

## ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

DOI: 10.26794/2587-5671-2025-29-6-77-92

УДК 336.74(045)

JEL E42, E44, G15

# Децентрализация и токенизация финансов: понятийные, структурные и функциональные особенности DeFi

С.В. Криворучко<sup>а</sup>, В.А. Лопатин<sup>б</sup>, С.С. Акуликин<sup>с</sup><sup>а, с</sup> Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация;<sup>б</sup> Национальный совет финансового рынка, Москва, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

В работе исследуются децентрализованные финансы (DeFi) как децентрализованная система оборота финансовых токенов в виртуальных и криптопространствах. **Предметом** исследования являются основные понятия, структуры и свойства DeFi. Работа **актуальна**, поскольку в DeFi есть нерешенные вопросы. Например, нет четкого определения понятий и структуры. Недостаточно изучены факторы, которые снижают децентрализацию, и методы ее оценки. Кроме того, требует дополнительного изучения работа инфраструктуры DeFi. Это подчеркивает необходимость более глубокого анализа понятий, структур и особенностей DeFi. **Цель** исследования — формирование теоретико-методологического фундамента DeFi в части уточнения понятийного аппарата и выявления особенностей функционирования. Основой **методологической базы** исследования стали: объектно-субъектный подход к описанию сущностей; метод структурного анализа объектов; системный подход к моделированию объектов; процессный подход к анализу функционирования систем; сервисный подход к анализу взаимодействия обслуживающих и обслуживаемых систем. В **результате** работы сформулировано понятие DeFi (включая понятие децентрализованной системы). Определены: факторы централизации (снижения децентрализации) DeFi; структура DeFi в виде совокупности подсистем оборота виртуальных финансовых токенов и криптотокенов; метод оценки степени децентрализации DeFi как системы оборота цифровых финансовых токенов; трехуровневая сервисная модель инфраструктуры DeFi; модель взаимодействия процессов оборота финансовых токенов. **Выводы:** понятийный аппарат DeFi, включающий определение DeFi как децентрализованной системы оборота финансовых токенов в виртуальных и криптопространствах, позволил выявить особенности функционирования DeFi, обеспечивающие условия для существенно большей прозрачности правил и результатов выполнения финансовых операций по сравнению с традиционными централизованными финансовыми системами. Использование в финансовом обороте виртуальных и криптотокенов, а также других механизмов DeFi значительно снижает неопределенность и связанные с ней риски исполнения финансовых соглашений между экономическими субъектами.

**Ключевые слова:** токен; оборот токенов; финансы; финансовые токены; цифровое и нецифровое пространство; виртуальное и криптопространство; крипто токены; криптоактивы; криптоденьги; криптовалюты

**Для цитирования:** Криворучко С.В., Лопатин В.А., Акуликин С.С. Децентрализация и токенизация финансов: понятийные, структурные и функциональные особенности DeFi. *Финансы: теория и практика*. 2025;29(6):77-92. DOI: 10.26794/2587-5671-2025-29-6-77-92

## ORIGINAL PAPER

# Decentralization and Tokenization of Finance: Conceptual, Structural and Functional Features of DeFi

S.V. Krivoruchko<sup>a</sup>, V.A. Lopatin<sup>b</sup>, S.S. Akulinkin<sup>c</sup><sup>а, с</sup> Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation;<sup>б</sup> National Financial Market Council, Moscow, Russian Federation

## ABSTRACT

The paper studies DeFi (decentralized finance) as a decentralized system for the circulation of financial tokens in virtual and cryptocurrency spaces. **The subject of the study** is the basic concepts, structures, and properties of DeFi. **The relevance of the work** is determined by the presence of unresolved issues related to the conceptual apparatus and structure of DeFi, factors of reduction and methods for determining the level of decentralization of DeFi, the functioning of the DeFi infrastructure, which highlights the need for further research into the concepts, structures and properties of

DeFi. **The aim of the study** is to form a theoretical and methodological foundation for DeFi by clarifying the conceptual apparatus and identifying the features of DeFi functioning. **The methodological framework** of the study is based on the following principles: an object-subjective approach to describing entities, a method of structural analysis of objects, a systems approach to model objects, a process approach to analyzing the functioning of systems, and a service approach to analyzing interactions between serving and served systems. **The study resulted** in the formulation of the concept of DeFi (including the concept of a decentralized system). The following were identified: factors of centralization (reduced decentralization) of DeFi; the structure of DeFi as a set of subsystems for the circulation of virtual financial tokens and crypto tokens; a method for assessing the degree of DeFi decentralization as a system for the circulation of digital financial tokens; a three-tier service model of the DeFi infrastructure; and a model for the interaction of financial token circulation processes. **Conclusions:** The conceptual framework of DeFi, including the definition of DeFi as a decentralized system for the circulation of financial tokens in virtual and crypto spaces, allows us to identify the functional features of DeFi that ensure conditions for significantly greater transparency of the rules and results of financial transactions compared to traditional centralized financial systems. The use of virtual and crypto tokens, along with other DeFi mechanisms in financial circulation, significantly reduces uncertainty and the associated risks of executing financial agreements between economic entities.

**Keywords:** token; token circulation; finance; financial tokens; digital and non-digital space; virtual and crypto space; crypto tokens; crypto assets; crypto money; cryptocurrencies

**For citation:** Krivoruchko S.V., Lopatin V.A., Akulinkin S.S. Decentralization and tokenization of finance: Conceptual, structural and functional features of DeFi. *Finance: Theory and Practice*. 2025;29(6):77-92. DOI: 10.26794/2587-5671-2025-29-6-77-92

## ВВЕДЕНИЕ

За последние несколько десятилетий вопрос о децентрализации финансовой сферы возникал не один раз — фактически всякий раз при появлении новых финансовых структур, деятельность которых не была охвачена государственным регулированием и контролем. Так было со структурами частных денег и локальных денежных взаимозачетов, небанковских систем оборота микропроцессорных платежных карт и электронных денег, небанковскими структурами предоставления микрозаймов и т.д. Но всякий раз национальным финансовым регуляторам удавалось трансформировать идеи децентрализации, развивая функционал существующих централизованных финансовых систем. Появление децентрализованных финансовых систем на основе технологии распределенного реестра (ДФС) существенно изменило ситуацию, впервые создав условия для реального преодоления монопольного положения централизованных финансовых систем. Объем операций ДФС быстро растет, а сфера их деятельности стремительно расширяется<sup>1</sup>. Данное обстоятельство привело к целому ряду последствий: а) к деятельности ДФС все большее внимание стали проявлять регуляторы и экономические субъекты<sup>2</sup>; б) в отношении самой деятельности стало появляться все больше научных, методологических и аналитических работ, анализирующих проблемные вопросы и разрабатывающих перспективные направления;

в) для обозначения сферы деятельности ДФС был введен специальный термин «децентрализованные финансы» и аббревиатура DeFi (Decentralized Finance)<sup>3</sup>; и т.д. Как оказалось, изучение DeFi является достаточно сложной задачей, так как предмет исследования насыщен большим количеством скрытых деталей, неявных взаимосвязей и используемых технологий, что затрудняет анализ и получение однозначных результатов<sup>4</sup>. Все еще не сформирован теоретико-методологический фундамент DeFi в части уточнения понятийного аппарата и выявления особенностей функционирования. Убежденность большинства потребителей DeFi в их децентрализованном характере основана на факте использования децентрализованных технологий<sup>5</sup>, а не на основе объективной оценки степени их децентрализации, что существенно мешает развитию ДФС. Существует потребность в установлении критерия оценки результата децентрализации для устранения неопределенности значения этого признака. С этой целью важно классифицировать цифровые финансовые токены и их функционал в системах распределенного реестра, смарт-контрактах, инфраструктуре WEB 3.0<sup>6</sup>.

<sup>1</sup> Что такое Децентрализованные Финансы (DeFi)? URL: <https://habr.com/ru/articles/646839/> (дата обращения: 23.11.2024).

<sup>2</sup> Что такое децентрализованные финансовые сервисы (DeFi) и как они устроены. URL: <https://dzen.ru/a/ZHdj6mAhGi12KvJo> (дата обращения: 23.11.2024).

<sup>3</sup> Что такое децентрализованные финансы (DeFi)? URL: <https://academy.binance.com/ru/articles/the-complete-beginners-guide-to-decentralized-finance-defi> (дата обращения: 23.11.2024).

