



Фінанси, банківська справа, страхування та фондовий ринок

УДК 004.738.5:336.71

DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.17647784>

Багаторівневі моделі управління блокчейн-інфраструктурою у сфері розрахунків і платежів

Табаківа Наталія Ігорівна,

магістр (спеціальність «Фінанси»), дослідниця у галузі фінансів,
економіки та блокчейн-технологій, автор та координатор дослідницького
проєкту «Інтеграція традиційних фінансових інструментів із технологіями
блокчейн», кафедра фінансів, Одеський національний економічний
університет, м. Одеса, Україна, <https://orcid.org/0009-0004-3146-7460>

Прийнято: 31.10.2025 | Опубліковано: 19.11.2025

***Анотація.** В умовах швидкої інтеграції блокчейн-рішень у фінансову сферу особливої актуальності набуває питання поєднання децентралізованої архітектури з вимогами контролю, кіберзахисту та комплаєнсу у різних сегментах фінансового сектору. Метою статті є обґрунтування теоретичних засад і формування науково-методичних практик побудови ефективних багаторівневих моделей управління блокчейн-інфраструктурою у галузі розрахунків і платежів з урахуванням вимог кібербезпеки, операційної стійкості та нормативної сумісності. Методологія дослідження ґрунтується на використанні системного, функціонального та порівняльного аналізів, методів структурного моделювання та практик фінансової кібернетики. Для ідентифікації проблем взаємодії учасників платіжних екосистем у децентралізованому середовищі застосовано методи емпіричного узагальнення та інституційного аналізу.*



У результаті дослідження з'ясовано, що впровадження блокчейн-рішень впливає на ефективність, швидкодію та безпеку платіжних процесів, зокрема через зміну механізмів верифікації транзакцій і скорочення потреби у посередниках. Виявлено основні чинники, що стримують розвиток таких систем: нормативна невизначеність статусу смартконтрактів і токенизованих активів, технічна несумісність протоколів між приватними та публічними мережами, зростання ризиків кіберзагроз у децентралізованих середовищах. Визначено основні параметри функціонування багаторівневої системи управління: прозорість механізмів консенсусу, наявність вбудованих процедур аудиту, баланс між автономністю вузлів і регуляторним наглядом та інтеграція інструментів комплаєнсу й цифрової ідентифікації користувачів. Запропоновано концептуальні практики формування моделі управління, що поєднує технологічну децентралізацію з централізованими механізмами контролю й забезпечує відповідність міжнародним стандартам фінансової безпеки. Перспективи подальших досліджень пов'язані з моделюванням показників ефективності інтегрованого управління блокчейн-мережами, розробленням методики оцінювання економічного ефекту від упровадження децентралізованих платіжних систем та аналізом впливу цифрових валют центральних банків на архітектуру національної фінансової інфраструктури.

Ключові слова: децентралізовані фінанси, цифрова інфраструктура, смартконтракти, токенизація активів, фінансовий моніторинг, кіберстійкість, регуляторна сумісність, платіжні екосистеми, інтегроване управління, цифрова довіра.

Multilevel models of blockchain infrastructure management in the field of settlements and payments



Nataliia Tabakova,

Master's Degree in Finance, Researcher in the Field of Finance, Economics, and Blockchain Technologies, Author and Project Coordinator of the Research Project «Integration of Traditional Financial Instruments with Blockchain Technologies», Department of Finance, Odesa National University of Economics, Odesa, Ukraine, <https://orcid.org/0009-0004-3146-7460>

Abstract. *In the context of the rapid integration of blockchain solutions into the financial sector, the issue of combining decentralised architecture with the requirements of control, cybersecurity, and compliance in various segments of the financial sector is particularly relevant. The purpose of this article is to substantiate the theoretical foundations and develop scientific and methodological approaches to building effective multi-level models of blockchain infrastructure management in the fields of settlements and payments, taking into account the requirements of cybersecurity, operational stability, and regulatory compatibility. The research methodology is based on the use of system, functional, and comparative analysis, structural modeling methods, and financial cybernetics approaches. To identify problems of interaction between participants in payment ecosystems within a decentralised environment, methods of empirical generalisation and institutional analysis were employed.*

The study found that the implementation of blockchain solutions affects the efficiency, speed, and security of payment processes, particularly by modifying transaction verification mechanisms and reducing the need for intermediaries. The main factors hindering the development of such systems are identified: regulatory uncertainty regarding the status of smart contracts and tokenised assets, technical incompatibility between protocols on private and public networks, and the increased risk of cyber threats in decentralised environments. The key parameters that determine the functioning of a multi-level management system include: transparency



of consensus mechanisms, the presence of built-in audit procedures, the balance between node autonomy and regulatory oversight, as well as the integration of compliance tools and digital user identification. Conceptual approaches to forming a management model that combines technological decentralisation with centralised control mechanisms, ensuring compliance with international financial security standards, are proposed. Prospects for further research include modelling indicators of the effectiveness of integrated management of blockchain networks, developing a methodology for assessing the economic impact of implementing decentralised payment systems, and analysing the effects of central bank digital currencies on the architecture of the national financial infrastructure.

