

DOI: 10.26794/2587-5671-2027-31-4-2334-01

УДК 336(045)

JEL G12, G18, G23, E42, E52, F33, F34, O36, O39

## Децентрализованное кредитование в концепции консорциумной блокчейн-сети

С.Г. Валентинов, Т.Ю. Полховская

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Российская Федерация

### АННОТАЦИЯ

Развивающаяся децентрализованная финансовая экосистема (DeFi) состоит из множества протоколов, одним из которых является кредитование, в последнее время переживающее значительный рост. Однако мотивы, движущие инвесторами, остаются в значительной степени малоизученными. Протоколы кредитования работают по заранее заданным алгоритмам. Это упрощает автоматическое предоставление кредитов и делает DeFi-платформы доступными для пользователей публичных блокчейн-сетей. Адаптация этих алгоритмов в консорциумной блокчейн-сети в парадигме законодательства государства практически не изучена. Это обуславливает актуальность исследования. **Объект** исследования – кредитование в концепциях блокчейн-сети и традиционной формы; **предмет** – факторы, определяющие децентрализованное кредитование и их взаимосвязь с традиционными финансами. **Цель** исследования – предложить архитектуру модели, на основе которой могут разрабатываться децентрализованные кредитные приложения в концепции консорциумной блокчейн-сети с нативной валютой в виде цифровой валюты центрального банка (ЦВЦБ). Основные задачи исследования: 1) определить мотивы участия экономических агентов в DeFi-кредитовании, проанализировав данные о транзакциях протокола Aave. Этот протокол, работающий на блокчейне Ethereum, является одной из ведущих экосистем DeFi по рыночной капитализации и демонстрирует быстрый рост; 2) создать математическую модель и архитектуру децентрализованного кредитования для консорциумной блокчейн-сети с нативной цифровой валютой (ЦВЦБ). В основе модели будут лежать исследования DeFi-кредитования, а также аналогичные бизнес-модели из традиционной финансовой сферы. **Результаты** исследования представлены в виде математической модели и схемы архитектуры модели децентрализованного кредитования в концепции консорциумной блокчейн-сети с нативной валютой в виде ЦВЦБ. **Ключевые слова:** кредитование; залоговое кредитование; ликвидация; децентрализованные финансы; автоматизированный алгоритм; розничный ЦВЦБ; консорциумная блокчейн-сеть

*Для цитирования:* Валентинов С.Г., Полховская Т.Ю. Децентрализованное кредитование в концепции консорциумной блокчейн-сети. *Финансы: теория и практика.* 2027;31(4). DOI: 10.26794/2587-5671-2027-31-4-2334-01

### ORIGINAL PAPER

## Decentralized Lending Within the Concept of a Consortium Blockchain Network

S.G. Valentinov, T. Yu. Polkhovskaya

Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation

### ABSTRACT

The decentralized finance (DeFi) ecosystem is a complex and ever-evolving system composed of various protocols. One of these protocols is lending, which has seen significant growth in recent times. However, the motivations behind investors' interest in this area remain largely unknown. Lending protocols operate on predefined algorithms that automatically provide loans to users, allowing them to actively participate in DeFi lending platforms on public blockchain networks. The adaptation of these algorithms to a blockchain network within the framework of state legislation has not been explored in depth. This determines the importance of the study. **The object** of the study is to compare lending in a blockchain network with traditional forms; **the subject** is to identify the factors that influence decentralized lending and its relationship with traditional finance. **The aim** of this study is to develop a model architecture that can be used to create decentralized credit applications within a consortium blockchain network that uses a native currency, such as a central bank digital currency (CBDC). **The main objectives** of this study are: 1) using data on transactions from the Aave lending protocol, one of the leading decentralized finance (DeFi) ecosystems in terms of market capitalization, to identify the motivations that drive participants to engage in DeFi lending activities; 2) based on research into the DeFi token ecosystem and its market, as well as analogues of traditional financial lending models, to develop a mathematical model and an architectural diagram for a decentralized lending system built on a consortium blockchain with a Central

© Валентинов С.Г., Полховская Т.Ю., 2026

Bank Digital Currency (CBDC) as the native currency. **The results** of the study are presented in the form of a mathematical model and a diagram of the architecture for a decentralized lending system based on a consortium blockchain network using a consortium with a native cryptocurrency, known as CBDC.

**Keywords:** Lending; collateralized borrowing; liquidations; decentralized finance; automated algorithm; retail CBDC; consortium blockchain network

**For citation:** Valentinov S.G., Polkhovskaya T. Yu. Decentralized lending within the concept of a consortium blockchain network. *Finance: Theory and Practice*. 2027;31(4). DOI: 10.26794/2587-5671-2027-31-4-2334-01

## ВВЕДЕНИЕ

DeFi-кредитование позволяет брать и давать кредиты через специальные протоколы, обходя традиционные банки и другие централизованные финансовые учреждения. С помощью DeFi-сервисов пользователи могут кредитовать или занимать цифровые активы в среде, где не требуется доверять посредникам, полагаясь на надежный и прозрачный протокол (часто открытый исходный код) [1].

Бизнес-процесс DeFi-кредитования, реализованный в виде смарт-контрактов, способен устанавливать ставки в зависимости от спроса и предложения. По состоянию на ноябрь 2025 г., кредитование вышло на первое место по общему объему заблокированной стоимости (TVL) [2] среди протоколов DeFi, превысив 68 млрд долл.

Протоколы кредитования в DeFi дают пользователям новые возможности, отличающиеся от традиционного банковского кредитования. Одна из них — анонимность, что делает традиционные методы оценки кредитоспособности, на которые полагаются традиционные банки, невыполнимыми. Но DeFi-протоколы кредитования также создают репутацию по кредитованию, которая формируется постоянным участием в кредитной деятельности на протяжении определенного времени. Стремительное развитие блокчейн-технологий и законов, регулирующих взаимное кредитование (взаимное страхование, токенизация и т.д.), и цифровые валюты центральных банков открывают путь к новой экономической экосистеме в концепции консорциумной блокчейн-сети, которая детально будет рассмотрена в данном исследовании.

G. Cornelli и другие [3] подчеркивают: традиционные практики кредитования, основанные на репутации заемщика и его финансовой устойчивости, рушатся на рынке кредитования с анонимными участниками. Однако они предполагают, что кредитные пулы с алгоритмами оценки репутации, воплощенные в виде смарт-контрактов и основанные на взаимодействии пользователей, смогут выполнять традиционные посреднические функции между заемщиками с проектами и кредиторами с доступными средствами.