<sup>4</sup> Что такое DeFi: все о децентрализованных финансах и как на них заработать. URL: <https://vc.ru/crypto/619828-cto-takoe-defi-vse-o-decentralizovannyh-finansah-i-kak-na-nih-zarabotat> (дата обращения: 23.11.2024).

<sup>5</sup> Разжать кулак. Что такое DeFi и как на них зарабатывать. URL: <https://www.rbc.ru/crypto/news/5e91a6d29a79473c6e4052c0> (дата обращения: 23.11.2024).

<sup>6</sup> DeFi — что это такое в криптовалюте. Decentralized Finance простыми словами и др. URL: <https://monetary.io/>

Объектом настоящего исследования являются «децентрализованные финансы», причем в том виде, в каком они соответствуют понятию «decentralized finance» (или DeFi), принятому в финансовом сообществе. В общем случае это словосочетание может относиться как к цифровым, так и нецифровым финансам, хотя в настоящее время устойчивой практикой является отнесение к сфере «децентрализованных финансов» преимущественно цифровых финансовых сервисов<sup>7</sup> и систем предоставления финансовых сервисов, сформированных на основе технологий распределенного реестра и смарт-контрактов. А так как цифровая природа перечисленных технологий не вызывает сомнения, более точным названием объекта исследования можно считать *децентрализованные цифровые финансы*, в основании которых лежат технологии распределенного реестра и смарт-контрактов. Соответственно, предметом исследования являются основные понятия, структуры и свойства DeFi, а целью исследования — формирование теоретико-методологического фундамента DeFi в части уточнения понятийного аппарата и выявления особенностей функционирования.

### ОБЗОР НАУЧНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Льюис Гуджон с соавторами определил DeFi как «альтернативную финансовую систему, в которой кто угодно и где угодно может получить доступ к финансовым услугам на основе цифровых активов» [1]. Краткая характеристика и классификация DeFi предложена Патриком Шуффелом — он исследовал происхождение DeFi и определил границы областей финансовой деятельности между DeFi и традиционными финансами [2]. Ключевой границей между областями автор считает использование смарт-контрактов и технологии распределенного реестра в подавляющем большинстве на примере блокчейнов.

В 1994 г. Ник Сабо впервые применил термин «смарт-контракт» [3]. Сабо дал определение смарт-контракту как «набору обещаний, заданных в цифровой форме, включая протоколы, в рамках которых стороны выполняют эти обещания» [4]. Мелани Свон дала определение смарт-контракту как «компьютерному протоколу — алгоритму, который может самоисполняться, самообеспечиваться, самопроверяться и самоограничиваться»

[5]. Сэм Вернер с соавторами уточнил, что смарт-контракты представляют собой «программные объекты, живущие в блокчейне», они способны взаимодействовать друг с другом посредством сообщений в процессе своего исполнения и поддерживать атомарность. По мнению исследователей, «блокчейны» представляют собой структуры на основе транзакций, с помощью которых агент может взаимодействовать со смарт-контрактами посредством транзакций. После подтверждения транзакции код контракта запускается всеми узлами сети на технологии распределенного реестра, и состояние обновляется [6]. Хиллари Аллен определила технологию распределенного реестра (DLT) как «большую децентрализованную базу данных, которая хранится в сети компьютеров, а не на одном сервере, и обновляется в режиме реального времени» [7]. Карла Рейс предложила определение «блокчейна» как криптографически защищенного цифрового реестра, а протокол блокчейна — как программное обеспечение, которое управляет правилами, операциями и связью между компьютерами, взаимодействующими с блокчейном [8]. Йоханнес Йенсен с соавторами заключили, что децентрализованные приложения DeFi, построенные на инфраструктуре блокчейна, подчиняются базовому блокчейну. Таким образом, децентрализованная инфраструктура является необходимым условием для DeFi [9].

Простое определение DeFi дали Сэм Вернер с соавторами — это «одноранговая финансовая система на базе блокчейна» [6]. Хендрик Амлер и другие дали определение DeFi: «Экосистема финансовых услуг, реализуемых посредством смарт-контрактов, развернутых в публичных распределенных реестрах» и исследовали их преимущества по сравнению с традиционными финансами [10].

При исследовании оборота финансовых токенов в финансовой инфраструктуре особое место отводится анализу роли и функции посредничества в DeFi. Дирк Цертше с соавторами утверждают, что DeFi приведет к устранению посреднической функции, что повлечет за собой полную «демократизацию» финансов [11].

Манож Кумар с соавторами заключили, что для функционирования финансовой инфраструктуры не требуется центральный орган, поскольку доверие встроено в протоколы DeFi [12]. В последнее время появились исследования, утверждающие необходимость пересмотра роли посредничества в DeFi. Лаура Грасси с соавторами, признавая посредническую роль приложений DeFi, указывает на замещение субъектного состава посредников на смарт-контракты [13]. Во многом изменение ака-

blog/ru/defi-budushhee-finansovoj-ekosistemy (дата обращения: 23.11.2024).

<sup>7</sup> Децентрализованные финансовые сервисы. Википедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения: 23.11.2024).

демической позиции инспирировано проблемами интероперабельности, находящейся в настоящий момент в разрозненном состоянии финансовой инфраструктуры DeFi. Джулио Калдарелли одним из первых предложил подход к ее решению через внедрение механизмов «обернутых токенов», представляющих собой собственные токены блокчейна, выпущенные на неродном блокчейне [14]. В последних реализациях технологии, использующей смарт-контракты, появилась виртуальная машина, состояние которой обеспечивается узлами, поддерживающими сеть. Йоханнес Йенсен подчеркнул, что виртуальная машина представляет собой простую архитектуру на основе стека, в которой участники сети могут выполнять дозированные вычисления, выраженные в формате собственной валюты. Автор указал, что технология блокчейн — это основной уровень децентрализованной финансовой инфраструктуры, который надежно хранит транзакции и обеспечивает теоретико-игровой консенсус посредством выпуска собственного актива [15].

Отечественные исследователи существенным образом дополняют вклад иностранных авторов в понимание сущности децентрализованных финансов. М.Ю. Головин отметил вызовы, связанные с развитием децентрализованных финансов, выделив страновой дисбаланс в качестве основного фактора изменения роли цифровых субъектов в глобальном финансовом управлении [16].

М.Б. Медведева и Ю.П. Жиженко проанализировали функционал децентрализованных финансов в Китайской народной республике и сделали вывод о росте эффективности взаимосвязанного использования централизованных и децентрализованных платежных элементов на примере осуществления трансграничных платежей [17].

Опыт применения токенов на платежном пространстве ЕАЭС изучен Е.Н. Володиной с соавторами, исследователи отметили возможность использования токенов в качестве альтернативы традиционной валюте в международных платежах [18].

Д.А. Кочергин и А.И. Иванова осуществили классификацию стейблкоинов и отметили растущий интерес к глобальным стейблкоинам с целью их использования в розничных и оптовых платежах на международном уровне [19].

Проанализировав географию распространения финтех-а с выявлением факторов лидерства отдельных стран, К.В. Криничанский и Е.С. Зеленева выявили необходимость расширения внедрения отечественных решений в сфере блокчейн-технологий [20].

Е.И. Дюдикова в работе [21] отметила неотвратимость и целесообразность цифровой трансформации

путем формирования единой доверенной среды со встроенным механизмом оборота цифрового рубля с уникальным опциональным финансовым сопровождением на уровне смарт-контрактов и механизмов токенизации.

Важность создания особой инфраструктуры для развития цифровых валют центральных банков с целью ограничения новых рисков для потребителей, институтов финансовой системы и экономики в целом отмечена в исследовании В.В. Кузнецовой и О.И. Лариной [22].

М.Р. Сафиуллин с соавторами выявили потенциал прироста ВВП России до 4,0% в год в рамках применения блокчейн в системе организации системы международных платежей [23].

## МЕТОДОЛОГИЯ

В рамках исследования изначально предполагается:

а) существование централизованных и децентрализованных финансов, цифровых и нецифровых финансов, а также их комбинаций (централизованных цифровых и нецифровых, децентрализованных цифровых и нецифровых) и связанных с ними понятий;

б) построение DeFi на основе технологий распределенного реестра, смарт-контрактов и Web 3.0;

в) как следствие, соответствие понятия DeFi не буквальному переводу «децентрализованные финансы», а более точному — «децентрализованные цифровые финансы»;

г) связь понятий «децентрализованные финансы» и «децентрализованные цифровые финансы» с понятием «финансы» посредством отношения «подчиненное — подчиняющее» и, как следствие, необходимость формирования указанных понятий на основе понятия финансов.

