

Научная статья

<https://doi.org/10.24412/2220-2404-2025-10-10>

УДК 336.01



Attribution

cc by

МНОГОУРОВНЕВАЯ МОДЕЛЬ КРИПТОВАЛЮТНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ:
КОМПЛЕКСНЫЙ ВЗГЛЯД ОТ L0 ДО L3

Дюдикова Е.И., Проказов И.И.

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации

Аннотация: Многоуровневая архитектура распределенных реестров (L0-L3) формирует технологический базис криптовалютной экосистемы, обеспечивающий интеграцию гетерогенных блокчейн-систем в целостную социально-экономическую парадигму. В статье представлены результаты комплексного анализа функционального назначения каждого уровня: от протокола L0, отвечающего за обеспечение интероперабельности, до решений прикладного уровня L3, ориентированных на кастомизацию и пользовательские сценарии. Прослежена архитектурная эволюция от монолитных решений L1 к модульным стекам, где ключевую роль в разрешении «трилеммы блокчейна» играют решения L2. Особый акцент сделан на анализе системной взаимосвязи технологического дизайна с криптоэкономическими моделями. Несмотря на достигнутую технологическую зрелость, многоуровневая модель порождает комплекс правовых вызовов, интенсивность которых зависит от прикладной направленности уровня. В рамках предложенного подхода идентифицирована детерминированная функция каждого уровня в построении устойчивой экосистемы. Доказано, что дальнейшая эволюция блокчейн-ландшафта будет определяться динамическим взаимодействием технологических инноваций, экономических стимулов и формирования адаптивного правового поля. Этот симбиоз закладывает основу для перехода к цифровой экономике следующего поколения в рамках парадигмы Web3.

Ключевые слова: DeFi, Web3, Layer-модель, блокчейн, интероперабельность, криптоэкономика, масштабируемость, токенизация, правовое регулирование.

Финансирование: инициативная работа.

Original article

THE MULTI-LAYER ARCHITECTURE OF THE CRYPTOCURRENCY ECOSYSTEM:
A HOLISTIC VIEW FROM L0 TO L3

Ekaterina I. Dyudikova, Ilia I. Prokazov

Financial University

Abstract: The multi-layer architecture of distributed ledger technology (L1-L3) constitutes the technological foundation of the cryptocurrency ecosystem, enabling the integration of heterogeneous blockchain systems into a coherent socio-economic paradigm. This paper presents the results of a comprehensive analysis of the functional role of each layer—from the L0 protocol, responsible for interoperability, to the L3 application-layer solutions focused on customization and user-centric scenarios. The study traces the architectural evolution from monolithic L1 solutions to modular stacks, in which L2 solutions play a pivotal role in addressing the "blockchain trilemma." Particular emphasis is placed on analyzing the systemic interrelation between technological design and cryptoeconomic models. Despite the achieved technological maturity, the layered model generates a complex of legal challenges, the intensity of which correlates with the application-specific focus of a given layer. Within the proposed framework, a deterministic function for each level in building a sustainable ecosystem is identified. It is demonstrated that the future evolution of the blockchain landscape will be determined by the dynamic interplay of technological innovation, economic incentives, and the development of an adaptive regulatory framework. This symbiosis lays the groundwork for the transition to a next-generation digital economy under the Web3 paradigm.

Key words: DeFi, Web3, Layer model, blockchain, interoperability, crypto-economics, scalability, tokenization, legal regulation.

Funding: Independent work.

Введение. Возникновение и последующая эволюция технологии распределенного реестра (DLT), наиболее известной своей реализацией в форме блокчейна, ознаменовали собой парадигмальный сдвиг не только в области распределенных вычислительных систем и криптографии, но и оказали сильное влияние на социально-экономические структуры. За последнее десятилетие произошла структурная консолидация дан-

ной технологии, результатом которой стало формирование сложной многоуровневой архитектуры (известной как «Layer»-модель). В рамках данной архитектуры каждый уровень выполняет детерминированную функцию, интегрирующую технологические и экономические аспекты. Ключевой характеристикой данной системы является симбиоз технологического базиса и экономического измерения: такие механизмы, как токенизация активов, стейкинг, модели комиссий за

транзакции и децентрализованное управление (DAO), сформировали новые модели экономических стимулов. Это, в свою очередь, породило не только инновационные бизнес-модели, но и комплекс актуальных проблем, связанных с правовым регулированием и определением юридического статуса криптоактивов. Целью настоящего исследования является анализ многоуровневой модели криптовалютной экосистемы¹ для выявления системных взаимосвязей между технологическим дизайном уровня, его экономической моделью и возникающими правовыми вызовами.