Этот алгоритм оценки репутации обеспечивает здоровую конкуренцию, мотивируя пользователей к более активному участию, что способствует

созданию динамичной и устойчивой финансовой системы. Пользователи сервисов DeF-кредитования делают вклады в виде криптоактивов в пул кредитования, которые фактически выполняют те же функции, что и сберегательный счет. Таким образом, пользователи могут брать в кредит криптоактивы из пула кредитования в зависимости от того, сколько они в него вложили. Основная идея кредитования остается прежней: на заемные активы начисляются проценты по кредиту — и практически вся часть этих процентов выплачивается кредиторам активов, незначительную комиссию забирают сервис кредитования и блокчейн-сеть за транзакцию. Следовательно, кредиторы — это инвесторы, которые накапливают депозитные проценты на деньгах, которые вкладывают в сервис DeFi-кредитования. Анонимность и волатильность криптоактивов сильно влияют на механизмы управления рисками в крипто-кредитовании, делая избыточный залог ключевым инструментом управления рисками по сравнению с традиционным банковским делом. В традиционных финансах кредиты часто обеспечиваются недостаточным залогом, а основным инструментом управления рисками выступает оценка кредитоспособности заемщика. В криптосфере же ситуация иная из-за специфики цифровых активов. Волатильность — обычное явление для криптовалют. Из-за этого залог может терять в стоимости. Есть и другие ситуации, когда залог перестает соответствовать требованиям. На этот случай предусмотрен механизм ликвидации. Его выполняет третья сторона — ликвидатор. Ликвидатор частично погашает кредит, забирая часть залога. Часто он получает небольшой бонус за ликвидацию. Это стимулирует процесс и поддерживает стабильность кредитного пула [4].

DeFi-протоколы полностью декларированы смарт-контрактами, исполняемыми в среде блокчейн-сети. Это приводит к полной автоматизации процессов кредитования и заимствования. Блокчейн-сеть позволяет мгновенную выдачу кредитов и снижение транзакционных издержек по сравнению с традиционными банками, где кредитование предполагает больше ручной обработки и управления отношениями.

Очевидно, что из вышеописанного абстрактного образа DeFi-кредитования в концепции публичных

блокчейн-сетей не хватает доверия, которое позволило бы полностью легально и безопасно интегрироваться в экономическую экосистему государства. Но у консорциумных блокчейн-сетей в парадигме законодательства государства есть доверие, присущее традиционному банковскому делу. Учитывая положительные особенности DeFi-кредитования по сравнению с традиционными формами посредничества, изучение и создание гибридной модели на основе DeFi является стратегической задачей с точки зрения экономического роста. Это и формирует высокую актуальность данного исследования.

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В связи с растущей популярностью протоколов DeFi-кредитования в последнее время появилось немало исследований, посвященных изучению его разных аспектов. Многие из них направлены на характеристику поведения пользователей в протоколах кредитования и DeFi. A. Green и др. [5] создали процесс преобразования данных о транзакциях в форму, подходящую для применения в эконометрическом моделировании.

L. Heimbach и W. Huang [1], проводя углубленный анализ кредитного плеча DeFi, обнаружили, что крупнейшие и наиболее активные пользователи, как правило, имеют более высокое кредитное плечо по сравнению с другими пользователями. R. Kozhan и G. Viswanath-Natraj [6] предоставили ранние эмпирические данные кредитов, обеспеченных стейблкоинами, показывающими взаимосвязь между риском кредита и волатильностью цены стейблкоина DAI. Также L. Gudgeon и др. [7] на ранних стадиях DeFi-кредитования эмпирически исследуют данные о процентных ставках, использовании кредитных пулов (пулы ликвидности в протоколах DeFi-кредитования) и проводят исследование ликвидности рынков. A. Lehar и C. Parlour [8] обосновали стабильность пулов ликвидности, которые являются автоматически маркетмейкерами (АММ, позволяют трейдерам автоматически обменивать один криптоактив на другой в блокчейне [9]) и указывают условия, при которых АММ доминируют на рынках лимитных ордеров. A. Carroni и др. [10] подчеркнули отличия между поведением на традиционном рынке, где информированные трейдеры скрывают свои торговые намерения, и на децентрализованных биржах, где информированные трейдеры сигнализируют о своем привилегированном положении, предлагая более высокие комиссии. M. Bartoletti и др. [11] показали применение статистического анализатора в кредитных пулах для нахождения пороговых и вознаграждающих параметров, кото-

рые снижают риск невозвратных кредитов. T. Rivera и др. [12] обосновали, что структуры фиксированных процентных ставок в DeFi-кредитовании играют меньшую роль по сравнению со структурами традиционных кредитных платформ. Была проделана работа по расчету коэффициента финансового здоровья на уровне счетов [13].

В большинстве статей на тему протоколов DeFi-кредитования исследуется присущая им уязвимость. Описывается системная уязвимость рынков кредитования DeFi, когда ликвидаторы продают залог и тем самым еще больше влияют на цены, вызывая каскадную ликвидацию других кредитов [14]. Выявляется системный риск при определенном использовании протокола DeFi-кредитования [15].

Для сравнительного анализа с рынками репо, обеспеченных частными ценными бумагами, была использована работа [16].

Касательно консорциумной блокчейн-сети (термин будет раскрыт далее) одним из соавторов в работе «Децентрализованные финансы: справедливая экономика» [17] была обоснована стратегическая значимость внедрения консорциумной блокчейн-сети в экономику России. Это нововведение, основанное на законодательстве РФ, может существенно способствовать экономическому росту (рис. 1).

**Цель** данного исследования — предложить архитектуру модели, на основе которой могут разрабатываться децентрализованные кредитные приложения в концепции консорциумной блокчейн-сети с нативной валютой в виде ЦВЦБ. Основные задачи исследования:

1. Выявить мотивы, побуждающие экономических агентов участвовать в деятельности DeFi-кредитования, путем анализа данных о транзакциях протокола кредитования Aave<sup>1</sup>, который в настоящее время входит в число ведущих экосистем DeFi по рыночной капитализации токенов<sup>2</sup>, развернутого на блокчейн Ethereum, и показывает быстрый рост с макроэкономической точки зрения.

2. Сформировать математическую модель и схему архитектуры модели децентрализованного кредитования в концепции консорциумной блокчейн-сети с нативной валютой в виде ЦВЦБ, опираясь на исследования, касающиеся экосистемы токенов DeFi-кредитования в отношении рынка, а также на близкие аналоги бизнес-моделей DeFi-кредитования из традиционной финансовой сферы.

<sup>1</sup> Aave Token ecosystem. URL: <https://aave.com/> (дата обращения: 10.03.2026).

<sup>2</sup> Top Lending & Borrowing Tokens by Market Capitalization. CoinMarketCap. URL: <https://coinmarketcap.com/view/lending-borrowing/> (дата обращения: 10.03.2026).

