

УДК 330.341:338.2

JEL E52, E62, E22, H72, H73, C45

DOI: [https://doi.org/10.37203/kibit.2024.51\(2\).12](https://doi.org/10.37203/kibit.2024.51(2).12)

**Марина РЯБОКІНЬ,**

кандидатка економічних наук, доцентка,

проректорка КІБіТ

ORCID ID: 0000-0002-6724-9498

marina.riabokin@gmail.com

Київський інститут бізнесу та технологій

м. Київ, Україна

**Євген КОТУХ,**

доктор наук з державного управління,

кандидат технічних наук, доцент,

ORCID ID: 0000-0003-4997-620X

evgenkotukh@gmail.com

Національний технічний університет

«Дніпровська політехніка»

м. Дніпро, Україна

## КОНЦЕПТУАЛЬНІ ОСНОВИ RWA-ТОКЕНІЗАЦІЇ У ЦИФРОВІЙ ЕКОНОМІЦІ

*У статті розглянуто концептуальні основи впровадження RWA-токенізації як закономірного етапу еволюції веб-технологій до децентралізованої архітектури інтернету – Web 3.0; висвітлено еволюцію інтернету від Web1 до Web3; запропоновано концепцію RWA-токенізації; представлено структурно-компонентну модель дизайну RWA-токену; виокремлено переваги смарт-контрактів для RWA-токенізації, розглянуто хронологію розвитку токенізації активів; наведено схему процесу RWA-токенізації, що демонструє, як реальні активи перетворюються на цифрові токени, відкриваючи нові горизонти для інвестицій та фінансових інновацій.*

*Встановлено, що в контексті цифрової трансформації економіки України, особливо у повоєнний період, RWA-токенізація може стати потужним інструментом, який здатний сприяти відновленню економічного потенціалу держави завдяки залученню інвестицій, трансформації традиційних економічних моделей та забезпеченню прозорості інвестиційних процесів.*

**Ключові слова:** RWA-токенізація, цифрова економіка, блокчейн, технологія розподіленого реєстру, токен, смарт-контракт, активи, фінансовий інструмент.

**Maryna RIABOKIN,**  
PhD (Econ.), Associate Professor,  
Vice-Rector of KIBiT  
ORCID ID: 0000-0002-6724-9498  
marina.riabokin@gmail.com  
Kyiv Institute of Business and Technology  
Kyiv, Ukraine

**Yevgen KOTUKH,**  
DSc (Public Administration),  
PhD (Tech.), Associate Professor  
ORCID ID: 0000-0003-4997-620X  
yevgenkotukh@gmail.com  
National Technical University «Dnipro Polytechnic»  
Dnipro, Ukraine

## **CONCEPTUAL BASICS OF RWA TOKENIZATION IN THE DIGITAL ECONOMY**

*The article explores the conceptual foundations of Real World Asset (RWA) tokenization as a logical evolutionary stage of web technologies towards a decentralized internet architecture - Web 3.0. The research provides a comprehensive analysis of the Internet's transformation from Web 1.0 to Web 3.0, meticulously describing each developmental stage's distinctive characteristics and technological paradigms.*

*The study presents an innovative concept of RWA tokenization, grounded in four critical components that collectively form its unique structural framework and transformative potential. These fundamental elements include real-world assets, blockchain and distributed ledger technology (DLT) platforms, digital tokens, and smart contracts. A detailed examination of each component is conducted, highlighting its pivotal role in effectively implementing RWA tokenization technology.*

*The research introduces a sophisticated structural-component RWA token design model encompassing multiple sophisticated dimensions. This comprehensive model integrates token architecture, interoperability, economic modeling, governance mechanisms, and robust security protocols. By delineating these intricate aspects, the study provides a holistic framework for understanding the complex ecosystem of RWA tokenization.*

*The research's significant focus is exploring the advantages of smart contracts within the RWA tokenization landscape. The article traces the chronological evolution of asset tokenization, demonstrating how technological innovations have progressively reshaped traditional investment and asset management paradigms. Furthermore, a detailed schematic is presented, illustrating the RWA tokenization process and how*