Результаты исследования. Современная блокчейн-архитектура представляет сложный стек взаимосвязанных и комплементарных протоколов, организованных по многоуровневому принципу. Данный стек формирует технологическую иерархию, где базовый уровень L0 обеспечивает фундаментальную интероперабельность [1]. Над ним надстраиваются основные сети уровня L1, отвечающие за консенсус и базовую функциональность [2], которые, в свою очередь, масштабируются за счет решений L2 [3]. Завершает архитектуру уровень L3, предназначенный для развертывания специализированных децентрализованных приложений (dApps).

В рамках данной модели нулевой уровень выполняет роль базового протокольного слоя, формирующего инфраструктурную основу для безопасного взаимодействия и координации гетерогенных блокчейн-сетей. В отличие от уровня L1, который фокусируется на реализации консенсуса, исполнении транзакций и работе смарт-контрактов в рамках изолированного реестра, L0 функционирует как мета-протокол. Его ключевая задача заключается в интеграции независимых блокчейнов в единую, масштабируемую и интероперабельную экосистему, тем самым преодолевая проблему фрагментации блокчейн-пространства.

С технологической точки зрения, инфраструктура L0 включает в себя следующие ключевые компоненты: межсетевой механизм консенсуса (обеспечивает безопасность и глобальную согласованность данных в рамках всей экосистемы, выходя за пределы безопасности отдельного блокчейна), децентрализованная сеть валидаторов (совокупность узлов, ответственных за поддержание работы основного протокола L0 и валидацию межсетевых операций), стандартизированные протоколы передачи данных и сообщений (определяют форматы и правила для безопасного и верифицируемого обмена информацией между независимыми сетями) [4], фреймворки для запуска специализированных сетей (предоставляют инструментальный набор для развертывания и координации суб-сетей, таких как парачейны, апшчейны и роллапы, которые могут иметь различную внутреннюю архитектуру, но использовать общую безопасность и коммуникационные каналы L0)

[5]. Яркими примерами практической реализации концепции L0 являются протоколы Polkadot (с его архитектурой релей-чейна и парачейнов) и Cosmos (с его моделью Zones и Hub, соединенных через Inter-Blockchain Communication protocol). Данные платформы формируют основу для совместимого и масштабируемого блокчейн-ландшафта, выполняя роль, аналогичную роли маршрутизаторов и кабелей в физической инфраструктуре Интернет. С экономической точки зрения, L0 функционирует как центральный механизм распределения ресурсов и формирования системы стимулов в рамках экосистемы. Нативные токены платформ L0 (такие как DOT, ATOM, TIA) выполняют три ключевые функции: обеспечение безопасности сети через модель стейкинга, в рамках которой держатели токенов делегируют свои доли валидаторам, получая вознаграждение и тем самым гарантируя устойчивость протокола к сетевым атакам; управление протоколом, предоставляя владельцам токенов право участвовать в принятии решений относительно его развития через механизмы DAO; выполнение утилитарной роли, выступая в качестве расчетной единицы для оплаты транзакционных комиссий, межсетевого взаимодействия и обеспечения иных экономических операций внутри экосистемы. Экономическая модель L0 также предусматривает формализованные процедуры для развертывания новых блокчейн-сетей. Ключевым элементом данной архитектуры является система слотового аукциона (в терминологии экосистемы Polkadot), в рамках которой проекты-претенденты конкурируют за ограниченный ресурс – доступ к безопасности, предоставляемой основной цепью (релей-чейном). Участие в аукционе требует от проектов внесения возвратного залога в нативных токенах протокола L0, что служит механизмом согласования экономических стимулов и обеспечения долгосрочной добросовестности участников. Данный подход, базирующийся на принципах модульности и унификации базовой инфраструктуры, способствует значительному снижению затрат для новых проектов. Это, в свою очередь, стимулирует развитие специализированных и оптимизированных под конкретные задачи решений, что ведет к формированию более устойчивой, интероперабельной и скоординированной экосистемы.