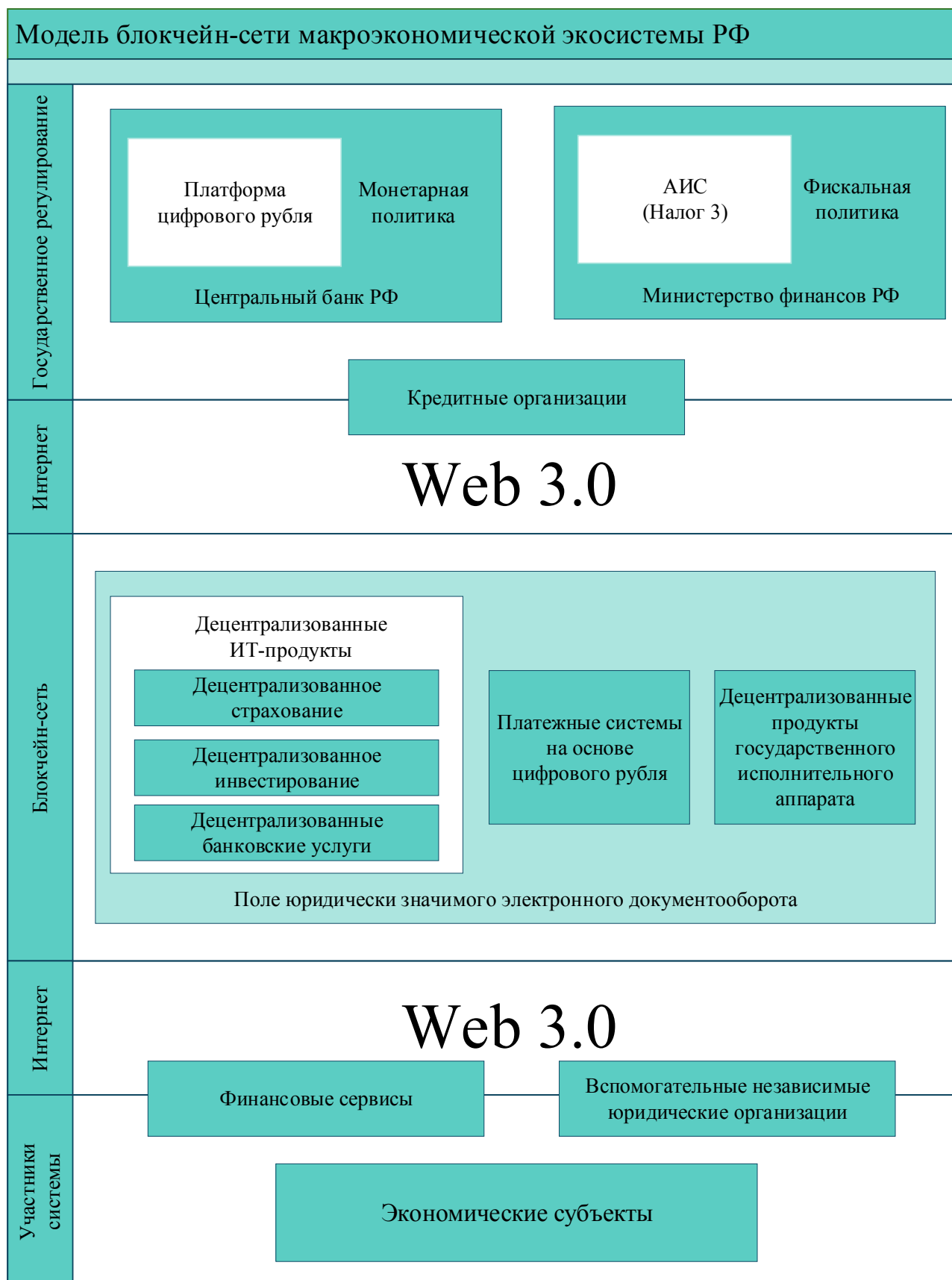


Рис. 1 / Fig. 1. Модель консорциумной блокчейн-сети макроэкономической экосистемы Российской Федерации / The Model of a Consortium Blockchain Network for the Macroeconomic Ecosystem of the Russian Federation

Источник / Source: авторская разработка / Authoring.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В данном исследовании используются первичные данные, сформированные на основе адресов блокчейн-сети Ethereum, поскольку адреса являются эквивалентом счетов в традиционных финансах, которые затем анализируются визуальным методом. Каждая транзакция DeFi связана с адресом, который может быть либо внешним счетом (EOA), либо смарт-контрактом. Данные собраны на транзакционном уровне блокчейн-сети Ethereum с помощью платформы The Graph<sup>3</sup>. Они охватывают деятельность протокола кредитования Aave V3, состоящего из шести типов транзакций: депозитов, залогов, снятия средств, заимствований, погашений и ликвидаций, произошедших в период с 1 января 2022 г. по 31 ноября 2025 г. Чтобы различать EOA и смарт-контракты, мы получили данные адресов блокчейна от Amberdata<sup>4</sup> для каждого адреса, присутствующего в представленных данных. Aave V3 протокол развернутого в блокчейн-сети Ethereum не охватывает всю деятельность DeFi-кредитования, но так как протокол Aave V3 на ноябрь 2025 г. составляет более 60% от TVL DeFi-кредитования, то его данные представляют собой репрезентативную выборку для анализа.

Разработка архитектуры модели децентрализованного кредитования в концепции консорциумной блокчейн-сети была основана на методологии, предложенной I. Giannakouros [18], где автор детально рассматривает механизм связи между разработкой рынка на основе токенов и созданием новой экономической экосистемы на уровне страны. Структурный аспект данного метода является объектом рыночного дизайна, состоящего в основном из типологии экономических агентов экосистемы, внешних зависимостей и транзакционных путей, типологии токенов, участвующих в данных транзакционных путях. Основные факторы, определяющие рыночный дизайн: плотность, перегруженность, безопасность, удобство использования, социальные нормы — были объяснены в контексте экосистемы токенов.

Научный аппарат включал методы анализа и синтеза протокола DeFi-кредитования Aave V3.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В данном исследовании анализ и разбор структуры протокола DeFi-кредитования осуществляется на основе деятельности и организации Aave V3 протокола, развернутого в блокчейн-сети Ethereum. Перед тем как проектировать архитектуру модели протокола кредитования в концепции консорциумной блокчейн-сети с нативной валютой в виде

ЦВЦБ путем проекции действующей и активно развивающейся концепции DeFi кредитования, в публичных блокчейн-сетях необходима оценка процессов кредитования DeFi, которая основывается на причинах, привлекающих инвесторов к этим платформам. Учитывая необходимость избыточного обеспечения при кредитовании DeFi, возникают очевидные вопросы: зачем брать в долг, а не просто продать актив? почему на этих платформах имеется заемная деятельность?

Анализ мы начинаем с визуализации сводной статистики нашей выборки данных.

График отчетливо показывает стремительный и стабильный рост объема рынка DeFi-кредитования с макроэкономической точки зрения, что доказывает его важную роль в экономической экосистеме.