*tangible real-world assets are seamlessly transformed into digital tokens, thus unlocking unprecedented opportunities for investment and financial innovation.*

*The findings of the research highlight the profound potential of RWA tokenization, particularly within the context of Ukraine's digital economic transformation, especially in the challenging post-war reconstruction period. The study argues that RWA tokenization can emerge as a powerful strategic instrument capable of revitalizing the country's economic potential. By providing an efficient mechanism for investment attraction, facilitating the transformation of traditional economic models, and ensuring transparency in investment processes, this innovative approach represents a promising pathway for economic resilience and sustainable development.*

*The comprehensive analysis underscores the significance of RWA tokenization as more than just a technological trend but as a fundamental reimagining of how value is represented, transferred, and managed in an increasingly digital and interconnected global economy.*

**Keywords:** *RWA tokenization, digital economy, blockchain, distributed ledger technology, token, smart contract, assets, financial instrument.*

## **Вступ**

У процесі еволюції та експансії технології розподіленого реєстру (Distributed Ledger Technology, далі – DLT) спостерігається інтенсифікація процесів токенизації матеріальних активів – феномен «глобальної токенизації». Даний процес є фундаментальною трансформацією парадигми володіння активами, механізмів їх монетизації та принципів ціноутворення в масштабах, що оцінюються у сотні трильйонів доларів США. Зазначена тенденція характеризується структурними змінами в системі економічних відносин та демонструє потенціал для реконфігурації традиційних моделей управління активами. Дослідження експертів аналітичного ресурсу Liverplex свідчать про експоненціальне зростання обсягів токенизованих активів, що супроводжується модифікацією інституційних механізмів і трансформацією методології оцінки вартості.

Отже, спостерігається формування нової економічної парадигми, що базується на принципах децентралізації та цифровізації процесів управління матеріальними активами.

## **Методи та матеріали**

Питання токенизації реальних активів малодосліджено на теренах України. Окремі аспекти студіювали такі українські науковці: Р. Дюк, Я. Белінська, С. Онишко, З. Пестовська та інші. Проблеми запровадження RWA-токенизації розглядали закордонні вчені, а саме: К. Фех, І. Роесті, Є. Лім, експерти компанії Bloomberg, Deloitte, Liverplex та інші.

Мета статті: дослідити концептуальні основи RWA-токенизації як еволюційного етапу переходу до Web 3.0, розкрити її структуру, компоненти та потенціал для цифрової трансформації економіки, зокрема в контексті повоєнного відновлення економічного потенціалу України.

## Результати

Токенізація реальних активів (RWA) на базі програмованих DLT-платформ постає інноваційною технологією трансформації традиційних активів у цифрову форму. Дана технологія розглядається науковим співтовариством як фундаментальний етап еволюції веб-технологій, що знаменує перехід до Web 3.0 – децентралізованої архітектури інтернету, базованої на принципах токенизації та блокчейн-технологіях.

Доцільно показати еволюцію інтернету від Web1 до Web3 (Рис. 1).



Рисунок 1. Еволюція інтернету від Web1 до Web3

Джерело: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/financial-services/us-bda-steering-tokenized-assets-pov.pdf>

Web1 – початок Інтернету, коли більшість споживачів не мала можливості створювати контент та інформацію. У цифрову епоху лише деякі творці (переважно підприємства) могли створювати та публікувати контент. Централізація веб-вмісту зумовила створення статичних веб-сторінок. Навіть найбільш інтерактивні форми зводились тільки до форм, де користувачі заповнювали свої дані, що позначає нову еру інтернет-технологій.

Web2 приніс трансформаційні зміни в тому, як користувачі використовують інтернет. Це відзначилося появою платформ, які дозволяли користувачам створювати та ділитися контентом. Творчість, соціальні мережі й електронна комерція були забезпечені завдяки YouTube, Facebook, Amazon тощо. Бізнес-моделі, зосереджені на рекламі, монетизували користувацькі дані, зумовивши створення величезних технологічних платформ. Деякі компанії почали використовувати дані користувачів для різних підприємницьких цілей, що викликало проблеми з конфіденційністю.