В российском правовом поле протоколы уровня L0 находятся вне сферы прямого регулирования. Данный правовой вакуум обусловлен их высокоуровневой технической абстрактностью и отсутствием непосредственного контакта с конечными пользователями, чьи операции опосредуются приложениями более высоких уровней. Однако по мере эволюции и усложнения функционала данных инфраструктурных решений, которые по своей сути являются платфор-

¹ Многоуровневая модель криптовалютной экосистемы представляет собой архитектурную парадигму, основанную на функциональной декомпозиции. В ее рамках инфраструктура распределенных реестров структурируется в иерархию специализированных прото-

кольных уровней или слоев (условно обозначаемых L0-L3), где каждый уровень инкапсулирует строго детерминированную функцию, обеспечивая тем самым модульность и разделение глобальных системных задач.

мами для передачи и верификации данных, может возникнуть правовая необходимость в их формальном признании. В перспективе такие платформы с учетом их критической роли в обеспечении связи между системами могут быть классифицированы либо как операторы критической информационной инфраструктуры, либо как поставщики доверенных сервисов. Наиболее вероятным подобный сценарий представляется в контексте тесной интеграции блокчейн-платформ L0 с государственными информационными системами и цифровыми сервисами.

В архитектуре распределенных реестров блокчейны первого уровня функционируют в качестве базового (основного) протокольного слоя, на котором реализуется функциональность сети. Данный слой формирует инфраструктурный фундамент, обеспечивающий непосредственное исполнение транзакций, верификацию смарт-контрактов и достижение распределенного консенсуса между узлами сети. С архитектурной точки зрения, L1-блокчейны часто характеризуются как монолитные системы, интегрирующие в единый протокол три критически важные функции: исполнение (обработка и верификация транзакций и смарт-контрактов), консенсус (достижение согласия между децентрализованными узлами о текущем состоянии реестра) и доступность данных (гарантия доступности всех данных транзакций и блоков для проверки всеми участниками сети). К каноническим примерам реализации L1-архитектуры относятся Bitcoin, Ethereum и Solana. Каждый из этих протоколов формирует автономную экосистему с уникальным механизмом консенсуса, экономической моделью и условиями для развёртывания dApps. На архитектурном уровне они обеспечивают базовую безопасность сети через механизмы, такие как PoW или PoS, и непосредственно определяют ее фундаментальные параметры, включая масштабируемость, степень децентрализации и пропускную способность.

Ключевым вызовом при проектировании L1-решений является т.н. «трилемма блокчейн», постулирующая, что ни одна система не может одновременно оптимизировать три фундаментальных свойства – безопасность, децентрализацию и масштабируемость – без компромиссов в отношении одного или двух других параметров. Так, Bitcoin делает приоритет на безопасности и неизменности данных, жертвуя высокой пропускной способностью. Ethereum, после перехода на модель PoS, развивается в сторону модульной архитектуры, делегируя часть функций масштабирования решениям второго уровня в рамках «collapser-centric» подхода, что позволяет улучшить масштабируемость без прямого ущерба для децентрализации. Solana, в свою очередь, акцентирует внимание на масштабируемости и высокой пропускной способности, достигаемых за счет параллельного исполнения транзакций и иных оптимизаций, что может потенциально ограничивать степень децентрализации сети.

Экономическая модель L1-блокчейна стро-

ится вокруг эмиссии нативного токена, который выполняет несколько взаимосвязанных функций: расчетная единица и средство для оплаты сетевых комиссий (газа); стимул для валидаторов / майнеров, обеспечивающий экономическую безопасность сети; инструмент управления в процессах DAO. Так, BTC в сети Bitcoin функционирует преимущественно как «цифровое золото» – средство «сбережения» и расчетная единица. В то время как ETH в экосистеме Ethereum обладает более широкой утилитарной нагрузкой, выступая не только как средство для оплаты комиссий, но и как ключевой актив для стейкинга и обеспечения ликвидности в децентрализованных финансах (DeFi).

Эмпирические данные подтверждают асимметричное распределение ликвидности и доминирующее положение ограниченного числа решений первого уровня. Согласно статистике аналитической платформы DeFiLlama [<https://defillama.com/>], распределение общего объема заблокированных средств (Total Value Locked, TVL) в сегменте DeFi демонстрирует значительную концентрацию на платформе Ethereum. На долю данной сети приходится свыше 65 млрд долл. США, что примерно шестикратно превышает показатель следующей по величине сети – Solana (10 млрд долл. США). В первую пятерку также входят BNB Chain (6,5 млрд долл.), Bitcoin (6 млрд долл. США) и Tron (4,7 млрд долл. США), что иллюстрирует высокий уровень фрагментации и интенсивную конкурентную динамику в данном сегменте.