В рамках исследования используются следующие подходы и методы [24]:

а) объектно-субъектный подход к описанию сущностей;

б) метод структурного анализа объектов;

в) системный подход к моделированию объектов;

г) процессный подход к анализу функционирования систем;

д) сервисный подход к анализу взаимодействия обслуживающих и обслуживаемых систем.

В исследовании применяется концепция финансов как системы оборота финансовых токенов. То есть рассматривается классификация этих токенов, включая финансовые активы и документы. Особое внимание уделяется пространственной классификации токенов как объектов оборота, а также их делению на централизованные и децентрализованные системы.



## ПОНЯТИЕ DeFi

В соответствии с методологией, принятой в настоящей работе:

а) аббревиатура DeFi хотя и переводится как «децентрализованные финансы», понимается как «децентрализованные цифровые финансы»;

б) понятие децентрализованных цифровых финансов рассматривается как подчиненное понятие по отношению к понятию финансов;

в) понятие финансов рассматривается в рамках концепции финансов как системы оборота финансовых токенов. Как следствие, децентрализованные цифровые финансы определяются как *децентрализованная цифровая система оборота финансовых токенов* или, что эквивалентно, как *децентрализованная система оборота цифровых финансовых токенов* (эквивалентность обусловлена тем, что в цифровой системе оборота токенов может осуществляться оборот только цифровых токенов, и наоборот).

В связи с определением DeFi как децентрализованной системы оборота цифровых финансовых токенов сделаем несколько замечаний. Первое касается оборота цифровых финансовых токенов. В соответствии с концепцией финансов как системы оборота финансовых токенов был выделен ряд пространств, в рамках которых может осуществляться оборот определенных видов токенов. К ним относятся: цифровое и нецифровое пространства оборота финансовых токенов (цифровых и нецифровых, соответственно), виртуальное пространство (как подпространство цифрового пространства) оборота виртуальных финансовых токенов и криптопространство (как подпространство виртуального пространства) оборота финансовых криптотокенов [25]. Учитывая, что DeFi строится на основе технологий распределенного реестра, смарт-контрактов и Web 3.0, можно сделать вывод о том, что DeFi является децентрализованной системой оборота цифровых финансовых токенов в виртуальном и криптопространствах (признак «цифровых» является избыточным, так как виртуальное и криптопространство являются цифровыми пространствами). Как следствие, в рамках DeFi осуществляется оборот исключительно виртуальных финансовых токенов и финансовых криптотокенов.

Второе замечание касается того, оборот каких именно виртуальных финансовых токенов и финансовых криптотокенов осуществляется в рамках DeFi. В соответствии с концепцией:

а) финансовые токены делятся на токены финансовых активов и финансовых документов, при-

чем финансовые активы делятся на токены денег и токены финансовых инструментов, токены денег — на токены валютных денег (токены валют) и токены невалютных денег, токены финансовых инструментов — на токены долговых, долевого, производных и других финансовых инструментов, а токены финансовых документов — на токены распорядительных, подтверждающих и других финансовых документов;

б) в общем случае, токены делятся на взаимозаменяемые (определяемые родовыми признаками) и невзаимозаменяемые (определяемые индивидуальными признаками);

в) в любом из перечисленных видов пространств может осуществляться оборот любого вида взаимозаменяемых и/или невзаимозаменяемых финансовых токенов. Как следствие, в общем случае, в рамках DeFi может осуществляться оборот взаимозаменяемых и/или невзаимозаменяемых виртуальных токенов финансовых активов, финансовых документов, финансовых инструментов, денег и валют, а также финансовых криптоактивов, финансовых криптодокументов, финансовых криптоинструментов, криптоденег и криптовалют.

Третье замечание касается неопределенности, связанной с масштабом и границами DeFi. Сразу заметим, что данная неопределенность унаследована из концепции финансов как системы оборота финансовых токенов, так как вопросы масштаба и границ в ней не рассматриваются. В настоящей работе вопрос о масштабе и границах системы оборота финансовых токенов также выходит за рамки исследования и подробно рассматриваться не будет. Тем не менее заметим, что в общем случае могут существовать самые разные децентрализованные системы оборота цифровых финансовых токенов (разного масштаба и с разными границами), в том числе локальные и глобальные (местные, корпоративные, межкорпоративные, региональные, национальные, транснациональные, международные и другие). Поэтому в тех случаях, когда в работе будут рассматриваться особенности DeFi общего характера, предметом рассмотрения будет некоторая обобщенная децентрализованная система оборота цифровых финансовых токенов неопределенного масштаба и с неопределенными границами.

Четвертое замечание касается содержания термина «децентрализованная система». В настоящей работе будем исходить из того, что признак «децентрализованная» происходит от термина «децентрализация», который обозначает:

а) отмену или ослабление централизации<sup>8</sup>;

б) процесс перераспределения, рассеивания функций, сил, власти, людей или вещей от центрального местоположения или управляющего органа<sup>9</sup> и т.п.

В итоге под децентрализованной системой будем понимать систему, подвергнутую процессу децентрализации, т.е. процессу отмены или ослабления централизации посредством перераспределения, рассеивания функций, сил, власти, людей или вещей от центрального местоположения или управляющего органа. При этом, учитывая, что системы представляют собой совокупности взаимосвязанных структурных элементов, которые имеют границу с внешней средой и обладают свойством эмерджентности, будем предполагать, что в процессе децентрализации системы:

а) процесс децентрализации будет нацелен на децентрализацию структурных элементов системы и связей между ними;

б) в результате децентрализации границы системы могут изменяться, но свойство эмерджентности сохраняется.

В случае обобщенной децентрализованной системы, в силу неопределенности ее масштаба и границ, результат процесса децентрализации также будет неопределенным. При этом, в случае конкретной системы, для устранения неопределенности значения признака «децентрализованная» необходимо использовать некоторый критерий оценки результата децентрализации.

Заметим, что в настоящее время обычной практикой является отнесение DeFi к децентрализованным системам исключительно на основе факта предоставления сервисов DeFi с использованием пиринговых сетей, распределенных реестров и смарт-контрактов. В итоге убежденность потребителей сервисов DeFi в децентрализованном характере DeFi основана не на объективной оценке степени децентрализации (с помощью подходящего критерия), а исключительно на факте использования в рамках DeFi децентрализованных технологий. Совершенно очевидно, что такой подход существенно мешает развитию DeFi, в том числе, в части: обоснования (применительно к DeFi) признака «децентрализованные», определения преимуществ и перспектив децентрализации DeFi, выявления проблем в области децентрализации DeFi, реализации мероприятий по устранению проблем и т.д.

## ФАКТОРЫ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ (СНИЖЕНИЯ ДЕЦЕНТРАЛИЗАЦИИ) DeFi

Если непосредственным объектом процесса децентрализации системы являются ее структурные элементы и связи между ними, то в силу определения децентрализации, к факторам, снижающим ее степень, можно отнести концентрацию структурных элементов системы и связей между элементами (функций, полномочий, механизмов, коммуникационных каналов и т.п.) в руках определенных субъектов (индивидов, компаний, институциональных субъектов и др.) или в определенных точках местонахождения (в определенных странах и регионах, на определенных территориях и т.п.). Прежде всего это касается концентрации полномочий принятия решений в отношении правил и алгоритмов системы, функций разработки механизмов развертывания процессов оборота финансовых токенов, функций обеспечения функционирования совместно используемых сайтов, приложений, линий связи, коммуникационных каналов и т.п.

Для иллюстрации факторов концентрации рассмотрим признаки концентрации структурных элементов DeFi в рамках модели DeFi как совокупности подсистем оборота виртуальных финансовых токенов и финансовых крипто токенов, связанных между собой каналами передачи и преобразования токенов (КППТ). Структура DeFi (рис. 1) разработана исходя из следующих принципов.