Web3 представляє наступний еволюційний крок, пропонуючи децентралізовану і демократизовану інтернет-економіку. Криптовалюти та блокчейн-технології дозволяють користувачам отримати контроль над своїми цифровими цінностями, впроваджують нові способи монетизації через NFT, криптовалюти, цифрові активи та токенизовані спільноти. Взаємодії

відбуваються не за рахунок посередників, тим самим сприяючи більш справедливій економіці для творців.

Еволюція від Web2 до Web3 створила унікальне технологічне підґрунтя для принципово нових фінансових інструментів. Web3 – не просто черговий технологічний тренд, а фундаментальна трансформація взаємодії користувачів із цифровими системами, що характеризується децентралізацією, прозорістю та іншою участю користувачів.

Якщо Web2 був епохою централізованої платформи, де великі корпорації контролювали інші інформаційні потоки, то Web3 пропонує принципово іншу модель – децентралізовану, засновану на блокчейн-технологіях, де кожен учасник може бути не лише споживачем, але й співвласником та співучасником економічних процесів.

У цьому контексті RWA-токенізація стає одним із найбільш перспективних напрямів практичного впровадження філософії Web3. Якщо раніше традиційні активи були обмежені фізичними та юридичними бар'єрами, то технологія RWA-токенізації долає вказані обмеження, перетворюючи матеріальні цінності на легкодоступні, додаткові та прозорі цифрові інструменти.

RWA-токенізація демонструє, як абстрактні принципи Web3 – децентралізація, прозорість, безсередня участь – можуть бути практично впроваджені в реальну економіку, створюючи нові моделі власності, інвестування та взаємодії з активами.

Концепція RWA-токенізації ґрунтується на чотирьох ключових компонентах, які формують її унікальну структуру і потенціал:

1. Самі *реальні активи* – широкий спектр матеріальних і фінансових цінностей, від нерухомості та дорогоцінних металів до фінансових інструментів, які стають об'єктами цифрового перетворення.

2. *Блокчейн і DLT-платформи*, які є технологічною основою такої трансформації та забезпечують бездоганну інфраструктуру для токенізації. Децентралізована природа цих технологій гарантує непорушність, прозорість і безпеку кожної транзакції, фактично революціонізуючи традиційні механізми обліку та передачі прав власності.

3. *Цифрові токени* виступають програмованими представленнями активів, наділеними унікальними характеристиками та юридичними властивостями; не просто віддзеркалюють цінність базового активу, але й можуть бути запрограмованими на виконання складних фінансових операцій, включаючи автоматичний розподіл доходів, реалізацію правового голосування та дотримання регуляторних вимог.

4. *Смарт-контракти* – самовиконувані алгоритми, логіка яких вбудована в блокчейн. Ці контракти автоматизують складні процеси передачі прав власності, верифікації учасників та виконання визначених умов, суттєво знижуючи ризики людського фактору і підвищуючи операційну ефективність.

Активи, що можуть бути токенізовані, охоплюють широкий спектр різних категорій, як-от: матеріальні та нематеріальні активи; фізичні активи, що мають реальну ринкову вартість, і фінансові інструменти, які використовуються для

інвестування та збереження капіталу; активи, що характеризуються високою ліквідністю чи потенціалом для диверсифікації, також часто стають об'єктами токенизації. Тому доцільно систематизувати основні категорії активів, які можуть бути токенизовані (Табл. 1).

Таблиця 1.

**Категорії активів, які можуть бути об'єктом токенизації**

Фінансові активи	державний капітал; приватний капітал; товари; заборгованість; інвестиційні кошти
Нерухомість	комерційна; житлова; земля
Дорогоцінні метали та сировина	золото; срібло; платина; нафта
Інфраструктура	енергетична інфраструктура; джерела відновлювальної енергії; транспортна інфраструктура
Предмети колекціонування	образотворче мистецтво; рідкісні книги; монети/ марки; автомобілі; годинники; ювелірні вироби; брендові сумки
Розваги та ігри	внутрішньоігрові активи та віртуальні товари; ігрові платформи та інфраструктура; кіберспорт; NFT
Дані	особисті; фінансові; енергетичні; IoT; погодні дані
Наукові активи	інтелектуальна власність; результати наукових досліджень; наукові інновації (прототипи, формули); освітні продукти та навчальні матеріали; лабораторне обладнання та інфраструктура; роялті від наукових відкриттів; наукові журнали та публікаційні платформи