Параллельно с доминированием L1-платформ наблюдается рост значимости решений второго уровня. Протоколы, такие как Base (TVL 3,7 млрд долл. США) и Arbitrum (TVL 2,6 млрд долл. США), аккумулируют растущую долю ликвидности и пользовательской активности. Стремительное развитие L2-сегмента является прямым следствием системных ограничений, присущих платформам L1, в частности, проблемой масштабируемости и высокой стоимости транзакций. Например, пропускная способность сети Ethereum в периоды пиковой нагрузки не превышает 15-20 транзакций в секунду, а комиссии за обработку операций могут достигать экстремальных значений. Таким образом, L2-решения позиционируются как технологический ответ на эти вызовы, предлагая более высокую пропускную способность и снижение операционных издержек при сохранении безопасности базового блокчейна.

Решения второго уровня представляют собой протоколы, функционирующие поверх базовых блокчейн-сетей первого уровня. Данные решения образуют технологический и экономический симбиоз с L1, обеспечивая обработку транзакций вне основной цепи (офф-чейн) с последующей фиксацией итоговых данных или криптографических доказательств их корректности на основном реестре. Эта модель позволяет достичь значительного прироста в масштабируемости и снижении стоимости операций, наследуя при этом ключевые характеристики базового уровня, такие как

безопасность и децентрализация. Таким образом, L2-решения выступают в роли инфраструктурного акселератора, смягчая системные ограничения L1, выраженные в низкой пропускной способности, высокой волатильности комиссий и перегрузке сети.

В настоящее время доминирующей архитектурной парадигмой для решений L2 являются роллапы – класс протоколов, обеспечивающих обработку транзакций вне основной цепи (L1). Данный подход позволяет достичь высокой пропускной способности и снижения комиссий, при этом гарантия безопасности обеспечивается за счет обязательной публикации данных или криптографических доказательств обратно в основную сеть. Существуют две основные реализации: (1) Optimistic Rollups (например, Arbitrum, Optimism, Base), использующие криптоэкономические механизмы безопасности, основанные на периоде оспаривания и системе доказательств мошенничества; (2) ZK-Rollups (такие как zkSync Era, StarkNet, Polygon zkEVM), применяющие доказательства с нулевым разглашением (zk-SNARKs, zk-STARKs) для верификации корректности выполнения пакетов транзакций. Каждая из архитектур предлагает уникальный компромисс между производительностью, скоростью вывода средств, уровнем безопасности и сложностью реализации.

Экономическая значимость данных решений подтверждается метрикой совокупной обеспеченной стоимости (Total Value Secured, TVS). Согласно данным аналитического ресурса L2Beat [<https://l2beat.com/scaling/summary>], совокупный TVS в экосистеме L2 Ethereum превышает 36 млрд долл. США. Наблюдается ярко выраженная концентрация рынка: на два ведущих протокола – Base (~14,3 млрд долл. США) и Arbitrum (~13,7 млрд долл. США) – в совокупности приходится свыше 75% от общего TVS, что свидетельствует о формировании сильных сетевых эффектов.

Ключевым следствием внедрения решений L2 является значительное снижение операционных издержек, что преодолевает одно из основных препятствий для массовой адаптации блокчейн-технологий. Это открывает путь для их применения в высокочастотных и экономически чувствительных сценариях, таких как микроплатежи, игровые и социальные децентрализованные приложения. Для дальнейшей специализации и кастомизации базового протокола под конкретные прикладные задачи была предложена концепция третьего уровня. Его функциональное назначение заключается в реализации специализированных сервисов, обеспечении гибкого межсетевых взаимодействия и размещении масштабируемых приложений с усовершенствованной пользовательской логикой (UX). Таким образом, L3 решает задачи не столько базового масштабирования, сколько кастомизации блокчейна для узкоспециализированных областей, включая децентрализованные социальные сети, сложные игровые экономики, корпоративные цепочки поставок и кастомизированные бизнес-протоколы.