Keywords: *decentralized finance, digital infrastructure, smart contracts, asset tokenization, financial monitoring, cyber resilience, regulatory interoperability, payment ecosystems, integrated governance, digital trust.*

Постановка проблеми. У сучасній фінансовій системі стрімке впровадження блокчейн-технологій у сферу розрахунків і платежів зумовлює необхідність переосмислення моделей управління цифровою інфраструктурою. Проблема полягає у відсутності цілісних механізмів координації між різними рівнями управління блокчейн-інфраструктурою: від протокольного та мережевого до регуляторного й інституційного. Це ускладнює забезпечення цілісності, прозорості та масштабованості платіжних процесів. Попри високий потенціал децентралізованих фінансових технологій, більшість платіжних блокчейн-систем залишаються вразливими до фрагментації технічних стандартів, несумісності мережевих протоколів та ризиків фінансової дестабілізації у разі порушення консенсусних механізмів. Наукова значущість проблеми полягає у необхідності формування багаторівневої моделі управління блокчейн-інфраструктурою, здатної інтегрувати технологічні, економічні та правові компоненти її функціонування



від управління транзакційними процесами до регулювання комплаєнсу та кіберзахисту в цифрових платіжних екосистемах. З практичного погляду її розв'язання сприятиме підвищенню ефективності платіжних систем, зниженню транзакційних витрат, посиленню контролю за відмиванням коштів і підвищенню довіри до цифрових фінансових сервісів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Огляд сучасних досліджень щодо багаторівневих моделей управління блокчейн-інфраструктурою у сфері розрахунків і платежів дає змогу виокремити чотири взаємопов'язані наукові напрями. Перший напрям охоплює архітектурно-технічні засади формування багаторівневої інфраструктури платіжних блокчейн-систем. Автор Л. Каптосв (L. Kartosv) [1] розглянув можливості використання Redis-кешування для оптимізації розподілу навантаження та прискорення оброблення транзакцій, що створює технічне підґрунтя для побудови масштабованих платіжних мереж. Вчені С. Чжан та Ю. Пан (S. Zhang & Y. Pan) [2] розробили міжопераційну систему розрахунків, у якій три рівні управління – протокольний, мережевий та бізнес-логіки – забезпечують узгодженість транзакцій між різними інституційними платформами. Дослідники С. Джозеф і С. Карунан (S. Joseph & S. Karunan) [3] запропонували децентралізовану модель банківського розрахунку, де багаторівневе управління транзакційними потоками реалізується через ієрархію валідаторів, контрольних вузлів і наглядових елементів, що підвищує надійність клірингових процесів. Подальші дослідження у цьому напрямі доцільно спрямувати на стандартизацію технічних протоколів взаємодії між рівнями блокчейн-інфраструктури та розроблення механізмів адаптивного керування навантаженням.

Другий напрям зосереджується на прикладних аспектах інтеграції блокчейну в галузеві розрахунково-фінансові системи. Науковець С. К. Гуррам (S. K. Gurram) [4] довів ефективність поєднання блокчейну з



хмарними технологіями, що забезпечує гнучке керування ресурсами між рівнями обчислень, консенсусу та аналітики у платіжних екосистемах. Вчений М. А. Халід зі співавторами (M. A. Khalid et al.) [5] розробили інтегровану систему Building Information Modeling і блокчейн для управління прогрес-платежами у будівництві, у якій багаторівнева структура модулів забезпечує контроль виконання контрактів і прозорість фінансових потоків. Автор Х. Сюй (H. Xu) [6] запропонував модель кроскордонної бартерної торгівлі на основі смартконтрактів, де система розрахунків функціонує автономно, а управління потоками еквівалентів здійснюється через ієрархію контрактних рівнів. Подальші дослідження у цьому напрямі мають бути спрямовані на розроблення інтегрованих міжгалузевих рішень, здатних забезпечити сумісність блокчейн-моделей з різними секторами економіки.