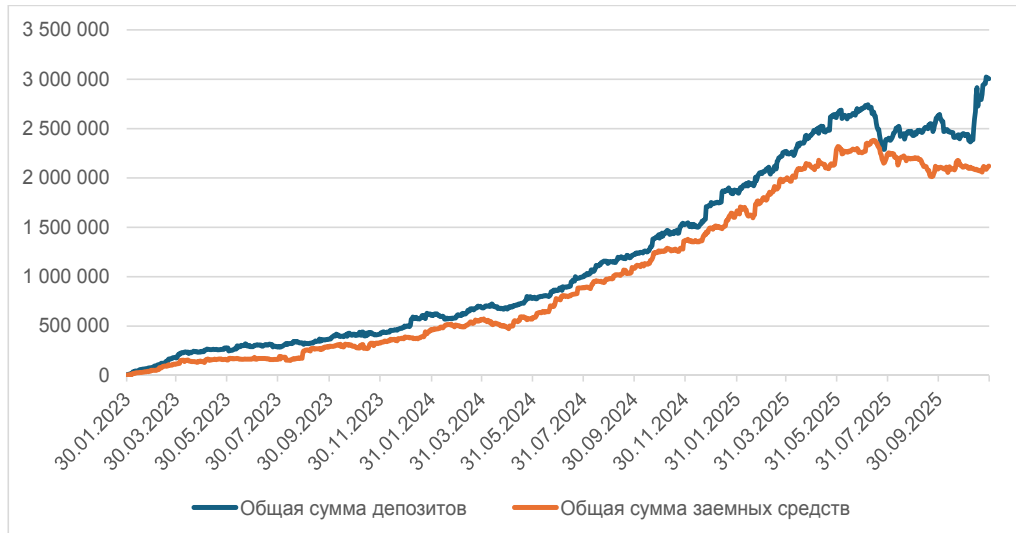
Чтобы понять, как ведут себя пользователи DeFi-кредитования, нужно разобраться в особенностях этого рынка и выдвинуть гипотезы о мотивах их участия в платформах DeFi. Это понимание основывается на анализе деятельности Aave — устоявшейся экосистемы, которая прошла три поколения и поддерживает смарт-контракты для управления токенами. Aave работает как децентрализованный денежный рынок без депозитарного хранения. Основываясь на документации, Aave, с точки зрения финансов, — это рынок капитала для краткосрочной ликвидности и долгосрочного финансирования, артефактами которого являются токены. А так как мы рассматриваем блокчейн-сети, производные от Ethereum, необходимо учитывать, что таким образом обеспечивается совместимость и конвертируемость токенов за счет общего механизма исполнения смарт-контрактов, реализованных в виде виртуальной машины, что приведет к формированию широкого многообразия трансграничных бизнес-процессов.

Возвращаемся к построению очевидных гипотез мотива пользователей участвовать в DeFi-кредитовании, основанном на полученных данных и использовании работы ведущих авторов в данной тематике (в тесте нет необходимости приводить эти гипотезы, так как для нашей цели нужна только общая картина мотивов пользователей).

На рынке DeFi-лендинга преобладают токены двух типов (рис. 2 и 3): «обвертки» криптовалют и фиатные деньги. При этом первые являются волатильными, а вторые — стейблкоинами. На этом и строится одна из основных схем займа при полном залоге, а зачастую и превышающая их. Учитывая многообразный рынок DeFi-продуктов, причин, по которым участники платформы DeFi могут решить взять кредит из кредитного пула, множество. Существует большое количество участников, различаю-

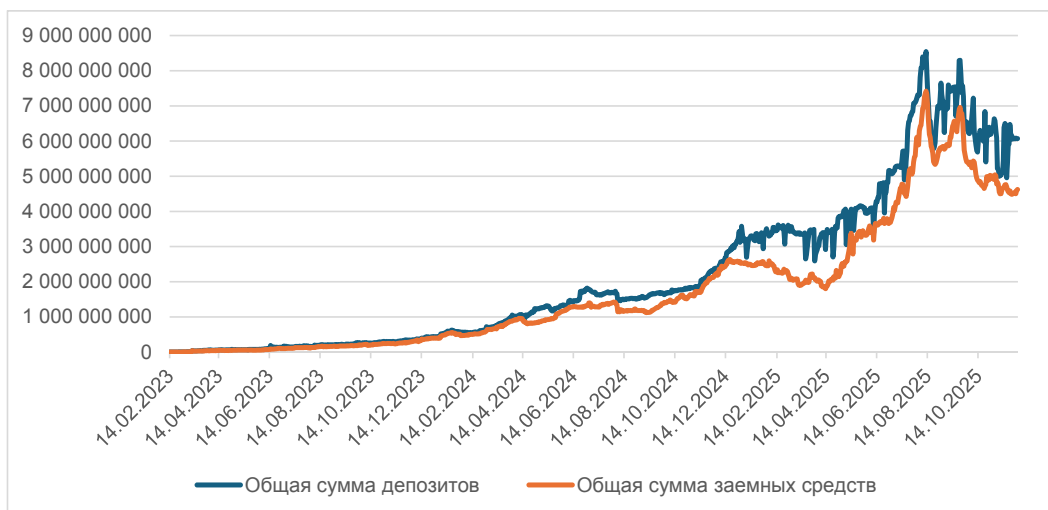
<sup>3</sup> URL: <https://thegraph.com/> (дата обращения: 10.03.2026).

<sup>4</sup> URL: <https://www.amberdata.io/> (дата обращения: 10.03.2026).



**Рис. 2 / Fig. 2. График развития протокола AAVE (DeFi-кредитования) Ethereum V3, выраженный в TVL токена WETH (обертка ETH) / AAVE Protocol (DeFi lending) Ethereum V3 Development Chart Expressed in TVL of WETH Token (ETH Wrapper)**

*Источник / Source:* расчеты авторов на основе данных публичных блокчейн-сетей / The authors' calculations based on data from public blockchain networks.



**Рис. 3 / Fig. 3. График развития протокола AAVE (DeFi-кредитования) версии Ethereum V3, выраженный в TVL токена USDT (стейблкоин) / AAVE Protocol (DeFi Lending) Development Schedule for Ethereum V3 Expressed in TVL of USDT Token (Stablecoin)**

*Источник / Source:* расчеты авторов на основе данных публичных блокчейн-сетей / The authors' calculations based on data from public blockchain networks.

щихся по навыкам и объемам их инвестиций, но выделим базовые гипотезы причин бизнес-процессов, побуждающих участвовать в DeFi-кредитовании:

- депонировать токены в DeFi-кредитование для пассивного получения процентов аналогично депозитам «до востребования» в банках;
- заимствовать токены для усиления прибыли волатильности. Например, если владелец волатильного токена А будет полагать, что его токены вырастут в цене, то он их оставит в залог, взяв в долг стейблкоины, затем, обменяв эти стейблко-

ины на токены, А получит большую прибыль, если его прогноз верен;

- стейблкоины могут являться пулом взаимного страхования, капиталом организации и т.п., и чтобы не терять возможность участвовать в централизованных/децентрализованных биржах или финансировать другую область, их закладывают (финансовый менеджмент на основе криптоактивов);
- протоколы DeFi-кредитования имеют собственные рынки, на которых участники могут получать прибыль.

В работе [17] был разобран процесс токенизации, реализованный в консорциумной блокчейн-сети и его роли в экономике России, а также процесс его регулирования государством. Основываясь на этом, можно с уверенностью сказать, что сегодняшнее DeFi-кредитование, работающее с токенами «обвертками» криптовалют (WETH, WBTC и т.д.) и стейблкоинами (USDT и т.д.), будут эволюционировать путем вовлечения активов из реального мира. Этому будет способствовать развитие вышеупомянутой консорциумной блокчейн-сети, принимающей парадигму рынков капитала на уровне законодательной базы страны. Токенизация даст возможность инвесторам оперировать любыми активами реального мира путем их регистрации как цифрового актива, который принимает форму токена. Эта эволюция подчеркивает стратегическое значение исследования DeFi-кредитования в концепции консорциумной блокчейн-сети с нативной валютой в виде ЦВЦБ, которой посвящено данное исследование.