С архитектурной точки зрения, термин «третий уровень» не имеет универсального и строго формализованного определения. Тем не менее, в профессиональном дискурсе за ним закрепилась концепция аппчейнов – специализированных блокчейн-приложений, которые развертываются поверх инфраструктуры L2, но обладают собственной исполнительской логикой, токеномикой и правилами взаимодействия. К реализациям данной модели относятся такие решения, как Orbit (экосистема StarkNet), RollApp (на базе Celestia) и zkSync Hyperchain.

Третий уровень обеспечивает формирование высокоспециализированных ниш с повышенной капиталоемкостью. Его ключевой особенностью является абстрагирование пользователя от базовой блокчейн-инфраструктуры, что позволяет взаимодействовать с децентрализованными сервисами без необходимости понимания их технической реализации. Данный подход создает предпосылки для развития новых сегментов цифровой экономики, включая Web3-стартапы, корпоративные интеграции и игровые метавселенные. Экономические модели протоколов L3, как правило, базируются на эмиссии нативных токенов, которые выполняют полифункциональную роль: средство осуществления микроплатежей, механизм распределения вознаграждений и инструмент управления через системы голосования. Иллюстрацией данной модели служат конкретные кейсы: в децентрализованной социальной платформе Lens Protocol экономическая деятельность выстроена на основе NFT-профилей, развернутых на уровне L3, в то время как в игровой инфраструктуре XAI применяются специализированные игровые токены, обладающие расширенной утилитарной функциональностью.

Анализ правового регулирования блокчейн-инфраструктуры целесообразно проводить через призму ее многоуровневой организации, где каждый уровень выполняет определенную функцию в формирующейся цифровой экосистеме, что обуславливает дифференцированный подход регулятора. Базовый уровень (L1) в международной правовой доктрине рассматривается как нейтральная технологическая инфраструктура цифровой экономики [6]. Ключевым критерием, освобождающим протоколы L1 от лицензирования, является их неделимый и децентрализованный характер. В России, в отличие от ряда зарубежных юрисдикций, официальное определение уровня L1 на текущий момент отсутствует. Однако в контексте разрабатываемых экспериментальных правовых режимов (ЭПР) допускается тестирование инвестиционных инструментов, основанных на сетях L1, с ограничением круга участников квалифицированными инвесторами. Уровень второго порядка (L2), не являющийся в строгом смысле автономной сетью, тем не менее становится объектом правового внимания. Регуляторный интерес к L2 фокусируется преимущественно на вопросах защиты прав потребителей и контроля за оборотом цифровых активов, поскольку именно на этом уровне обеспечивается масштабируемость базовых

блокчейнов и концентрируется значительный объем массовых операций. Прикладной уровень (L3) на сегодняшний день остается наименее урегулированным сегментом. Его функциональная гибкость, выражающаяся в возможности создания пользовательских интерфейсов, игровых экономик, корпоративных сервисов и кастомизированных приложений, формирует значительный потенциал для будущей правоприменительной практики. В рамках ЭПР возможна апробация решений уровня L3 для ограниченного спектра бизнес-моделей, таких как программы лояльности, системы цифровой идентификации или логистические токены.

В контексте эволюции концепции Web3 и перехода к этапу массовой адаптации децентрализованных технологий в научном дискурсе формируется концепция мета-уровня L4. Данный уровень не является техническим слоем в традиционном понимании, а представляет собой абстрактную надстройку, предназначенную для обеспечения семантической совместимости и комплексного взаимодействия между пользователями, приложениями, гетерогенными блокчейнами и данными. Его функциональный потенциал может включать унифицированные пользовательские интерфейсы, сервисы децентрализованной идентификации, кросс-чейн протоколы и инструменты для абстракции технологической сложности сервисов Web3. Особо перспективным направлением представляется конвергенция систем искусственного интеллекта с архитектурными принципами L4. Подобная интеграция позволит реализовать интеллектуальную автоматизацию пользовательских сценариев, включая оптимизацию децентрализованных финансовых стратегий (такую как динамический подбор параметров стейкинга и ликвидности), фасилитацию участия в управлении DAO через анализ сложных предложений и моделирование их последствий, интеллектуальный мониторинг состояния сети для минимизации транзакционных издержек. Данный симбиоз знаменует переход к новой

фазе развития – эре интеллектуальных и самооптимизирующихся блокчейн-экосистем.