*Джерело: сформовано авторами (Riabokin M., Kotukh Y., 2024)*

За таблицею, спектр активів, які можуть бути токенизованими, є надзвичайно широким і охоплює як фізичні об'єкти, так і фінансові інструменти. Особливо цікавим залишається питання аналізу ринку токенизації реальних активів, які зазвичай мають високу вартість і меншу ліквідність.

Blockchain (блокчейн) – розподілена база даних або реєстр, що пропонує децентралізований та незмінний реєстр. За допомогою криптографії створюється ланцюжок блоків, які містять записи транзакцій. Блокчейн функціонує як децентралізована мережа, де всі транзакції перевіряються через консенсус. Використання криптографії забезпечує безпеку і прозорість. Децентралізована природа блокчейну дозволяє здійснювати однорангові транзакції, усуваючи потребу в посередниках для управління ланцюгом поставок.

Токенізовані RWA базуються на цифрових токенах блокчейну, які відображають матеріальні та традиційні фінансові активи, зокрема готівку, товари, акції, кредити, облігації, твори мистецтва та інтелектуальну власність. Токенізація реальних – істотна зміна в тому, як ці активи можна використовувати, обмінювати та керувати ними, відкриваючи безліч нових перспектив для інвестиційних послуг на базі блокчейну і широкого спектру нефінансових випадків використання на основі криптографії.

Тобто токенізація передбачає перетворення вартості активу на цифровий токен, яким можна оперувати в системі блокчейн або DLT. Ці токени представляють право власності або інші права на актив, що дає змогу торгувати, передавати і зберігати активи у цифровому форматі без потреби в посередниках. Токенізацію можна застосовувати до матеріальних (нерухомість і сировинні товари) та нематеріальних активів (інтелектуальна власність і фінансові інструменти).

Технологія розподіленого реєстру і токенізація змінюють ландшафт управління активами та цифрових транзакцій. DLT – децентралізована система для запису і перевірки даних у мережі комп'ютерів – пропонує прозорий та незмінний реєстр без потреби в центральному органі. Блокчейн, найвідоміша форма DLT, привернув широку увагу завдяки своїй ролі в криптовалютах, але його потенціал виходить далеко за межі цифрових валют. Токенізація, що забезпечується DLT, передбачає представлення реальних активів у вигляді цифрових токенів на блокчейні. Цей процес запроваджує безпрецедентні рівні ліквідності, часткового володіння та програмованості для активів, які раніше були неліквідними або складними для торгівлі. Конвергенція DLT і токенізації прокладає шлях до більш ефективних, прозорих та доступних ринків у різних секторах, від нерухомості й мистецтва до інтелектуальної власності та фінансових інструментів.

Сучасний ринок цифрових активів потребує ретельного підходу до розробки RWA-токенів. Тож доречно розглянути ключові структурні елементи їх дизайну та функціонування (Рис.2).

1. Архітектура токenu. Базова архітектура токenu починається з коефіцієнту токенизації – фундаментального показника, який визначає співвідношення між кількістю випущених токенів і базовим активом. Параметр безпосередньо впливає на ринкову динаміку: високий коефіцієнт сприяє підвищенню ліквідності, проте може призвести до зниження вартості окремих токенів. Тому критично важливо знайти оптимальний баланс, який забезпечить достатню ліквідність при збереженні стабільної вартості.

Другим важливим аспектом є подільність токenu – параметр визначає поріг входу для потенційних інвесторів. Висока подільність розширює коло можливих учасників і збільшує обсяг торгів, однак надмірна фрагментація може створювати технічні проблеми та підвищувати вартість транзакцій.

2. Технічна сумісність відіграє ключову роль у поширенні токenu. Для успішного функціонування токен повинен підтримуватись різними блокчейн-платформами та криптогаманцями. Відповідність загальноприйнятим

стандартам (ERC-20 чи ERC-721) та можливість використання міжмережевих мостів забезпечують необхідну гнучкість і доступність.