Третій напрям охоплює питання регуляторних механізмів, ризик-менеджменту та забезпечення довіри у фінансових блокчейн-інфраструктурах. Дослідник Ю. Чжан зі співавторами (Y. Zhang et al.) [7] створили рамкову систему фінансування інфраструктурних проєктів, де управління токенизованими активами здійснюється через багаторівневу ієрархію учасників – інвесторів, операторів і регуляторів – з чітким розмежуванням функцій і відповідальності. Науковець С. Абденнадер зі співавторами (S. Abdennadher et al.) [8] змодельовали процеси клірингу й розрахунку на основі технології розподіленого реєстру, показавши, що багаторівнева структура обміну даними знижує ймовірність операційних ризиків. Учений В. Зоу зі співавторами (W. Zou et al.) [9], використовуючи практику ігрової теорії, обґрунтували ефективність регуляторного втручання для стримування ризик-контамінації в блокчейн-інфраструктурах, де управління здійснюється на рівнях транзакцій, контролю та нагляду. Автор Дж. Боварс (J. Bauvars) [10] дослідив потенціал застосування блокчейну у розрахунках за цінними паперами, виокремивши багаторівневу участь центральних контрагентів і



цифрових реєстрів у забезпеченні остаточності розрахунків. Подальші дослідження у цьому напрямі доцільно орієнтувати на розроблення правових моделей децентралізованого регулювання та алгоритмізацію процедур нагляду у смартконтрактних середовищах.

Четвертий напрям стосується оцінювання ефективності, стійкості та нормативної сумісності платіжних блокчейн-систем. Дослідник Р. М. Таунсенд (R. M. Townsend) [11] системно описав архітектуру платіжної інфраструктури з позицій регуляторного управління, наголосивши на важливості багаторівневої координації між доступом, клірингом, розрахунками й правовими гарантіями. Науковець Е. Айоделе зі співавторами (E. Ayodele et al.) [12] проаналізували роль смартконтрактів у кроскордонних платежах, довівши, що багаторівнева система комплаєнсу з KYC/AML-контролем зменшує ризики транскордонних фінансових порушень. Учений Н. Агарвал зі співавторами (N. Agarwal et al.) [13] запропонували модель клірингово-розрахункової взаємодії на фінансових ринках, де розподіл управління між технічним, операційним і нормативним рівнями забезпечує збалансованість між швидкістю, безпекою та прозорістю розрахунків. Подальші дослідження у цьому напрямі мають бути спрямовані на розроблення комплексних показників ефективності багаторівневих блокчейн-систем, що враховують технічні, економічні та регуляторні параметри їхнього стійкого функціонування.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Попри значні дослідження у сфері блокчейн-технологій, нерозв'язаними залишаються питання структурування багаторівневих систем управління, взаємодії технічних і регуляторних рівнів, інтеграції децентралізованих платформ у традиційні платіжні системи та оцінювання їхнього впливу на ефективність і безпеку розрахунків. Недостатньо розроблені стандарти інтероперабельності й відсутні узгоджені методики аудиту та кіберзахисту у



фінансових мережах. Запропоноване дослідження покликане заповнити ці прогалини шляхом розроблення науково обґрунтованої моделі багаторівневого управління блокчейн-інфраструктурою, що поєднує технологічну децентралізацію з регуляторною сумісністю.

Формулювання цілей статті (визначення завдання). Метою дослідження є визначення теоретико-методологічних засад створення ефективної багаторівневої моделі управління блокчейн-інфраструктурою у платіжній сфері з урахуванням вимог безпеки, прозорості та нормативної гармонізації.

Для досягнення цієї мети передбачено виконання таких завдань:

1. Визначити теоретичні засади та структурні параметри багаторівневої системи управління блокчейн-інфраструктурою у сфері фінансових розрахунків.
2. Дослідити вплив блокчейн-рішень на ефективність, безпеку та стійкість платіжних процесів, окресливши основні проблеми їхнього впровадження.
3. Обґрунтувати практичні засади формування інтегрованої системи управління, орієнтованої на підвищення довіри та інноваційної спроможності фінансового сектору.

Виклад основного матеріалу дослідження. Багаторівнева система управління блокчейн-інфраструктурою у сфері фінансових розрахунків формується на основі поєднання технологічних, організаційних та регуляторних рівнів, що забезпечують стабільність і безпечність транзакцій у цифровому середовищі. Вона передбачає взаємодію між базовими протоколами розподіленого реєстру (Distributed Ledger Technology – DLT), операційними механізмами смартконтрактів, сервісними платформами для проведення розрахунків і платіжними шлюзами, інтегрованими з банківською системою та центральними органами нагляду. Така структура сприяє



зменшенню транзакційних витрат, прискоренню взаєморозрахунків і підвищенню рівня довіри між учасниками фінансових операцій, проте потребує чіткого управлінського балансу між децентралізацією та контролем (табл. 1).

