifrovoy tekhnologii «Sistemy raspredelennogo reyestra» [*Roadmap for the development of «end-to-end» digital technology «Distributed Registry System»*]. Ministerstvo tsifrovogo razvitiya, svyazi i massovykh kommunikatsiy Rossiyskoy Federatsii [The Ministry of Digital Development, Communications and Mass Communications of the Russian Federation], 2021. Available at: https://digital.gov.ru/uploaded/files/07102019srr.pdf — 2019. (In Russian)

E-CNY: main objectives, guiding principles and inclusion considerations. BIS Paper, 2022. Available at: https://www.bis.org/publ/bppdf/bispap123_e.pdf.

E-krona pilot Phase 3 — 2023. The Riksbank, 2023. Available at: https://www.riksbank.se/globalassets/media/rapporter/e-krona/2023/e-krona-pilot-phase-3.pdf.

E-krona pilot. Phase 1 — 2021. The Riksbank, 2021. Available at: https://www.riksbank.se/globalassets/media/rapporter/e-krona/2021/e-krona-pilot-phase-1.pdf.

E-krona pilot. Phase 2 — 2022. The Riksbank, 2022. Available at: https://www.riksbank.se/globalassets/media/rapporter/e-krona/2022/e-krona-pilot-phase-2.pdf.

E-krona project, Report 1. The Riksbank, 2017. Available at: https://www.riksbank.se/globalassets/media/rapporter/e-krona/2017/rapport_ekrona_uppdaterad_170920_eng.pdf.

Jiang J., Lucero K. Background and Implications of Chinas Central Bank Digital Currency: E-CNY. *University of Florida Journal of Law & Public Policy*, *Forthcoming,* 2021.

Khmelevskaya N. *CBDC in Latin America: Lessons and Insights on Involving Retail Payments to Financial Inclusion Strategies*. *SSRN,* 2021.

Kochergin D. Tsifrovyye valyuty tsentral'nykh bankov: opyt vnedreniya Tsifrovogo Yuanya i razvitiye kontseptsii Tsifrovogo rublya [Digital currencies of Central banks: the experience of introducing the Digital Yuan and the development of the Digital Ruble concept]. *Russian Journal of Economics and law* [*Russian journal of economics and law*], 2020, vol. 16(1), pp. 51–78. (In Russian)

Kontseptsiya Tsifrovogo Rublya [*The Concept of the Digital Ruble*]. Bank Rossii [The Central Bank of Russia], 2021. Available at: http://www.cbr.ru/Content/Document/File/120075/concept_08042021.pdf. (In Russian)

Nesterov I. O. Tsifrovyye valyuty tsentral'nykh bankov: innovatsionnyy instrument dlya boleye effektivnykh vnutrennikh i mezhdunarodnykh raschetov [Digital currencies of central banks: an innovative tool for more efficient domestic and international settlements]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Ekonomika* [*Bulletin of St. Petersburg University. Economy*], 2023, vol. 39(1), pp. 33–54. (In Russian)

Ozili P. K. *eNaira central bank digital currency (CBDC) for financial inclusion in Nigeria. Digital Economy, Energy and Sustainability: Opportunities and Challenges.* Cham: Springer International Publishing, 2023, pp. 41–54.

Rezul'taty issledovaniya o neobkhodimosti vnedreniya tsifrovogo tenge [*The results of the study on the need for the introduction of digital tenge*]. Natsional'nyy bank Respubliki Kazakhstan [National Bank of the Republic of Kazakhstan], 2022. Available at: https://www.nationalbank.kz/ru/page/cifrovoy-tenge-pilotnyy-proekt. (In Russian)

Statistika natsional'noy platezhnoy sistemy [*Statistics of the National Payment System*]. Statisticheskaya baza dannykh Banka Rossii [Statistical database of the Bank of Russia], 2023. Available at: https://cbr.ru/statistics/. (In Russian)

Sunyaev A. *Distributed ledger technology. Internet computing: Principles of distributed systems and emerging internet-based technologies*. Springer, 2020.

Taking the Next Step Opening Remarks at the Fifth Meeting of the Liaison and Coordination Committee on Central Bank Digital Currency. BIS Paper, 2023. Available at: https://www.boj.or.jp/en/about/press/koen_2023/data/ko230217a.pdf

Tsifrovoy rubl'. Doklad dlya obshchestvennykh konsul'tatsiy [*Digital Ruble. Report for public consultation*]. Bank Rossii [The Central Bank of Russia], 2020. Available at: https://www.cbr.ru/analytics/d_ok/dig_ruble/. (In Russian)

Tsifrovoy rubl': vozmozhnosti i varianty [*Digital ruble: possibilities and options*]. Econs, 2020. Available at: https://econs.online/articles/regulirovanie/tsifrovoy-rubl-vozmozhnosti-i-varianty. (In Russian)

Tsifrovoy tenge [*The digital tenge*]. National Bank of the Republic of Kazakhstan, 2021. Available at: https://www.nationalbank.kz/ru/page/cifrovoy-tenge-pilotnyy-proekt. (In Russian)

Wenker K. Retail Central Bank Digital Currencies (CBDC), Disintermediation and Financial Privacy: The Case of the Bahamian Sand Dollar. *FinTech*, 2022, vol. 1(4), pp. 345–361.

Working Group on E-CNY Research and Development of the Peoples Bank of China. Progress of Research & Development of E-CNY in China. 2021.

Xu J. Developments and implications of central bank digital currency: The case of China e-CNY. *Asian Economic Policy Review*, 2022, vol. 17(2), pp. 235–250.

Zheng Z., Xie S., Dai H. N., Chen W., Chen X., Weng J., Imran M. An overview on smart contracts: Challenges, advances and platforms. *Future Generation Computer Systems*, 2020, vol. 105, pp. 475–491.

Статья поступила в редакцию 10 марта 2024 г.
Статья рекомендована в печать 15 июня 2024 г.