Во-первых, учитывая условие об использовании технологий распределенного реестра и смарт-контрактов, можно утверждать, что основой системы оборота цифровых финансовых токенов является одна или несколько подсистем оборота *криптокенов*. К ним относятся:

а) подсистемы оборота крипто токенов, которые обеспечивают работоспособность распределенных реестров первого и второго уровня (будем называть такие подсистемы *подсистемами оборота финансовых крипто токенов первого или второго уровня*) и одновременно используются для совершения финансовых операций (в частности, платежей);

б) подсистемы оборота финансовых крипто токенов, которые запускаются в рамках исполнения смарт-контрактов (будем называть такие подсистемы *подсистемами оборота финансовых крипто токенов контрактного уровня*). Подсистемы оборота финансовых крипто токенов могут быть как независимыми друг от друга, так и связанными между собой каналами передачи и преобразования токенов.

Во-вторых, так как распределенные реестры строятся в рамках пиринговых сетей, которые являются оверлейными структурами сети Интернет, а смарт-контракты исполняются в рамках

<sup>8</sup> Словарь иностранных слов. 15-е изд., испр. М.: Рус. яз.; 1988. 608 с.

<sup>9</sup> URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Децентрализация> (дата обращения: 23.11.2024).

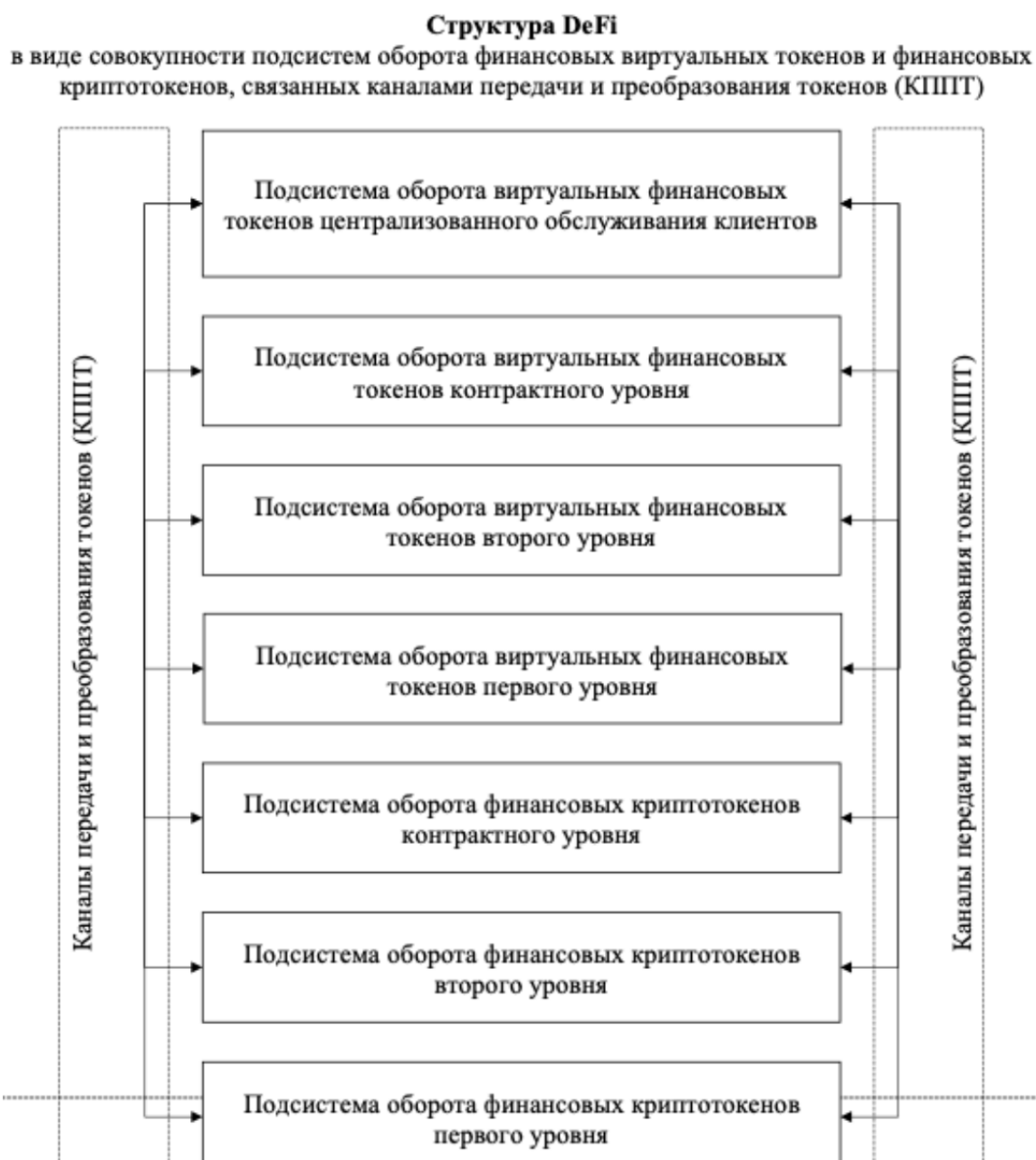


Рис. 1 / Fig. 1. Структура DeFi в виде совокупности подсистем оборота виртуальных финансовых токенов и финансовых криптовалют / The Structure of Defi as a Set of Subsystems for the Circulation of Virtual Financial Tokens and Financial Crypto Tokens

Источник / Source: составлено авторами / Compiled by the authors.

виртуальной машины распределенного реестра, то можно утверждать, что в DeFi как в системе оборота цифровых финансовых токенов должна функционировать одна или несколько подсистем оборота виртуальных финансовых токенов, связанных каналами передачи и преобразования токенов (КППТ) с соответствующими подсистемами оборота финансовых криптовалют (будем называть такие подсистемы *подсистемами оборота виртуальных финансовых токенов первого, второго или контрактного уровня*). Подсистемы оборота виртуальных финансовых токенов также

могут быть как независимыми друг от друга, так и связанными между собой каналами передачи и преобразования токенов.

В-третьих, если в рамках DeFi осуществляется централизованное обслуживание клиентов (как правило, с использованием централизованных веб-приложений и веб-серверов), то должна существовать подсистема оборота виртуальных финансовых токенов, обеспечивающая такое обслуживание (в виде единой подсистемы или совокупности связанных подсистем). Совершенно очевидно, что такая подсистема будет связана каналами передачи и преобра-

зования токенов с другими подсистемами оборота виртуальных финансовых токенов.

Заметим, что все перечисленные выше подсистемы оборота виртуальных финансовых токенов в общем случае будут иметь разную степень децентрализации. При оценке степени децентрализации указанных подсистем можно учитывать следующее:

1) степень децентрализации системы оборота криптовалют токенов приблизительно равна степени децентрализации связанной с нею системы оборота виртуальных токенов;

2) степень децентрализации систем оборота криптовалют токенов (виртуальных токенов) первого уровня выше степени децентрализации систем оборота криптовалют токенов (виртуальных токенов) второго уровня (в силу наличия КППТ между ними);

3) степень децентрализации систем оборота виртуальных токенов первого, второго и контрактного уровней выше/существенно выше, чем систем оборота виртуальных токенов централизованного обслуживания клиентов;

4) степень децентрализации систем оборота виртуальных финансовых токенов и/или финансовых криптовалют токенов, как правило, существенно уменьшается при наличии КППТ за счет концентрации полномочий по управлению каналом в руках субъектов, владеющих узлами канала;

5) степень децентрализации систем оборота виртуальных и/или криптовалют токенов существенно зависит от способа формирования правил оборота: если процедура формирования и одобрения правил непрозрачна, то возникают риски снижения степени децентрализации.

Еще раз отметим, что в общем случае работает правило концентрации: любая субъектная (в руках одного или группы субъектов) или пространственная (в рамках одной территории или иного пространства) концентрация того или иного элемента системы оборота финансовых токенов (полномочий, функций, механизмов, каналов и др.) приводит к риску снижения степени децентрализации данного элемента системы оборота.

### МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ДЕЦЕНТРАЛИЗАЦИИ DEFI

Существует множество методов и критериев оценки степени децентрализации, в том числе основанных на количественном сопоставлении характеристик децентрализованных, централизованных (слабо децентрализованных) структурных элементов системы, полученной в результате процесса децентрализации. Для этого систему структурируют

в виде совокупности сопоставимых структурных элементов, для которых степень децентрализации либо известна, либо поддается экспертной оценке. В этом случае критерием оценки степени децентрализации будет то или иное соотношение между характеристиками полной системы и децентрализованной ее части.