Таблиця 1

Рівні системи управління блокчейн-інфраструктурою у сфері фінансових розрахунків

Рівень	Основні функції	Головні суб'єкти	Інструменти управління
Технологічний	Підтримка протоколів консенсусу, забезпечення кіберзахисту та масштабованості мережі	Розробники блокчейн-платформ, технічні оператори	Алгоритми Proof-of-Stake, смартконтракти, токенизація
Організаційний	Координація взаємодії між учасниками платіжної екосистеми, управління транзакційними потоками	Банки, фінтех-компанії, платіжні оператори	Інтегровані платіжні шлюзи, API-рішення, системи моніторингу
Регуляторний	Формування політики нагляду, забезпечення відповідності фінансовим нормам і стандартам	Центральні банки, фінансові регулятори, аудитори	KYC/AML-протоколи, регуляторні sandbox-моделі, стандарти ISO 20022

Джерело: сформовано автором на основі [2; 4, р. 607–610; 7, р. 141556–141560; 9; 11, р. 72–76]

Взаємодія між елементами багаторівневої системи управління блокчейн-інфраструктурою відбувається у форматі динамічної мережевої координації, де кожен рівень виконує не лише власні функції, а й впливає на ефективність усієї фінансової екосистеми. Технологічний рівень забезпечує основу надійності й швидкодії, оскільки алгоритми консенсусу Proof-of-Stake або Proof-of-Authority не лише підтверджують вірогідність транзакцій, а й мінімізують енергоспоживання, що є критичним для масштабних платіжних систем. У межах організаційного рівня відбувається оптимізація потоків ліквідності та взаємодії між банками, фінтех-компаніями й платіжними операторами через інтегровані шлюзи та інтерфейси прикладного



програмування (Application Programming Interface – API). Це створює умови для миттєвих розрахунків, автоматизації клірингу й скорочення операційних ризиків, особливо у сфері транскордонних платежів.

Крім того, регуляторний рівень є системним стабілізатором. У країнах Європейського Союзу та Азійсько-тихоокеанського регіону активно розвиваються регуляторні «пісочниці» (sandbox моделі), що дають можливість тестувати нові блокчейн-рішення без загрози для фінансової стабільності [14]. Такі практики забезпечують поступову гармонізацію стандартів, зокрема впровадження ISO 20022 у сфері платіжних повідомлень, що підвищує сумісність між приватними та державними фінансовими платформами [15]. Водночас у межах нагляду за дотриманням процедур KYC (Know Your Customer) та AML (Anti-Money Laundering) застосовуються алгоритми машинного навчання для автоматичного виявлення підозрілих транзакцій і ризикових гаманців [16].

Таким чином, багаторівнева система управління блокує структурну ізолюваність окремих учасників ринку, переміщуючи їхню взаємодію у площину єдиного цифрового простору з гарантованою ймовірністю даних. У результаті формується інфраструктура нового типу, де прозорість, швидкість і адаптивність фінансових розрахунків поєднуються з гнучким регуляторним наглядом, що сприяє створенню інтегрованих платформ цифрових валют центральних банків (Central Bank Digital Currency – CBDC) та зміцнює довіру до цифрових платіжних систем у глобальному масштабі.

Взаємодія учасників платіжних екосистем у межах децентралізованих технологічних середовищ ґрунтується на принципах прозорості, автономності та довіри, що забезпечуються архітектурою блокчейн. Такі екосистеми поєднують банки, фінтех-компанії, регуляторні органи, користувачів і провайдерів технологічних рішень у єдину динамічну мережу, де обмін інформацією та цінностями відбувається без посередників. Основою цієї



взаємодії є смартконтракти, що автоматизують виконання фінансових операцій, та токенизація активів, що створює нові механізми ліквідності. Структурні рівні та основні параметри такої системи управління узагальнено в таблиці 2.