Заключение. Проведенный анализ уровневой архитектуры DLT в разрезе L0-L3 позволяет заключить, что она эволюционировала от узкотехнологического решения в целостную социально-экономическую парадигму, кристаллизовавшуюся в форме криптовалютной экосистемы. Данная архитектура представляет собой системный ответ на «трилемму блокчейна», где целевые функции распределены между специализированными уровнями: L0 (интероперабельность), L1 (безопасность и консенсус), L2 (масштабируемость), а L3 (кастомизация). Криптоэкономические механизмы оказались неразрывно интегрированы в технологический дизайн, обеспечивая его безопасность и устойчивое функционирование. Правовые вызовы, в свою очередь, демонстрируют прямую корреляцию с функциональной спецификой каждого уровня: в то время как L1 остается областью минимального прямого регулирования в силу его инфраструктурной природы, фокус контроля закономерно смещается на уровни L2 и L3, где реализуются конкретные пользовательские сервисы и бизнес-модели, требующие защиты прав потребителей и обеспечения правовой определенности. Доминирование роллапов на уровне L2 служит эмпирическим подтверждением эффективности модульного подхода к масштабированию. Таким образом, многоуровневая модель криптовалютной экосистемы предстает сложной системой динамической взаимозависимости технологического дизайна, экономических стимулов и формирующихся правовых рамок. Ее дальнейшая эволюция будет определяться способностью поддерживать динамический баланс между ключевыми принципами: децентрализацией, операционной эффективностью и адаптацией к регуляторному ландшафту.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование в формате double-blind peer review (рецензенту неизвестны имя и должность автора, автору неизвестны имя и должность рецензента). Рецензия может быть предоставлена заинтересованным лицам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are reviewed in the double-blind peer review format (the reviewer does not know the name and position of the author, the author does not know the name and position of the reviewer). The review can be provided to interested persons upon request.

Список источников: References

1. Zamyatin A., Al-Bassam M., Zindros D., Kokoris-Kogias E., Moreno-Sanchez P., Kiayias A., Knottenbelt W.J. SoK: Communication Across Distributed Ledgers. *Financial Cryptography*. 2021. URL: <https://iohk.io/en/research/library/papers/sok-communication-across-distributed-ledgers/>
2. Nakamoto S. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. 2008. URL: <https://nakamotoinstitute.org/library/bitcoin/>
3. An Incomplete Guide to Rollups. 2021. URL: <https://vitalik.eth.limo/general/2021/01/05/rollup.html>
4. Комплексный анализ Toncoin: Глубокое исследование от технологии до рынка. URL: <https://www.gate.com/ru/learn/articles/comprehensive-analysis-of-toncoin-an-in-depth-study-from-technology-to-market/7311>
5. Wood G. POLKADOT: Vision for a Heterogeneous Multi-Chain Framework. *Polkadot Whitepaper*. 2016. URL: <https://assets.polkadot.network/Polkadot-whitepaper.pdf>
6. Reyes C., Cutler J. Ready Layer One: Functional Regulation for Blockchain Infrastructure // SMU Dedman School of Law Legal Studies Research Paper No. 678. 2025. 39 p. URL: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.5145302>. DOI: 10.2139/ssrn.5145302

Информация об авторах:

Дюдикова Екатерина Ивановна, доктор экономических наук, доцент Кафедры банковского дела и монетарного регулирования Финансового факультета, старший научный сотрудник Института финансовых исследований Финансового факультета, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации; <https://orcid.org/0000-0001-8126-6529>, ekidyudikova@fa.ru

Проказов Илья Иванович, стажер-исследователь Института финансовых исследований Финансового факультета, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации; E-mail 226305@edu.fa.ru

Ekaterina I. Dyudikova, Doctor of Economics, Associate Professor of the Department of Banking and Monetary Regulation, Faculty of Finance, Senior Researcher at the Institute of Financial Research, Faculty of Finance, Financial University under the Government of the Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0001-8126-6529>, ekidyudikova@fa.ru

Ilya I. Prokazov, Intern Researcher at the Institute of Financial Research, Faculty of Finance, Financial University under the Government of the Russian Federation;

Вклад авторов:

все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors:

All authors contributed equally to this article.

Статья поступила в редакцию / The article was submitted 07.10.2025;

Одобрена после рецензирования / Approved after reviewing 18.10.2025;

Принята к публикации / Accepted for publication 20.10.2025.

Авторами окончательный вариант рукописи одобрен.