В рамках настоящей работы предлагается метод оценки степени децентрализации DeFi (как системы оборота цифровых финансовых токенов), состоящий из следующих шагов:

а) конкретная система оборота цифровых финансовых токенов структурируется в виде вполне определенной совокупности сопоставимых подсистем оборота цифровых финансовых токенов;

б) делается предположение о возможности отнесения некоторых подсистем к категории децентрализованных подсистем;

в) рассчитывается в денежном выражении отношение  $DD$  (*degree of decentralization*) децентрализованного объема оборота цифровых финансовых токенов  $S_{dv}$  (*decentralized volume*) в рамках децентрализованных подсистем и полного объема оборота цифровых финансовых токенов  $S_{tv}$  (*total volume*):

$$DD = \frac{S_{dv}}{S_{tv}}. \quad (1)$$

Существует и усложненный вариант данного метода. В рамках него сначала выполняются экспертные оценки степени децентрализации  $DD_i$  ( $DD_i \leq 1$ ) для каждой подсистемы ( $i = 1, 2, \dots, N$ ), которые используются в качестве весовых коэффициентов при подсчете децентрализованного оборота токенов:

$$S_{dv} = \sum_{i=1}^N DD_i \cdot S_i. \quad (2)$$

Затем без весовых коэффициентов вычисляется полный оборот токенов:

$$S_{tv} = \sum_{i=1}^N S_i. \quad (3)$$

Наконец, вычисляется отношение  $DD$  объема оборота цифровых финансовых токенов  $S_{dv}$  с учетом степеней децентрализации и полного объема оборота цифровых финансовых токенов  $S_{tv}$ :

$$DD = \frac{S_{dv}}{S_{tv}} = \frac{\sum_{i=1}^N DD_i \cdot S_i}{\sum_{i=1}^N S_i}. \quad (4)$$

Заметим, что оба варианта метода основаны на двух предположениях:

а) DeFi можно представить в виде совокупности подсистем оборота цифровых финансовых токенов



с разной степенью децентрализации оборота токенов (рис. 1);

б) для каждой подсистемы можно оценить степень децентрализации оборота токенов. Причем в первом случае оценку предлагается делать по двухбалльной шкале: «0» и «1», а во втором случае, количество делений на шкале предлагается выбрать самостоятельно. Как правило, второй вариант может обеспечить более высокую точность, если учитывать, что количество делений на шкале оценки должно соответствовать количеству разных вариантов оборота токенов в подсистемах (с точки зрения децентрализации) и правильно выбирать отношения порядка между разными вариантами на шкале оценки.

### МОДЕЛЬ ИНФРАСТРУКТУРЫ DEFI

В общем случае под инфраструктурой некоторого объекта (системы, деятельности, индустрии и т.п.) понимается совокупность обслуживающих систем, обеспечивающих основу функционирования обслуживаемых систем. Выше было определено, что под DeFi понимается децентрализованная система оборота цифровых финансовых токенов, основанная на технологиях распределенного реестра и смарт-контрактов. Как результат, *под инфраструктурой DeFi следует понимать совокупность обслуживающих систем DeFi, обеспечивающих основу функционирования обслуживаемых систем DeFi в части децентрализованного (в определенной степени) оборота цифровых финансовых токенов, основанного на технологиях распределенного реестра и смарт-контрактов.*

Как правило, в рамках любой сложной инфраструктуры (а именно такой является инфраструктура DeFi) можно выявить несколько инфраструктурных уровней, обслуживающие системы которых взаимодействуют с обслуживаемыми системами посредством запроса и предоставления сервисов [26]. В рамках инфраструктуры DeFi целесообразно зафиксировать три таких инфраструктурных уровня (рис. 2):

1) базовый инфраструктурный уровень DeFi. Совокупность обслуживающих систем базового инфраструктурного уровня формируется в виде совокупности систем распределенных реестров (блокчейнов) первого и второго уровня. На рис. 2 — обслуживающие системы инфраструктуры DeFi базового уровня. Они функционируют на основе технологий распределенного реестра и предоставляют *обслуживаемым* системам следующие основные сервисы [27]:

а) сервис по выпуску базовых криптовалютных блокчейн (осуществляется, как правило, в процессе формирования блоков блокчейн);

б) сервис формирования расчетных транзакций в базовой криптовалюте субъектами блокчейн;

в) сервис трансляции и ретрансляции расчетных транзакций и смарт-контрактов в сети блокчейн;

г) сервис размещения расчетных транзакций и смарт-контрактов в базе блокчейн;

д) автоматическое (при заданных условиях) выполнение кода смарт-контрактов с помощью виртуальной машины блокчейн;

2) контрактный инфраструктурный уровень.

Совокупность обслуживающих систем контрактного инфраструктурного уровня представляет собой совокупность систем формирования и функционирования смарт-контрактов. На рис. 2 — обслуживающие системы инфраструктуры DeFi контрактного уровня. Они функционируют на основе технологии смарт-контрактов и предоставляют *обслуживаемым* системам следующие основные сервисы:

а) сервис формирования смарт-контрактов;

б) сервис заключения смарт-контрактов;

в) сервис исполнения смарт-контрактов;

г) сервис оборота производных криптовалютных токенов, предусмотренных смарт-контрактами;

д) сервис взаимодействия смарт-контрактов с внешней средой блокчейн. Заметим, что сервис «исполнение смарт-контракта» в некоторых случаях может не предоставляться, а вместо него может существовать сервис «автоматическое (при заданных условиях) выполнение кода смарт-контрактов с помощью виртуальной машины блокчейн», который предоставляет система блокчейн;

3) клиентский инфраструктурный уровень.

Совокупность обслуживающих систем клиентского инфраструктурного уровня представлена совокупностью систем централизованного и/или индивидуального обслуживания клиентов. На рис. 2 — обслуживающие системы инфраструктуры DeFi клиентского уровня. Они функционируют, как правило, на основе web-технологий и предоставляют *обслуживаемым* системам следующие основные сервисы:

а) обеспечения доступа к сервисам системы формирования и функционирования смарт-контрактов;

б) ведения кошельков и личных кабинетов;

в) создания, хранения и использования секретных ключей (криптографических ключей);

г) формирования финансовых документов и отчетов.

Заметим, что на рис. 2 показаны также два уровня инфраструктурной цепочки, которые не относятся к инфраструктуре DeFi:

а) уровень *вспомогательных обслуживающих систем* (системы электропитания, компьютерные сети, системы кондиционирования и т.д.), которые являются первыми *обслуживаемыми* системами в данной цепочке;



Рис. 2 / Fig. 2. Трехуровневая сервисная модель инфраструктуры DeFi / Three-Tier Service Model of DeFi Infrastructure

Источник / Source: составлено авторами / Compiled by the authors.

б) уровень конечных обслуживаемых систем, которые являются последними обслуживаемыми системами в данной цепочке.

### МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРОЦЕССОВ ОБОРОТА ВИРТУАЛЬНЫХ ФИНАНСОВЫХ ТОКЕНОВ И ФИНАНСОВЫХ КРИПТОТОКЕНОВ В DEFI

В рамках представлений о токенах и обороте токенов, предполагается [28], что в пространствах разного вида оборот токенов осуществляется с помощью соответствующих процессов: в цифровом пространстве — цифровых процессов, в вир-

туальном пространстве — виртуальных процессов, а в криптопространстве — криптопроцессов. В связи с этим оборот финансовых криптопроцессов (включая сервисные финансовые криптопроцессы), а оборот виртуальных финансовых токенов — с помощью виртуальных финансовых процессов (включая сервисные виртуальные финансовые процессы). При этом указанные виды процессов должны уметь взаимодействовать друг с другом.

На рис. 3 приведена разработанная в рамках настоящей работы модель взаимодействия некоторых обобщенных финансовых процессов (виртуального

и криптопроцесса) оборота финансовых токенов в DeFi. На рис. 3 развертывание каждого обобщенного финансового процесса включает в себя последовательное развертывание трех сервисных процессов (трех виртуальных сервисных финансовых процессов в рамках виртуального финансового процесса и трех сервисных финансовых криптопроцессов в рамках финансового криптопроцесса). Как следствие, механизм развертывания каждого финансового процесса включает в себя по три механизма развертывания сервисных финансовых процессов.