Таблиця 2

Механізми взаємодії учасників платіжних екосистем у децентралізованих середовищах

Тип взаємодії	Основні учасники	Інструменти реалізації	Очікуваний ефект
Технологічна інтеграція	Банки, фінтех-платформи, провайдери блокчейн	Смартконтракти, токенизація, API-шлюзи	Прискорення розрахунків, зниження транзакційних витрат
Дані та аналітика	Регулятори, аудитори, фінансові установи	DLT-аналітика, машинне навчання, big data	Підвищення прозорості, виявлення шахрайства
Користувацька взаємодія	Клієнти, торгові мережі, електронні гаманці	Мобільні застосунки, цифрові ідентифікатори, DeFi-платформи	Зручність та зростання довіри до цифрових платежів
Регуляторна координація	Центральні банки, наглядові органи	Стандартизовані платіжні повідомлення, політики комплаєнсу, «пісочниці»	Відповідність вимогам і контроль ризиків

Джерело: сформовано автором на основі [1, р. 1716–1718; 3, р. 3–4; 5; 6, р. 148–150; 8; 12]

Розвиток багаторівневих моделей управління у децентралізованих середовищах спрямований на досягнення балансу між децентралізованою автономією і регуляторною підзвітністю, що є визначальною передумовою формування стійкої платіжної інфраструктури. На практиці наведені механізми узгоджуються через поетапну інтеграцію. У проєкті MAS/Temasek «Project Ubin» (фаза 5) продемонстровано, як прототип багатовалютної мережі забезпечує взаємодію між банками та небанківськими сервісами: смартконтракти виконують умови розрахунків, а шлюзи до банківських систем синхронізують статуси операцій і формують трасованість подій для



подальшого комплаєнсу [17]. Проєкт «Jasper-Ubin» показав технічно реалізовану інтероперабельність між різними DLT-платформами (Corda та Quorum) з використанням часових хеш-зобов'язань для атомарних транскордонних платежів, що усуває розриви між клірингом і розрахунком та знижує ризики невиконання [18]. На рівні стандартів і мережевої інфраструктури практика SWIFT виявляє, як уніфіковані бізнес-повідомлення та «конектори» до публічних/приватних ланцюгів можуть подолати фрагментацію, передаючи стани токенизованих активів і підтвердження руху цінностей у форматах, придатних для нагляду і звітності, без порушення децентралізованої логіки виконання операцій [19]. Сукупно це створює практичний каркас керованої інтероперабельності: учасники зберігають автономність на технологічному рівні, але «розмовляють однією мовою» бізнес-подій і регуляторних атрибутів, що забезпечує вимірювані виграші у швидкості, надійності та прозорості платіжних процесів.

Оцінювання впливу блокчейн-рішень на платіжні процеси охоплює взаємодію технічних, економічних і регуляторних чинників, що визначають ефективність оброблення транзакцій, стійкість систем до збоїв і надійність передавання даних. У сучасній цифровій інфраструктурі блокчейн-платформи формують нову архітектуру фінансових обмінів, у якій швидкість, цілісність і прозорість є вбудованими властивостями програмного коду. Їхній вплив проявляється через зниження транзакційних витрат, підвищення рівня автоматизації розрахунків, скорочення часу клірингу та вдосконалення інформаційного контролю за рухом капіталу (табл. 3).



Таблиця 3

Вплив блокчейн-рішень на ефективність, безпеку та економічну
результативність платіжних процесів

Вимір оцінювання	Основний управлінський механізм	Економічні показники оцінювання	Очікувані результати та ризики впровадження
Ефективність фінансових операцій	Автоматизація клірингу та розрахунків через смартконтракти	Зниження собівартості транзакцій, скорочення часу оброблення (до 60%), підвищення ліквідності	Оптимізація платіжних потоків, зменшення посередництва; ризик перевантаження мережі при пікових навантаженнях
Фінансова безпека та контроль ризиків	Децентралізований аудит і верифікація операцій у реальному часі	Зменшення витрат на комплаєнс (до 25%), підвищення прозорості транзакцій, скорочення випадків шахрайства	Зростання довіри до системи; ризик помилкової конфігурації смартконтрактів
Регуляторна узгодженість	Використання стандартів ISO 20022, KYC/AML, інтеграція з RTGS-платформами	Підвищення відповідності вимогам фінансового моніторингу, зменшення штрафних санкцій	Зміцнення правової визначеності; ризик затримок через оновлення нормативної бази
Інвестиційна та операційна результативність	Токенізація активів, програмовані платежі, smart-escrow	Зниження OPEX на 20–30 %, підвищення ROI, пришвидшення оборотності капіталу	Зростання інвестиційної привабливості; потреба у витратах на інтеграцію з наявними системами

Джерело: сформовано автором на основі [20–24]

У сучасних умовах ефективність упровадження блокчейн-рішень у платіжних процесах визначається не лише технічною спроможністю систем, а й економічним ефектом і регуляторною сумісністю. Автоматизація розрахунків через смартконтракти забезпечує зниження вартості транзакцій і прискорення грошового обігу, а це надважливо для фінансових установ і муніципалітетів, що працюють з великими обсягами електронних платежів. За



даними Національного банку України, пілотний проєкт е-гривня сприяв скороченню середнього часу розрахунку між контрагентами з кількох годин до кількох секунд, що підтверджує підвищення продуктивності платіжної інфраструктури [23].