### МОДЕЛЬ

DeFi-кредит (с точки зрения реализации как класс) — это смарт-контракт, в котором заключены условия договора между заемщиком и кредитором. Основа договора составляет количество единиц  $B_0$ , заимствованных токенов в момент времени  $t = 0$  под залог  $C_0$  единиц токенов. В DeFi-кредитовании управление риском, как и в традиционных финансах, является критически важной задачей, если, не углубляясь в детали и сопоставляя бизнес-модели традиционных кредитных организаций с DeFi-кредитованием, они будут соответствовать репо и ломбардным кредитам. Но наш вывод по данной проблематике, который совпал с результатом работы L. Neimbach и W. Huang [1], показал, что репо и заимствования ценных бумаг имеют большие отличия от DeFi-кредитования. Из этого следует, что остается только модель ломбардных кредитов, сопоставимая с моделью DeFi-кредитования. В протоколах DeFi-кредитования определенные участники выполняют роль ликвидаторов долгов, функции секьюритизации за определенный бонус, получаемый от ликвидированного залога. Как было раньше сказано, наше исследование опирается на протокол DeFi-кредитования — AAVE, который является экосистемой управления токенов стандарта ERC-20<sup>5</sup> в рамках финансовой теории кредита. ERC-20 вводит стандарт для взаимозаменяемых токенов. Мы можем выразить спотовую цену залога в единицах

кредита, равную  $p_t$ , где общая стоимость залога по кредиту в момент времени  $t$  определяется как  $C_t p_t$ . Для упрощения читаемости выражений обозначим начальную рыночную стоимость залога в момент времени  $t$  как  $Cl_0 = C_0 \cdot p_0$  и  $Cl_t = C_t \cdot p_t$ . На платформах DeFi-кредитования кредит выдается под залог с учетом коэффициента «кредит к стоимости» (eng. loan-to-value LTV). Обозначим его  $Ltv$ . Например, в Aave v3 коэффициент  $Ltv$  токена WETH равен 0,8. Это означает, что при стоимости залога  $Cl_0$  в 1000 USDC можно получить кредит в размере до 800 USDC. Следовательно, залоговый дисконт (eng. haircut) обозначим  $Hc$ , равный  $1 - Ltv$ , будет составлять 0,2, тогда  $Ltv = 1 - Hc$  и  $B_0$  не будет превышать  $Cl_0 \cdot Ltv$ . Согласно теории кредита: текущая долговая позиция ( $Dp$ ) заемщика в момент времени  $t$ , увеличивающаяся за счет постоянно начисляемых процентов по кредиту ( $i_b$ ), определяется выражением (в упрощенной форме  $i_b$  является константой):

$$Dp_t = B_0 \cdot e^{i_b t} = Cl_0 \cdot Ltv \cdot e^{i_b t}. \quad (1)$$

Фактор риска ( $Ef$ ) является отношением текущей задолженности к текущей стоимости залога:

$$Ef_t = \frac{Dp_t}{Cl_t} = \frac{Cl_0 \cdot Ltv \cdot e^{i_b t}}{Cl_t}. \quad (2)$$

Критическое значение, при котором платформа DeFi-кредитования считает долговую позицию существенно недообеспеченной, является порогом ликвидации ( $LTh$ ) и определяется равенством  $LTh = Ef_{critical}$ ,  $LTh \in (0,1)$ . Следовательно, чем дальше порог ликвидации от фактора риска, тем надежнее кредит, что позволяет прогнозировать ситуацию обеспеченности кредита, отслеживая, изменяя фактор риска.

Пока  $B_t < Cl_t$  у заемщика, есть стимул для освобождения кредита (вернуть долг). Секьюритизация, обеспеченная активами, подвержена рыночному риску, связанному с залогом, эта проблема решается путем предоставления избыточного залога. В алгоритмах протоколов DeFi-кредитования вводится понятие «заемная способность заемщика», которое определяется формулой  $Bc_t = Cl_t \cdot LTh$ . При условии  $Bc_t \geq B_t$  платформа DeFi-кредитования считает долговую позицию здоровой, следовательно, отношение заемной способности заемщика к начальной базе заимствования называется «фактор здоровья» и выражается формулой:

$$Hf_t = \frac{Bc_t}{B_t} = \frac{Cl_t \cdot LTh}{B_t} = \frac{Cl_t \cdot LTh}{Cl_0 \cdot Ltv} = \frac{Cl_t \cdot LTh}{Cl_0 \cdot (1 - Hc)}. \quad (3)$$

<sup>5</sup> URL: <https://ethereum.org/ru/developers/docs/standards/tokens/erc-20/> (дата обращения: 10.03.2026).

Таким образом, кредит считается здоровым, если

$$\frac{Cl_t \cdot LTh}{Cl_0 \cdot (1 - Hc)} \geq 1. \quad (4)$$

В традиционной финансовой практике при предоставлении ломбардных кредитов применяется механизм «требования дополнительного обеспечения». В качестве эталонного показателя риска используется процент эрозии маржи. Этот процент рассчитывается как отношение разности между начальной рыночной стоимостью залога и рыночной стоимостью залога в момент времени  $t$  к начальной марже. В контексте DeFi-кредитования этот показатель можно выразить следующим образом:

$$\begin{aligned} Me_t &= \frac{Cl_0 - Cl_t}{Cl_0 \cdot Hc} \Rightarrow \\ Me_t \cdot Cl_0 \cdot Hc &= Cl_0 - Cl_t \Rightarrow \\ Cl_t &= Cl_0 (1 - Me_t \cdot Hc). \end{aligned} \quad (5)$$

Подставляя выражение (5) в определение фактора (3) здоровья и учитывая выражение (4), получим следующее:

$$Me_{critical} = \frac{LTh - 1 + Hc}{LTh \cdot Hc}. \quad (6)$$

В консорциумной блокчейн-сети на основе законодательства государства модель DeFi-кредитования приобретает гибридную форму (объединение DeFi-кредитования и традиционного банковского кредитования) за счет добавления финансовых механизмов традиционной банковской деятельности, которые позволяют зарабатывать на риске ( $B_t > Cl_t$ ). При этом расширяются роли участников DeFi-кредитования (будут детально представлены далее).

По аналогии с традиционным банковским делом необходимо определить риск дефицита ликвидности, возникающий в результате структурного несоответствия между совокупными обязательствами и активами, который самостраховывается наличием в постоянном распоряжении незадействованного капитала в размере, достаточном для покрытия вероятных неблагоприятных изменений в своей деятельности. Способ расчета данного страхующего капитала зависит от юрисдикции и политики конкретной платформы DeFi-кредитования. В общем случае он заключается в умножении каждой кредитной экспозиции (eng. credit exposure)  $CE_i = B_t - Cl_t$  на «весовой коэффициент риска»  $W_i$ , специфичный для данной кредитной позиции<sup>6</sup>.

$$RWA_i = CE_i \cdot W_i, \quad (7)$$

где  $RWA_i$  — актив, взвешенный по риску (eng. risk-weighted-asset).