В рамках модели обобщенный виртуальный финансовый процесс оборота виртуальных финансовых токенов осуществляет (в данном случае, с помощью трех сервисных финансовых процессов) преобразование виртуальных финансовых токенов, поступающих на вход процесса, в виртуальные финансовые токены, выходящие из процесса. Соответственно, обобщенный финансовый криптопроцесс оборота финансовых криптотокенов преобразует (с помощью трех сервисных финансовых криптопроцессов) входящие финансовые крипто токены в выходящие финансовые крипто токены. Заметим, что в данном случае механизмы развертывания сервисных виртуальных финансовых процессов построены на основе Web-приложений, а механизмы развертывания сервисных финансовых криптопроцессов — на основе смарт-контрактов (но могут использовать криптоприложения распределенного реестра, расположенные в узлах пиринговой сети).

Взаимодействие виртуальных и криптопроцессов оборота финансовых токенов осуществляется с помощью специальных каналов передачи и преобразования токенов. На рис. 3 один из таких каналов преобразует:

а) виртуальные финансовые токены, поступающие с выхода виртуального финансового процесса, в финансовые крипто токены, поступающие на вход финансового криптопроцесса (предполагается, что виртуальные финансовые токены содержат информацию о правилах формирования соответствующих криптоадресов);

б) финансовые крипто токены, поступающие с выхода финансового криптопроцесса, в виртуальные финансовые токены, поступающие на вход виртуального финансового процесса (предполагается, что финансовые крипто токены содержат информацию о правилах формирования соответствующих виртуальных адресов).

## ВЫВОДЫ

DeFi является децентрализованной системой оборота цифровых финансовых токенов в виртуальном и криптопространствах, основанной на технологиях

распределенного реестра и смарт-контрактов. Под децентрализованной понимается система, подвергнутая процессу отмены или ослабления централизации посредством перераспределения и рассеивания функций субъектов и объектов от центрального местоположения или управляющего органа.

В DeFi осуществляется оборот цифровых финансовых токенов: виртуальных и криптотокенов, выпущенных на активы, документов, инструменты и деньги. Основой системы оборота цифровых финансовых токенов является одна или несколько подсистем оборота криптотокенов. В классификации цифровых финансовых токенов выделяются токены финансовых активов и документов, где токены финансовых активов делятся на токены денег и финансовых инструментов, токены денег — на токены валютных и невалютных денег, токены финансовых инструментов — на токены долговых, долевого, производных и других финансовых инструментов, а токены финансовых документов — на токены распорядительных, подтверждающих и других финансовых документов.

К факторам централизации DeFi относится концентрация структурных элементов системы и связей между ними у ограниченного круга субъектов или в определенных точках местонахождения. Особенно важное значение имеют концентрации полномочий принятия решений в отношении правил и алгоритмов системы и функции разработки механизмов развертывания процессов оборота финансовых токенов. Признаки концентрации элементов выявляются в структурной модели DeFi как совокупности подсистем оборота виртуальных финансовых токенов и финансовых криптотокенов. Концентрация каких-либо элементов системы оборота финансовых токенов приводит к риску снижения степени их децентрализации.

Степень децентрализации DeFi определяется через структуризацию системы DeFi с отнесением части подсистем к категории децентрализованных, путем расчета соотношения децентрализованного и полного оборотов цифровых финансовых токенов. Метод может быть расширен параметрами весовых коэффициентов экспертных оценок.

Инфраструктура DeFi — это совокупность обслуживающих систем, обеспечивающих основу функционирования обслуживаемых систем DeFi. В модели инфраструктуры DeFi выявлены базовый, контрактный и клиентский инфраструктурные уровни, обслуживающие системы которых взаимодействуют с обслуживаемыми системами посредством запроса и предоставления сервисов.

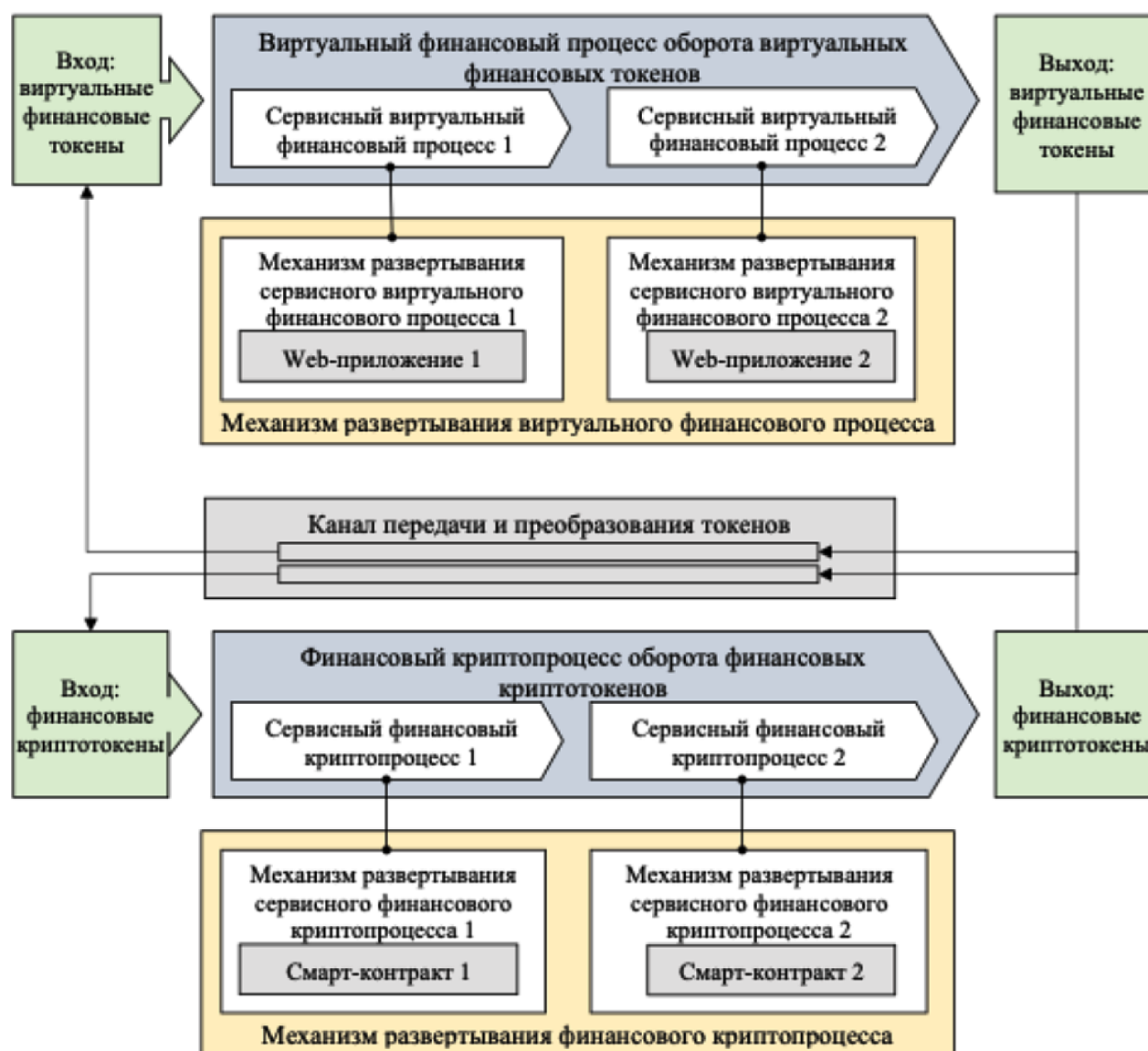


Рис. 3 / Fig. 3. Модель взаимодействия обобщенных процессов оборота финансовых токенов DeFi (виртуального и криптопроцесса) / A Model of Interaction of Generalized Processes of Turnover of Financial Tokens DeFi (Virtual and Crypto Processes)

Источник / Source: составлено авторами / Compiled by the authors.

Оборот финансовых крипто токенов в инфраструктуре DeFi осуществляется с помощью финансовых криптопроцессов и находится во взаимодействии с оборотом виртуальных финансовых токенов, модель такой интероперабельности базируется на функционировании каналов передачи и преобразования токенов.