Рисунок 2. Структурно-компонентна модель архітектури токенизованих RWA  
Джерело: складено авторами

3. Економічна модель токену базується на трьох основних елементах:

- ✓ *емісійна політика* визначає загальну кількість токенів, може бути фіксованою, створюючи потенціал для зростання ціни при збільшенні попиту, або гнучкою, дозволяючи адаптуватися до ринкових умов;
- ✓ *система розподілу токенів* між різними учасниками: інвесторами, командою проекту і консультантами; прозорість цього процесу та чіткий графік отримання токенів (вестинг) формують довіру до проекту і сприяють його довгостроковому розвитку;
- ✓ *система заохочень* пропонує різні механізми: від дивідендних виплат до прав управління та додаткових переваг; важливо створити збалансовану систему стимулів, яка приваблює інвесторів, але не створює ризиків маніпуляцій.

4. Управління токеном. До системи управління токеном належать механізми прийняття рішень і голосування. Вона визначає, як власники токенів можуть



брати участь у керуванні проектом – від дорадчих функцій до прямого голосування з ключових питань. Використання децентралізованих автономних організацій (DAO) забезпечує прозорість і ефективність управління.

Механізми голосування можуть базуватися на різних критеріях: кількості токенів, періоді їх утримання або спеціальних умовах. Важливий елемент – можливість делегованого голосування для власників, які не можуть активно брати участь у процесах управління.

5. Безпека токенау забезпечується на двох рівнях:

- ✓ *безпека смарт-контрактів* вимагає регулярного аудиту, тестування та оновлень для захисту від вразливостей; важливий елемент – наявність страхового покриття від можливих технічних збоїв;
- ✓ *кастодіальні механізми* забезпечують збереження базового активу та пов'язаної інформації; вибір кастодіана залежить від типу активу і регуляторних вимог, а використання «холодного» зберігання та регулярних аудитів підвищує надійність системи.

Ефективність RWA-токену залежить від комплексного поєднання всіх п'яти структурних компонентів. Вони повинні працювати узгоджено, створюючи стабільний та привабливий інвестиційний інструмент. При цьому, важливо враховувати специфіку базового активу, потреби цільової аудиторії та регуляторні вимоги. Комплексне розуміння зазначених аспектів дозволяє створювати токени, які ефективно виконують свою функцію на ринку цифрових активів, забезпечуючи баланс між технологічною функціональністю, економічною ефективністю, безпекою та зручністю управління для всіх учасників ринку (Рябокін, Котух, 2024).

Наступний елемент, без якого концепція RWA-токенізації не може бути реалізована, – смарт-контракти, які відіграють ключову роль у RWA-токенізації, трансформуючи традиційні активи у гнучкі цифрові інструменти. Ця технологія пропонує низку переваг, які розширюють можливості інвестування та управління активами (Рис.3):

- 1) *автоматизація транзакцій* значно спрощує процеси купівлі, продажу та передачі реальних активів, одночасно скорочуючи час і витрати порівняно з традиційними методами;
- 2) *посилена безпека* завдяки незмінному коду смарт-контрактів (суттєво знижуються ризики шахрайства і маніпуляцій, а децентралізований реєстр гарантує повну прозорість усіх операцій);
- 3) *можливість дробового володіння активами*: можна розділяти реальні активи на менші, торгові токени, що робить інвестування доступнішим для дрібних інвесторів;
- 4) *програмовані угоди* дозволяють встановлювати чіткі умови управління активами, включаючи розподіл доходів і права голосу та уможливають створення складних структур (синдикатів або інвестиційних фондів);
- 5) *відповідність регуляторним вимогам*: смарт-контракти можуть інтегрувати юридичні вимоги безпосередньо в свій код та забезпечувати автоматизовану відповідність різним нормативним вимогам;

б) «безшовна» інтеграція з децентралізованими фінансами (DeFi) відкриває нові можливості для забезпечення ліквідності реальних активів через механізми запозичення, кредитування і торгівлі на DeFi-платформах, суттєво розширюючи ринок для RWA.