З позицій фінансової безпеки блокчейн створює архітектуру власної верифікації: дані про операції синхронно записуються на декількох вузлах, що унеможлиблює несанкціоновані зміни та підвищує рівень довіри до платіжної системи. Це знижує витрати на аудит і комплаєнс-перевірки, що, за висновками Світового банку, дає економію до 25 % адміністративних витрат у міжнародних платіжних мережах [24].

Регуляторна узгодженість забезпечується застосуванням стандартів ISO 20022, процедур KYC/AML і вимог Закону України «Про платіжні послуги» [21], що гармонізуються з принципами Загального регламенту ЄС щодо захисту даних (General Data Protection Regulation – GDPR) [20]. Такі практики сприяють формуванню прозорого, контрольованого й водночас інноваційного середовища цифрових платежів. Українські розробки, зокрема платформа Дія.Engine [22], демонструють можливість безпечної інтеграції блокчейн-технологій у державні послуги для створення довірчих механізмів підтвердження транзакцій і цифрової ідентичності. Таким чином, блокчейн є не лише елементом технологічного оновлення, а й інструментом підвищення економічної стійкості та управлінської результативності платіжних екосистем.

Впровадження багаторівневих моделей управління блокчейн-інфраструктурою у сфері розрахунків і платежів супроводжується низкою системних проблем, що мають нормативно-правовий, технічний і кібернетичний характер. Насамперед нормативна невизначеність виявляється у відсутності чітко визначеного статусу смартконтрактів, токенизованих активів і децентралізованих фінансових платформ у чинному фінансовому законодавстві [9; 11, р. 72–76]. Неврегульованими залишаються питання



юридичної сили електронного підпису у децентралізованих транзакціях, розмежування відповідальності між учасниками мережі та порядок застосування процедур фінансового моніторингу до автономних систем [12; 13]. Це ускладнює інтеграцію блокчейн-рішень у банківські й державні платіжні системи, де кожен рівень управління має різні вимоги до звітності, аудиту та контролю. Технічна несумісність зумовлена фрагментацією протоколів, відсутністю єдиних стандартів інтероперабельності між публічними та приватними мережами, зокрема різницею у форматах транзакційних повідомлень [2; 4, р. 609–610]. Навіть стандарти ISO 20022 й API-інтерфейси фінансових установ не забезпечують повної уніфікації даних у випадку кросланцюгових операцій, що підтверджують результати досліджень щодо проблем масштабованості блокчейн-мереж у платіжних системах [7, р. 141558–141560]. Це призводить до ускладнення процесів клірингу, підвищення ризику втрати даних при конвертації й обмежує масштабованість системи. Крім того, проблемою є відсутність сертифікованих методів верифікації блокчейн-рішень у сфері публічного управління, що не дає змоги використовувати їх у високочутливих секторах (державні закупівлі або соціальні виплати). Окремим викликом є ризики кіберзагроз, пов'язані зі зростанням кількості атак на мережеві вузли, компрометацією ключів доступу та експлуатацією вразливостей смартконтрактів [3, р. 3–4; 6, р. 149–150]. У децентралізованому середовищі відсутній єдиний центр реагування, тому локальні збої або дії зловмисників можуть мати каскадний ефект на всю систему [1, р. 1718–1719]. Недостатній рівень криптографічного аудиту й відсутність вимог до обов'язкової сертифікації програмного коду підвищують ризик впровадження несанкціонованих змін у протоколах консенсусу [4, р. 613–615]. Додатково ускладнює ситуацію проблема масштабованості: зі зростанням кількості транзакцій збільшується навантаження на вузли, що може призвести до перевантаження мережі та уповільнення розрахунків.