С точки зрения практической применимости результатов исследования DeFi можно уверенно предполагать возможность децентрализации финансовой сферы в ближайшей перспективе, поскольку децентрализованные финансовые сервисы обладают важными преимуществами по сравнению с централизованными. Во-первых, по сравнению с традиционными сервисами, ис-

пользующими концентрацию полномочий в руках финансовых посредников, децентрализованная архитектура ДФС не предполагает наличия финансовых посредников и связанных с ними издержек. Во-вторых, децентрализованный и цифровой характер обработки и хранения финансовых данных обеспечивает условия для существенно большей прозрачности правил и результатов выполнения финансовых операций. В-третьих, добавление к технологии распределенного реестра смарт-контрактов позволило заключать и автоматически исполнять алгоритмически сформированные финансовые соглашения, что существенно снизило неопределенность и связанные с ней риски исполнения таких соглашений.



## БЛАГОДАРНОСТИ

Статья подготовлена по результатам исследований, выполненных за счет бюджетных средств по государственному заданию Финансовому университету при Правительстве Российской Федерации. Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The article was prepared based on the results of research carried out at the expense of budget funds under the state assignment of the Financial University under the Government of the Russian Federation. Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gudgeon L., Werner S., Perez D., Knottenbelt W. DeFi protocols for loanable funds: Interest rates, liquidity and market efficiency. In: Proc. 2<sup>nd</sup> ACM Conf. on advances in financial technologies. New York, NY: Association for Computing Machinery; 2020:92–112. DOI: 10.1145/3419614.3423254
2. Schueffel P. DeFi: Decentralized finance — an introduction and overview. *Journal of Innovation Management*. 2021;9(3):1–11. DOI: 10.24840/2183-0606\_009.003\_0001
3. Szabo N. Formalizing and securing relationships on public networks. *First Monday*. 1997;2(9). DOI: 10.5210/fm.v2i9.548
4. Szabo N. Smart contracts: Building blocks for digital markets. 2018. URL: <https://www.truevaluemetrics.org/DBpdfs/BlockChain/Nick-Szabo-Smart-Contracts-Building-Blocks-for-Digital-Markets-1996-14591.pdf> (дата обращения: 23.11.2024).
5. Swan M. Blockchain blueprint for a new economy. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, Inc.; 2015. 129 p.
6. Werner S., Perez D., Gudgeon L., et al. SoK: Decentralized finance (DeFi). In: Proc. 4<sup>th</sup> ACM Conf. on advances in financial technologies (AFT '22). New York, NY: Association for Computing Machinery; 2021:30–46. DOI: 10.1145/3558535.3559780
7. Allen H. J. \$=€=Bitcoin? *Maryland Law Review*. 2017;76(4):877–886. URL: <https://digitalcommons.law.umaryland.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3757&context=mlr> (дата обращения: 23.11.2024).
8. Reyes C. If Rockefeller were a coder. *The George Washington Law Review*. 2019;87(2):373–380. URL: <https://www.gwlr.org/wp-content/uploads/2019/04/87-Geo.-Wash.-L.-Rev.-373.pdf> (дата обращения: 23.11.2024).
9. Jensen J., von Wachter V., Ross O. How decentralized is the governance of blockchain-based finance: Empirical evidence from four governance token distributions. 2021. DOI: 10.48550/arXiv.2102.10096
10. Amler H., Eckey L., Faust S., et al. DeFi-ning DeFi: Challenges & pathway. In: 3rd Conf. on blockchain research & applications for innovative networks and services (BRAINS). New York, NY: IEEE; 2021:181–184. DOI: 10.1109/BRAINS 52497.2021.9569795
11. Zetzsche D., Arner D., Buckley R. Decentralized finance. *Journal of Financial Regulation*. 2020;6(2):172–203. DOI: 10.1093/jfr/fjaa010
12. Kumar M., Nikhil N., Singh R. Decentralising finance using decentralised blockchain oracles. In: 2020 Int. conf. for emerging technology (INCET). New York, NY: IEEE; 2020:1–4. DOI: 10.1109/INCET49848.2020.9154123
13. Grassi L., Lanfranchi D., Faes A., Renga F. Do we still need financial intermediation? The case of decentralized finance — DeFi. *Qualitative Research in Accounting & Management*. 2022;19(3):323–347. DOI: 10.1108/QRAM-03-2021-0051
14. Caldarelli G. Wrapping trust for interoperability: A preliminary study of wrapped tokens. *Information*. 2022;13(1):6. DOI: 10.3390/info13010006
15. Jensen J., von Wachter V., Ross O. An introduction to decentralized finance (DeFi). *Complex Systems Informatics and Modeling Quarterly*. 2021;(26):46–54. DOI: 10.7250/csimq.2021-26.03
16. Головин М.Ю. Мировая финансовая система: глобальные тренды и качественные изменения. *Научные труды Вольного экономического общества России*. 2022;235(3):95–104. DOI: 10.38197/2072-2060-2022-235-3-95-104
17. Медведева М.Б., Жиженко Ю.П. Децентрализованные финансы в Китае: формирование экосистемы блокчейнов и цифровой юань. *Банковские услуги*. 2023;(5):32–38. DOI: 10.36992/2075-1915\_2023\_5\_32
18. Володина В.Н., Рудакова О.С., Солдатова А.О., Стародубцева Е.Б. Дальнейший анализ формирования экосистемы «зерновых» токенов и возможность их оборота в некоторых странах ЕАЭС и БРИКС. От теории вопроса к практике применения. *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2024;67(1):43–47. DOI: 10.55186/25876740\_2024\_67\_1\_43

19. Кочергин Д. А., Иванова А. И. Стейблкойны: классификация, функциональные особенности и перспективы развития. *Журнал Новой экономической ассоциации*. 2022;(1):100–120. DOI: 10.31737/2221–2264–2022–53–1–5
20. Криничанский К. В., Зеленева Е. С. Финтех-сектор в контексте финансового развития и проблем его измерения. *Финансы: теория и практика*. 2024;28(5):121–132. DOI: 10.26794/2587–5671–2024–28–5–121–132
21. Дюдикова Е. И. Ассиметричность восприятия модернизации денежного оборота в векторе смены экономического уклада. *Интеллект. Инновации. Инвестиции*. 2023;(3):28–41. DOI: 10.25198/2077–7175–2023–3–28
22. Кузнецова В. В., Ларина О. И. Эмиссия цифровых валют центральными банками: направления развития и ключевые риски. *Финансы: теория и практика*. 2023;27(6):6–16. DOI: 10.26794/2587–5671–2023–27–6–6–16
23. Сафиуллин М. Р., Ельшин Л. А., Бурганов Р. Т. Экономический рост в России при интеграции трансграничных платежей в блокчейн-среду. *Финансы: теория и практика*. 2024;28(5):31–43. DOI: 10.26794/2587–56712024–28–5–31–43
24. Акуликин С. С., Криворучко С. В., Лопатин В. А. Методология исследования платежных инфраструктур. *Финансовые рынки и банки*. 2024;(2):95–103.
25. Акуликин С. С. Трансграничная платежная инфраструктура на основе технологий распределенного и централизованного реестров. *МИР (Модернизация. Инновации. Развитие)*. 2025;16(3):470–487. DOI: 10.18184/2079–4665.2025.16.3.470–487
26. Акуликин С. С., Криворучко С. В., Лопатин В. А. Особенности и модели функционирования платежной инфраструктуры. *Финансы и кредит*. 2025;31(2):43–60. DOI: 10.24891/фс.31.2.43
27. Акуликин С. С. Технологии распределенного и централизованного реестров как основа формирования трансграничной платежной инфраструктуры. *Банковские услуги*. 2024;(11):32–40. DOI: 10.36992/2075–1915\_2024\_11\_32