Суммирование всех  $RWA_i$  дает нормативные требования к капиталу платформы DeFi-кредитования (под кредитный риск).

$$Capital_{Credit Risk} = k \cdot \sum_i RWA_i, \quad (8)$$

где  $k$  — коэффициент, определяющий строгость капитала под кредитный риск, специфичный для конкретной платформы DeFi-кредитования.

Капитал под кредитный риск используется аналитиками для оценки доходности по активам, взвешенным с учетом риска (eng. return on risk-weighted-assets)<sup>7</sup>:

$$RoRWA = \frac{Profit}{\sum_i RWA_i}. \quad (9)$$

Выражение (9) является показателем рентабельности, которое можно использовать как параметр функции  $sh = f(RoRWA)$ ,  $sh \in (0, 1)$ , определяющей смещение значения функции (6). Следовательно, получаем:

$$Me_{critical} = sh \cdot \frac{LTh - 1 + Hc}{LTh \cdot Hc}. \quad (10)$$

Как только это значение достигается по аналогии с кредитами в традиционном финансировании, платформы DeFi-кредитования могут сделать вывод о дефолте заемщика и установить статус актива (адреса смарт-контракта в блокчейн-сети), имеющего долговую позицию как «свободный для ликвидации», и уведомить об этом всех активных ликвидаторов. Это, в свою очередь, позволит им выкупать определенную долю, выраженную  $f(0, F)$ ,  $F \in (0, 1)$  с определенной скидкой. Доля  $f$  называется «коэффициентом ликвидации». Оставшаяся часть долга запускает процесс, аналогичный процессу взыскания банковского долга, который должен быть максимально автоматизирован с помощью смарт-контрактов.

После исследования поведения участников DeFi-кредитования в публичных блокчейн-сетях и описания математической модели DeFi-кредитования, в соответствии с методологией была спроектирована архитектура модели DeFi-кредитования в концепции консорциумной блокчейн-сети (рис. 4).

<sup>6</sup> Risk-based capital requirements. URL: <https://www.bis.org/baselframework/chapter/RBC/20.htm> (дата обращения: 10.03.2026).

<sup>7</sup> Return on Risk Adjusted Capital. URL: <https://www.investopedia.com/terms/r/rorac.asp> (дата обращения: 10.03.2026).

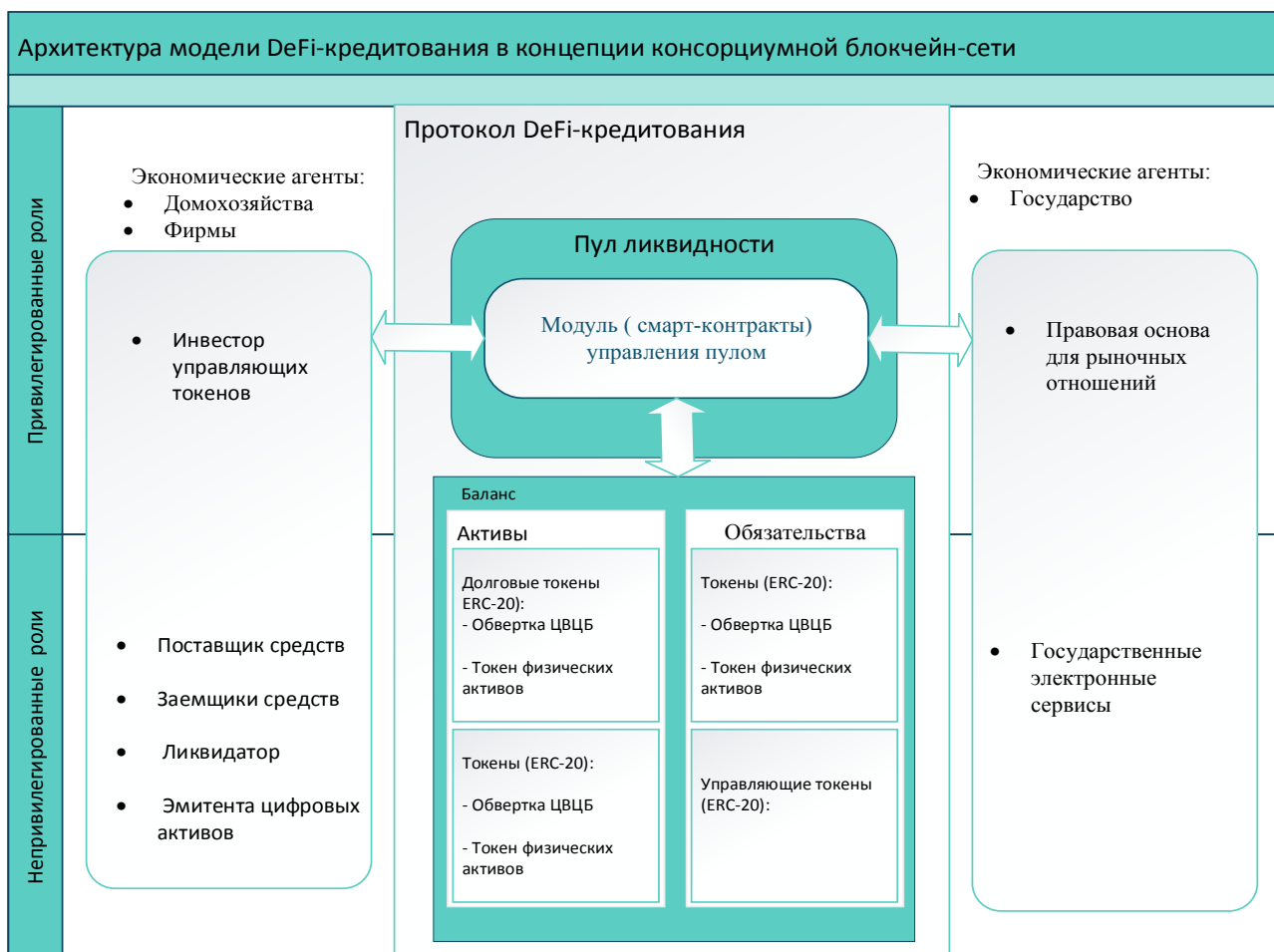


Рис. 4 / Fig. 4. Архитектура модели децентрализованного кредитования в концепции консорциумной блокчейн-сети с нативной валютой в виде ЦВЦБ / Architecture of a Decentralized Lending Model in the Concept of a Consortium Blockchain Network with a Native Currency in the Form of CBDC

Источник / Source: авторская разработка / Authoring.

Консорциумные блокчейн-сети являются частично децентрализованными, поскольку контролируются группой организаций и используются в отраслях, где необходимо сотрудничество нескольких сторон. Консорциумные блокчейн-сети могут быть публичными или частными, но обычно они являются частными [19, с. 6–11].