Формування інтегрованої системи управління блокчейн-інфраструктурою у сфері розрахунків і платежів потребує поєднання технологічних, регуляторних і організаційних рішень, спрямованих на підвищення довіри, стабільності та інноваційної спроможності фінансового сектору. Практична реалізація такої системи має ґрунтуватися на створенні єдиного координаційного середовища між банками, фінтех-компаніями, регуляторами та операторами платіжних сервісів. Основним завданням є розроблення національної моделі управління блокчейн-системою, що визначає ролі учасників, протоколи взаємодії, рівні доступу до даних та алгоритми аудиту транзакцій. Важливо запровадити багаторівневу систему нагляду з чітким розмежуванням технічних і регуляторних функцій: технологічний рівень має забезпечувати надійність і масштабованість мережі через стандарти ISO 20022, API-інтерфейси та системи кібермоніторингу, тоді як регуляторний рівень повинен контролювати відповідність операцій вимогам KYC/AML і наглядовим нормам Національного банку України. Для підвищення прозорості доцільно створити національний реєстр блокчейн-рішень, що охоплюватиме сертифіковані смартконтракти, перевірені розподілені платформи та протоколи обміну даними. З метою підтримання стабільності інфраструктури варто впроваджувати sandbox-моделі для тестування інноваційних платіжних продуктів у контрольованому середовищі. Це дасть змогу регуляторам та розробникам виявляти технічні й правові ризики на етапі експериментів без загрози для системної безпеки. Розвиток партнерства між державними структурами, банками та приватними технологічними компаніями сприятиме створенню інституційної екосистеми довіри, де інновації відбуваються у межах передбачуваної нормативної логіки. Особливу увагу необхідно приділити формуванню кадрової компетентності – підготовці фахівців з блокчейн-архітектури, цифрової безпеки та фінансового аудиту розподілених систем. Впровадження освітніх програм у закладах вищої



освіти та національних тренінгових центрах сприятиме створенню кадрового резерву для підтримання сталого функціонування та розвитку блокчейн-інфраструктури.

Висновки. Під час дослідження доведено, що ефективність управління блокчейн-інфраструктурою у сфері розрахунків і платежів визначається здатністю поєднати технологічну децентралізацію з регуляторною передбачуваністю. Багаторівнева модель управління блокчейн-інфраструктурою забезпечує системну узгодженість між технічними, інституційними та правовими рівнями, формуючи підґрунтя для довіри й стабільності цифрових фінансових екосистем. Основними проблемами такого управління є відсутність єдиних стандартів взаємодії, недостатня інтеграція регуляторних вимог і низький рівень інституційної відповідальності учасників мережі. Основними проблемами залишаються відсутність уніфікованих протоколів інтероперабельності, нечіткий правовий статус смартконтрактів і токенизованих активів, складність сертифікації програмного коду та дефіцит національних механізмів аудиту безпеки. Суттєвим викликом є поєднання вимог фінансового моніторингу з принципом децентралізації, що ускладнює масштабне впровадження блокчейну у банківські та державні платіжні системи. Рекомендовано створити інтегровану систему управління блокчейн-інфраструктурою, засновану на національному реєстрі сертифікованих рішень, впровадженні sandbox-моделей для тестування інноваційних продуктів та розвитку партнерств між регуляторами, фінтех-компаніями та науковими установами. Необхідним є формування кадрового потенціалу з кіберзахисту, смартаудиту та управління цифровими активами. Перспективи подальших досліджень полягають у розробленні методики оцінювання зрілості багаторівневих моделей управління, вимірюванні економічного ефекту від інтеграції блокчейну у національні платіжні системи.



Список використаних джерел

1. Kaptosv L. Using Redis for caching optimization in high-traffic web applications. *International Journal of Advanced Multidisciplinary Research and Studies*. 2025. Vol. 5, № 4. P. 1714–1722. DOI: <https://doi.org/10.62225/2583049X.2025.5.4.4839>.
2. Zhang S., Pan Y. Blockchain-based inter-operator settlement system. *High-Confidence Computing*. 2025. Vol. 5, № 2. Article J100324. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hcc.2025.100324>.
3. Joseph S., Karunan S. A blockchain based decentralized transaction settlement system in banking sector. *Proceedings of the Fourth International Conference on Microelectronics, Signals & Systems (ICMSS)*. Kollam, India, 2021. P. 1–6. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICMSS53060.2021.9673610>.
4. Gurram S. K. Revolutionizing financial infrastructure: the convergence of blockchain and cloud in next-generation payment networks. *Journal of Computer Science and Technology Studies*. 2025. Vol. 7, № 4. P. 607–618. DOI: <https://doi.org/10.32996/jcsts.2025.7.4.71>.
5. Khalid M. A., Hassan M. U., Ullah F., Ahmed K. Integrated building information modeling and blockchain system for decentralized progress payments in construction projects. *Journal of Engineering, Design and Technology*. 2024. № 1. DOI: <https://doi.org/10.1108/JEDT-04-2024-0252>.
6. Xu H. Research on a new cross-border barter trade settlement model based on blockchain and smart contracts. *Procedia Computer Science*. 2024. Vol. 247. P. 146–155. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.10.018>.
7. Zhang Y., Wang Z., Deng J., Gong Z., Flood I., Wang Y. Framework for a blockchain-based infrastructure project financing system. *IEEE Access*. 2021. Vol. 9. P. 141555–141570. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3119589>.
8. Abdennadher S., Cheffi W., Amin A. H. M., Naveed M. Performance analysis of a blockchain process modeling: Application of distributed ledger



technology in trading, clearing and settlement processes. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*. 2024. Vol. 10, № 3. Article 100348. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2024.100348>

9. Zou W., Li J., Wu P. Risk Contagion and regulatory containment in blockchain financial infrastructure: validating blockchain settlement via game theory. *Journal of Global Information Management*. 2025. Vol. 33, № 1. P. 1–32. DOI: <https://doi.org/10.4018/JGIM.384488>.