## REFERENCES

1. Gudgeon L., Werner S., Perez D., Knottenbelt W. DeFi protocols for loanable funds: Interest rates, liquidity and market efficiency. In: Proc. 2<sup>nd</sup> ACM Conf. on advances in financial technologies. New York, NY: Association for Computing Machinery; 2020:92–112. DOI: 10.1145/3419614.3423254
2. Schueffel P. DeFi: Decentralized finance — an introduction and overview. *Journal of Innovation Management*. 2021;9(3):1–11. DOI: 10.24840/2183–0606\_009.003\_0001
3. Szabo N. Formalizing and securing relationships on public networks. *First Monday*. 1997;2(9). DOI: 10.5210/fm.v2i9.548
4. Szabo N. Smart contracts: Building blocks for digital markets. 2018. URL: <https://www.truevaluemetrics.org/DBpdfs/BlockChain/Nick-Szabo-Smart-Contracts-Building-Blocks-for-Digital-Markets-1996–14591.pdf> (accessed on 23.11.2024).
5. Swan M. Blockchain blueprint for a new economy. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, Inc.; 2015. 129 p.
6. Werner S., Perez D., Gudgeon L., et al. SoK: Decentralized finance (DeFi). In: Proc. 4<sup>th</sup> ACM Conf. on advances in financial technologies (AFT '22). New York, NY: Association for Computing Machinery; 2021:30–46. DOI: 10.1145/3558535.3559780
7. Allen H. J. \$=€=Bitcoin? *Maryland Law Review*. 2017;76(4):877–886. URL: <https://digitalcommons.law.umaryland.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3757&context=mlr> (дата обращения: 23.11.2024).
8. Reyes C. If Rockefeller were a coder. *The George Washington Law Review*. 2019;87(2):373–380. URL: <https://www.gwlr.org/wp-content/uploads/2019/04/87-Geo.-Wash.-L.-Rev.-373.pdf> (дата обращения: 23.11.2024).
9. Jensen J., von Wachter V., Ross O. How decentralized is the governance of blockchain-based finance: Empirical evidence from four governance token distributions. 2021. DOI: 10.48550/arXiv.2102.10096
10. Amler H., Eckey L., Faust S., et al. DeFi-ning DeFi: Challenges & pathway. In: 3rd Conf. on blockchain research & applications for innovative networks and services (BRAINS). New York, NY: IEEE; 2021:181–184. DOI: 10.1109/BRAINS 52497.2021.9569795
11. Zetzsche D., Arner D., Buckley R. Decentralized finance. *Journal of Financial Regulation*. 2020;6(2):172–203. DOI: 10.1093/jfr/fjaa010
12. Kumar M., Nikhil N., Singh R. Decentralising finance using decentralised blockchain oracles. In: 2020 Int. conf. for emerging technology (INCET). New York, NY: IEEE; 2020:1–4. DOI: 10.1109/INCET49848.2020.9154123

13. Grassi L., Lanfranchi D., Faes A., Renga F. Do we still need financial intermediation? The case of decentralized finance — DeFi. *Qualitative Research in Accounting & Management*. 2022;19(3):323–347. DOI: 10.1108/QRAM-03-2021-0051
14. Caldarelli G. Wrapping trust for interoperability: A preliminary study of wrapped tokens. *Information*. 2022;13(1):6. DOI: 10.3390/info13010006
15. Jensen J., von Wachter V., Ross O. An introduction to decentralized finance (DeFi). *Complex Systems Informatics and Modeling Quarterly*. 2021;(26):46–54. DOI: 10.7250/csimq.2021-26.03
16. Golovnin M. Yu. The international financial system: Global trends and qualitative changes. *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2022;92(S 9): S 852–S 858. DOI: 10.1134/s1019331622150047 (In Russ.: *Nauchnye trudy Vol'nogo ekonomicheskogo obshchestva Rossii*. 2022;235(3):95–104. DOI: 10.38197/2072-2060-2022-235-3-95-104).
17. Medvedeva M.B., Zhizhenko Yu.P. Decentralized finance in China: The formation of the blockchain ecosystem and the digital yuan. *Bankovskie uslugi = Banking Services*. 2023;(5):32–38. (In Russ.). DOI: 10.36992/2075-1915\_2023\_5\_32
18. Volodina V.N., Rudakova O.S., Soldatova A.O., Starodubtseva E.B. Deeper analysis of the emergence of ecosystems of “grain” tokens and the feasibility of their circulation in some of the EAEU and BRICS countries. From theory towards implementation. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal = International Agricultural Journal*. 2024;67(1):43–47. (In Russ.). DOI: 10.55186/25876740\_2024\_67\_1\_43
19. Kochergin D.A., Ivanova A.I. Stablecoins: Classification, functional features and development prospects. *Zhurnal Novoi ekonomicheskoi assotsiatsii = Journal of the New Economic Association*. 2022;(1):100–120. (In Russ.). DOI: 10.31737/2221-2264-2022-53-1-5
20. Krinichansky K.V., Zeleneva E.S. Fintech sector in the context of financial development and problems of its measurement. *Finance: Theory and Practice*. 2024;28(5):121–132. DOI: 10.26794/2587-5671-2024-28-5-121-132
21. Dyudikova E.I. The asymmetric perception of the modernization of money turnover in the vector of changing the economic structure. *Intellekt. Innovatsii. Investitsii = Intellect. Innovation. Investments*. 2023;(3):28–41. (In Russ.). DOI: 10.25198/2077-7175-2023-3-28
22. Kuznetsova V.V., Larina O.I. Central banks digital currencies issuance: Development directions and key risks. *Finance: Theory and Practice*. 2023;27(6):6–16. DOI: 10.26794/2587-5671-2023-27-6-6-16
23. Safiullin M.R., Elshin L.A., Burganov R.T. Economic growth in Russia with the integration of cross-border payments into the blockchain environment. *Finance: Theory and Practice*. 2024;28(5):31–43. DOI: 10.26794/2587-56712024-28-5-31-43
24. Akulinkin S.S., Krivoruchko S.V., Lopatin V.A. Methodology for researching payment infrastructures. *Finansovye rynki i banki = Financial Markets and Banks*. 2024;(2):95–103. (In Russ.).
25. Akulinkin S.S. Cross-border payment infrastructure based on distributed and centralized ledger technologies. *MIR (Modernizatsiya. Innovatsii. Razvitie) = MIR (Modernization. Innovation. Research)*. 2025;16(3):470–487. (In Russ.). DOI: 10.18184/2079-4665.2025.16.3.470-487
26. Akulinkin S.S., Krivoruchko S.V., Lopatin V.A. Features and models of payment infrastructure functioning. *Finansy i kredit = Finance and Credit*. 2025;31(2):43–60. (In Russ.). DOI: 10.24891/fc.31.2.43
27. Akulinkin S.S. Distributed and centralized ledger technologies as a basis for the formation of cross-border payment infrastructure. *Bankovskie uslugi = Banking Services*. 2024;(11):32–40. (In Russ.). DOI: 10.36992/2075-1915\_2024\_11\_32

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / ABOUT THE AUTHORS



**Светлана Витальевна Криворучко** — доктор экономических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, профессор кафедры банковского дела и финансовых рынков, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

**Svetlana V. Krivoruchko** — Dr. Sci. (Econ.), Prof., Senior Researcher at the Research Center for Monetary Relations, Department of Banking and Financial Markets, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0002-6618-3095>

[krivoruchko.sv@gmail.com](mailto:krivoruchko.sv@gmail.com)



**Валерий Алексеевич Лопатин** — кандидат экономических наук, Национальный совет финансового рынка, Москва, Российская Федерация

**Valeriy A. Lopatin** — Cand. Sci. (Econ.), National Financial Market Council, Moscow, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0001-5412-0663>

valopatin@gmail.com



**Станислав Сергеевич Акуликин** — кандидат экономических наук, научный сотрудник Института финансовых исследований, доцент кафедры финансовых технологий, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

**Stanislav S. Akulinkin** — Cand. Sci. (Econ.), Research Fellow at the Institute for Financial Studies, Assoc. Prof., Department of Financial Technologies, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0001-9052-6492>

Автор для корреспонденции / Corresponding author:

akulinkin@gmail.com

#### **Заявленный вклад авторов:**

**С.В. Криворучко** — постановка проблемы, проверка достоверности результатов исследования, редактирование научного текста.

**В.А. Лопатин** — разработка концепции исследования, написание текста статьи, формирование выводов исследования.

**С.С. Акуликин** — обобщение результатов исследования, написание текста статьи, критический анализ литературы.

#### **Authors' declared contribution:**

**S.V. Krivoruchko** — problem formulation, verification of research results, editing of the scientific text.

**V.A. Lopatin** — development of the research concept, writing of the article, formulation of the research conclusions.

**S.S. Akulinkin** — generalization of research results, writing of the article, critical analysis of the literature.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflicts of Interest Statement: The authors have no conflicts of interest to declare.

Статья поступила в редакцию 27.11.2024; после рецензирования 18.12.2024; принята к публикации 22.02.2025.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The article was submitted on 27.11.2024; revised on 18.12.2024 and accepted for publication on 22.02.2025.

The authors read and approved the final version of the manuscript.