Данная архитектура блокчейн-сети значительно расширяет возможности DeFi-продуктов за счет объединения лучших качеств традиционных финансов и современных блокчейн-технологий. В большей степени объединение происходит за счет проекции функционала традиционных финансовых посредников в автоматизированные модули, состоящие из смарт-контрактов, что приводит к порождению новых моделей предоставления финансовых услуг. При проектировании архитектуры модели DeFi-кредитования были определены все возможные типы экономических агентов, соединяющие их транзакционные пути. Важно подчеркнуть, что одним из основных типов экономических агентов данной модели яв-

ляется государство, в отличие от публичной модели DeFi-кредитования. Использование федеральной государственной информационной системы расширяет модель управления рисками, что приводит к максимальной эффективности и надежности реализации финансовых бизнес-процессов. Также архитектура представленной модели консорциумной блокчейн-сети основана на концепции цифровых валют центральных банков (ЦВЦБ), которая открывает новые горизонты в проектировании децентрализованных приложений.

В своей работе В.В. Калухова и М.В. Дугаев [20] обосновали значимую роль ЦВЦБ в условиях глобальной цифровизации, позволяя государствам контролировать транзакции и поддерживать экономическую стабильность. Концепция интеграции механизма модуля ЦВЦБ в блокчейн-сеть на примере цифрового рубля была описана и обоснована с точки зрения надежности, безопасности и оптимальности авторами в работе «Децентрализованные финансы: платежная система на основе цифрового рубля» [21].

Токенизация активов реального мира (недвижимость и т.д.) на законодательном уровне позволит расширить возможности DeFi-кредитования.

Становится предельно понятно, что это уход от анонимности, и в некоторых ситуациях это считается положительным качеством. Но, с другой стороны, модель консорциумной блокчейн-сети предоставит доступ к цифровой экосистеме государства, которая даст возможность вывести DeFi-кредитование на новый уровень с точки зрения экономического роста. Также финансовая инклюзивность, являющаяся одним из основных принципов DeFi, детально представленная в концепции DeFi в работе [22], будет способствовать экономическому развитию.

Представленная архитектура модели является базовой, поскольку это шаблон для децентрализованных приложений, развернутых в консорциумной блокчейн-сети под управлением децентрализованной автономной организации. Также она лежит в рамках таких традиционных финансовых парадигм, как ломбардные кредиты и секьюритизация, обеспеченная активами и частными рынками долговых обязательств.

С технической точки зрения реализация бизнес-логики данной модели состоит из протоколов (логической цепочкой смарт-контрактов) прикладного уровня, развернутых в виртуальной машине блокчейн-сети, производной от блокчейн Ethereum. Следовательно, все ее артефакты (токены, смарт-контракты и т.д.) могут взаимодействовать с любыми другими протоколами (страхования, инвестирования и т.д.). Это позволит строить безопасную и надежную финансовую экосистему, исключая всех посредников, несущих нестабильность и уязвимость, вследствие чего значительно снижается стоимость транзакции и увеличивается ее скорость и надежность.

С точки зрения бизнеса модель позиционируется как рынок капитала для краткосрочной ликвидности и долгосрочного финансирования. В ее основе лежат пулы кредитования, которые образуют ядро DeFi-кредитования. Они определяют бизнес-логику в виде смарт-контрактов, в обязанности которых, помимо функций пулов ликвидности (АММ, формирование связей между внутренними и внешними рынками, обеспечивающими платформу актуальными сведениями и т.д.), входит функциональный модуль, который обеспечивает платформу кредитования всем необходимым функционалом кредитного сервиса (поставлять и снимать средства, получая проценты, занимать средства под залог и т.д.). К каждому пулу прикреплено хранилище, именуемое резервом.

Базовые роли экономических агентов делятся на два вида, которые не исключают группирования друг с другом:

Непривилегированные виды ролей, которыми наделяются участники платформы DeFi-кредитования, реализующие данную модель:

- Поставщик средств, участник с данной ролью депонирует допустимые токены в пул ликвидности, платформы, их депозит непрерывно увеличивается в зависимости от начисляемой процентной ставки.
- Заемщик средств, участник с данной ролью берет кредит, номинированный в одном из допустимых токенов пула ликвидности платформы, выплачивая определенный процент от кредита.
- Ликвидатор, участник с данной ролью имеет возможность погашать непогашенный кредит и приобретает покрывающий залог с заранее определенной скидкой.
- Ролью эмитента цифровых активов наделяются организации, способные токенизировать физические активы в соответствии с национальным законодательством.
- Участники, входящие в состав децентрализованной автономной организации, используют привилегированные роли.
- Инвестор управляющих токенов, принимающий решения (голосование и т.п.) по стратегии, операционным вопросам и инвестициям. Приобретение управляющих токенов зависит от реализации платформы DeFi-кредитования, и данная роль может быть значительно расширена.

## ВЫВОДЫ

Исследование посвящено анализу поведения инвесторов в протоколах DeFi-кредитования и определению основных факторов, определяющих посредническую деятельность DeFi. Для этого мы использовали детализированные данные на уровне транзакций от Aave, одного из наиболее заметных игроков в сфере DeFi-кредитования. Выявлено, что основной мотив заимствования, как розничных, так и крупных инвесторов, обусловлен спекулятивными мотивами, стремлением к потенциально высокой доходности за счет использования кредитного плеча, движения рынка и спекуляций на ценах. Также риск ликвидации и последующие потенциальные убытки побуждают заемщиков обеспечивать значительный запас прочности залога.

Факторы отраслевой практики<sup>8</sup>, влияющие на каждый элемент структуры децентрализованного кредитования, также подробно проанализированы

<sup>8</sup> Факторы отраслевой практики — это совокупность условий и характеристик, которые формируют среду ведения бизнеса в конкретной отрасли и определяют поведение участников рынка.

и продемонстрированы. На основе данного анализа и научной литературы представлена математическая модель децентрализованного кредитования, определенная в финансовых парадигмах ломбардного кредитования и секьюритизации, обеспеченной активами.

Исходя из полученного анализа архитектуры протокола DeFi-кредитования и математической модели в соответствии с методологией, мы спроектировали архитектуру модели DeFi-кредитования в концепции консорциумной блокчейн-сети с на-

тивной валютой в виде ЦВЦБ. Смещение блокчейн-технологий и традиционных финансов дает эволютивный финансовый продукт, способный значительно улучшить качество кредитования с точки зрения экономического роста.