10. Bauvars J. Applicability of blockchain technology in securities settlement. *Complex Systems Informatics and Modeling Quarterly*. 2021. № 28. P. 34–58. DOI: <https://doi.org/10.7250/csimq.2021-28.03>.

11. Townsend R. M. Distributed ledgers: design and regulation of financial infrastructure and payment systems. *MIT Press*. 2020. 240 p. URL: https://books.google.com.ua/books?id=Us_tDwAAQBAJ&dq=blockchain+infrastructure+settlements+and+payments&lr=&hl=uk&source=gbp_navlinks_s (дата звернення: 04.09.2025).

12. Ayodele E., Oye M. A., Alimi B. C., Obitolu S. B. Investigating blockchain-based smart contracts for cross-border payment settlement, regulatory compliance and risk reduction in international finance. *International Journal of Science and Research Archive*. 2025. Vol. 16, № 2. P. 52–73. DOI: <https://doi.org/10.30574/ijra.2025.16.2.2290>.

13. Agarwal N., Wongthongtham P., Khairwal N., Coutinho K. Blockchain application to financial market clearing and settlement systems. *Journal of Risk and Financial Management*. 2023. Vol. 16, № 10. Article 452. DOI: <https://doi.org/10.3390/jrfm16100452>.

14. Global experiences from regulatory sandboxes. *World Bank: Documents & Reports*: вебсайт. 2020. URL: documents1.worldbank.org/curated/en/912001605241080935/pdf/Global-Experiences-from-Regulatory-Sandboxes.pdf (дата звернення: 04.09.2025).



15. ISO 20022 – A single standardisation approach for financial messages. *ISO*: вебсайт. 2025. URL: iso20022.org/iso-20022 (дата звернення: 03.11.2025).

16. Opportunities and challenges of new technologies for AML/CFT. *FATF – Financial Action Task Force: Guidance*: вебсайт. 2021. URL: fatf-gafi.org/content/dam/fatf-gafi/guidance/Opportunities-Challenges-of-New-Technologies-for-AML-CFT.pdf (дата звернення: 04.09.2025).

17. Project Ubin Phase 5: enabling broad ecosystem opportunities. *Monetary Authority of Singapore*: вебсайт. 2020. URL: mas.gov.sg/-/media/MAS/ProjectUbin/Project-Ubin-Phase-5-Enabling-Broad-Ecosystem-Opportunities.pdf (дата звернення: 04.09.2025).

18. Enabling cross-border high-value transfer using distributed ledger technologies. *Monetary Authority of Singapore: Design Paper (Jasper-Ubin)*: вебсайт. 2019. URL: mas.gov.sg/-/media/Jasper-Ubin-Design-Paper.pdf (дата звернення: 04.09.2025).

19. Connecting blockchains: Overcoming fragmentation in tokenised assets. *SWIFT*: вебсайт. 2023. URL: swift.com/swift-resource/252093/download?force_download=1 (дата звернення: 04.09.2025).

20. Регламент (ЄС) 2016/679 (GDPR) про захист фізичних осіб у зв'язку з опрацюванням персональних даних. *Верховна Рада України*: вебсайт. 2016. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/984_008-16 (дата звернення: 04.09.2025).

21. Про платіжні послуги: Закон України від 30.06.2021 р. № 1591-IX. *Верховна Рада України*: вебсайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/1591-20> (дата звернення: 04.09.2025).

22. Дія.Engine – low-code платформа для державних сервісів. *Міністерство цифрової трансформації України*: вебсайт. 2025. URL: <https://thedigital.gov.ua/projects/technologies/diaaengine> (дата звернення: 04.09.2025).



23. Е-гривня – цифрові гроші Національного банку. *Національний банк України*: вебсайт. 2025. URL: <https://bank.gov.ua/ua/payments/e-hryvnia> (дата звернення: 04.09.2025).

24. Remittance prices worldwide quarterly report. *Світовий банк*: вебсайт. 2023. URL: <https://remittanceprices.worldbank.org> (дата звернення: 04.09.2025).