Результаты работы могут быть полезны для специалистов по финансовому инжинирингу при проектировании DeFi-продуктов в концепции консорциумной блокчейн-сети, а также широкому кругу исследователей и разработчиков программного обеспечения в области финансовых технологий.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Heimbach L., Huang W. DeFi leverage. *SSRN Electronic Journal*. 2023. DOI: 10.2139/ssrn.4459384
2. Saggese P., Fröwis M., Kitzler S., Haslhofer B., Auer R. Towards verifiability of total value locked (TVL) in decentralized finance. In: 2025 IEEE Int. conf. on blockchain and cryptocurrency (ICBC). (Pisa, June 02-06, 2025). New York, NY: IEEE; 2025:1-9. DOI: 10.1109/icbc64466.2025.11114539
3. Cornelli G., Gambacorta L., Garratt R., Reghezza A. Why DeFi lending? Evidence from Aave V2. *Journal of Financial Intermediation*. 2025;63:101166. DOI: 10.1016/j.jfi.2025.101166
4. Moallemi C., Patange U. An analysis of fixed-spread liquidation lending in DeFi. In: Budurushi J., et al. Financial cryptography and data security. FC 2024 International workshops (FC 2024). Cham: Springer; 2024:105-127. (Lecture notes in computer science. Vol. 14746). DOI: 10.1007/978-3-031-69231-4\_8
5. Green A., Cammilleri C., Erickson J.S, Seneviratne O., Bennett K.P. DeFi survival analysis: Insights into risks and user behaviors. In: Pardalos P., Kotsireas I., Guo Y., Knottenbelt W., eds. Mathematical research for blockchain economy (MARBLE 2022). Cham: Springer; 2023:127-141. (Lecture notes in operations research). DOI: 10.1007/978-3-031-18679-0\_8
6. Kozhan R., Viswanath-Natraj G. Decentralized stablecoins and collateral risk. *SSRN Electronic Journal*. 2021. DOI: 10.2139/ssrn.3866975
7. Gudgeon L., Werner S., Perez D., Knottenbelt W.J. DeFi protocols for loanable funds. In: Proc. 2<sup>nd</sup> ACM Conf. on advances in financial technologies (AFT'20). New York, NY: ACM; 2020:92-112. DOI: 10.1145/3419614.3423254
8. Lehar A., Parlour C. Decentralized exchange: The Uniswap automated market maker. *The Journal of Finance*. 2025;80(1):321-374. DOI: 10.1111/jofi.13405
9. Майоров И.С. Автоматический маркет-мейкер — альтернатива традиционным биржевым моделям? *Экономическая политика*. 2022;17(6):112-139. DOI: 10.18288/1994-5124-2022-6-112-139  
Mayorov S.I. Is an automated market maker an alternative to fiat trading protocols? *Ekonomicheskaya politika = Economic Policy*. 2022;17(6):112-139. (In Russ.). DOI: 10.18288/1994-5124-2022-6-112-139
10. Capponi A., Jia R., Wang Y. Blockchain private pools and price discovery. *AEA Papers and Proceedings*. 2023;113:253-256. DOI: 10.1257/pandp.20231030
11. Bartoletti M., Chiang J., Junntila T., et al. Formal analysis of lending pools in decentralized finance. In: Leveraging applications of formal methods, verification and validation. Adaptation and learning. Proc. 11<sup>th</sup> Int. symp. (ISoLA 2022). (Rhodes, October 22-30, 2022). Pt. III. New York, NY: ACM; 2022:335-355. DOI: 10.1007/978-3-031-19759-8\_21
12. Rivera T., Saleh F., Vandeweyer Q. Equilibrium in a DeFi lending market. *SSRN Electronic Journal*. 2023. DOI: 10.2139/ssrn.4389890
13. Mueller P. DeFi leveraged trading: Inequitable costs of decentralization. *SSRN Electronic Journal*. 2022. DOI: 10.2139/ssrn.4241356
14. Lehar A., Parlour C.A. Systemic fragility in decentralized markets. *SSRN Electronic Journal*. 2022. DOI: 10.2139/ssrn.4164833
15. Qin K., Zhou L., Gamito P., Jovanovic P., Gervais A. An empirical study of DeFi liquidations: Incentives, risks, and instabilities. In: Proc. 21<sup>st</sup> ACM Internet measurement conf. New York, NY: ACM; 2021:336-350. DOI: 10.1145/3487552.3487811
16. Krishnamurthy A., Nagel S., Orlov D. Sizing up Repo. *The Journal of Finance*. 2014;69(6):2381-2417. DOI: 10.1111/jofi.12168

17. Валентинов С.Г. Децентрализованные финансы: справедливая экономика. *Фундаментальные исследования*. 2025;(3):8-16. DOI: 10.17513/fr.43790  
Valentinov S.G. Decentralized finance: A fair economy. *Fundamental'nye issledovaniya = Fundamental Research*. 2025;(3):8-16. (In Russ.). DOI: 10.17513/fr.43790
18. Giannakouros I. Market design. In: Cryptocurrencies and tradable crypto-tokens: Introduction to the sector's economic design. Cham: Springer; 2025:129-159. (Future of business and finance). DOI: 10.1007/978-3-031-98423-5\_6
19. Krishnan V. The essential guide to Web3: Develop, deploy, and manage distributed applications on the Ethereum network. Birmingham: Packt Publishing Ltd; 2023. 366 p.
20. Калухов В.В., Дугаев М.В. Цифровой рубль в России и мире. *Финансы: теория и практика*. 2025;29(6):62-76. DOI: 10.26794/2587-5671-2025-29-6-62-76  
Kalukhov V.V., Dugaev M.V. The digital ruble in Russia and worldwide. *Finance: Theory and Practice*. 2025;29(6):62-76. DOI: 10.26794/2587-5671-2025-29-6-62-76
21. Валентинов С.Г., Полховская Т.Ю. Децентрализованные финансы: платежная система на основе цифрового рубля. *Финансы и кредит*. 2025;31(12):63-76. DOI: 10.24891/nqecdh  
Valentinov S.G., Polkhovskaya T. Yu. Decentralized finance: A payment system based on the digital ruble. *Finansy i kredit = Finance and Credit*. 2025;31(12):63-76. (In Russ.). DOI: 10.24891/nqecdh
22. Абрамова М.А., Криворучко С.В., Луныков О.В., Фиапшев А.Б. Теоретико-методологический взгляд на предпосылки возникновения и особенности функционирования децентрализованных финансов. *Финансы: теория и практика*. 2025;29(1):80-96. DOI: 10.26794/2587-5671-2025-29-1-80-96  
Abramova M.A., Krivoruchko S.V., Lunyakov O.V., Fiapshev A.B. Theoretical and methodological perspective on the prerequisites of emergence and peculiarities of the functioning of decentralized finance. *Finance: Theory and Practice*. 2025;29(1):80-96. DOI: 10.26794/2587-5671-2025-29-1-80-96

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / ABOUT THE AUTHORS



**Сергей Григорьевич Валентинов** — аспирант кафедры финансов, Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Российская Федерация  
**Sergey G. Valentinov** — Postgraduate student, Department of Finance, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation  
<https://orcid.org/0009-0007-7747-9469>  
Автор для корреспонденции / Corresponding author:  
valentinov@sfned.ru



**Татьяна Юрьевна Полховская** — кандидат экономических наук, доцент, заведующая кафедрой финансов, Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Российская Федерация  
**Tatyana Yu. Polkhovskaya** — Cand. Sci. (Econ.), Assoc. Prof., Head of the Department of Finance, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation  
<https://orcid.org/0009-0008-5917-7042>  
tpolhovskaya@sfned.ru

*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 12.01.2026; после рецензирования 17.02.2026; принята к публикации 03.04.2026.*  
*The article was submitted on 12.01.2026; revised on 17.02.2026; and accepted for publication on 03.04.2026.*  
*The authors read and approved the final version of the manuscript.*