Рисунок 3. Переваги смарт-контрактів для RWA-токенізації

Така комплексна система смарт-контрактів створює ефективну і надійну інфраструктуру для токенізації реальних активів, роблячи їх більш доступними та керованими в цифровому просторі.

Джерела токенізації сягають початку 1990-х років (Рис.4). Інвестиційні трасти нерухомості (REITs) та біржові інвестиційні фонди (ETFs) були піонерами у запровадженні часткової власності на реальні активи, надаючи інвесторам можливість володіти частками реальних активів (будівлі чи сировинні товари).



Рисунок 4. Хронологія розвитку токенизації активів  
Джерело: Fehr, Roesti (2024)

У 2009 році з'явився біткойн (криптовалюта), поставивши під сумнів саму концепцію посередництва завдяки впровадженню механізму Proof-of-Work. Це спричинило послідовність змін, наслідком яких стала поява 2015 року більш енергоефективного Ефіріуму, що впровадив механізм Proof-of-Stake. Ефіріум, як інноваційна програмна платформа на базі технології блокчейн, запровадив смарт-контракти, уможлививши токенизацію будь-яких активів та заклавши підґрунтя для створення тисяч токенів, що представляють різноманітні активи: криптовалюти, утилітарні токени, токени безпеки і навіть незамінні токени (NFT), які продемонстрували застосування токенизації для представлення цифрових та фізичних об'єктів.

Наступні роки характеризувалися появою нових феноменів: першої Initial Exchange Offering (IEO) та Initial Coin Offering (ICO). Комісія з цінних паперів та бірж США (SEC) у 2018 році запровадила термін «Security Token Offering» (STO) та відкрила шлях для регульованих токенизованих пропозицій, що сприяло появі рішень, які відповідають регуляторним вимогам. Названі розробки створили передумови для виходу токенизації реальних активів на провідні позиції та продовжують слугувати каталізаторами змін і технологічного вдосконалення у сфері фінансових послуг, відкриваючи шлях для подальших інновацій.

Індустрія фінансових послуг активно досліджує потенціал токенизації. Яскравим прикладом таких ініціатив є Проект «Guardian» – загальногалузева співпраця між Монетарним управлінням Сінгапуру (MAS) та лідерами галузі з метою тестування можливостей токенизації активів та застосування децентралізованих фінансів (DeFi). Основа «Guardian» – амбітне бачення: дослідити, як блокчейн-мережі можуть сприяти розвитку безпечніших та ефективніших фінансових мереж. У межах співпраці між MAS і провідними галузевими установами, учасники провели ринкові дослідження для розробки концептуальних засад майбутньої ринкової інфраструктури, що використовує інноваційний потенціал блокчейну та децентралізованих фінансів. Standard Chartered розвинув це бачення, започаткувавши новаторську платформу для

первинного розміщення токенів реальних активів. Банк успішно провів пілотне розміщення токенізованих цінних паперів, забезпечених активами, на суму 500 мільйонів доларів США, базованих на торговельних фінансових активах у публічному блокчейні Ethereum. У межах ініціативи Standard Chartered протестував повний процес (від структурування до дистрибуції, включаючи симуляцію сценарію дефолту).

Процес – комплексна послідовність взаємопов'язаних етапів, що починається з токенізації активів торговельного фінансування у формі незамінних токенів (NFT). Наступний крок – розподіл на основі ризику, при якому NFT структуруються у старші та молодші транші відповідно до очікуваних профілів ризику і дохідності, що забезпечує чітку алокацію грошових потоків. На базі сформованого портфеля NFT було створено два нові класи замінних токенів із розподілом на старші й молодші, де старший замінений токен характеризується фіксованим купоном, а молодший – створює додаткову дохідність. У завершальній фазі відбувається дистрибуція та забезпечення доступу через механізм первинного розміщення токенів (ІТО), у межах якого виробляється розподіл створених токенів серед інвесторів.

Успіх пілотного проєкту демонструє, як відкриті й інтероперабельні мережі можуть практично використовуватися для полегшення доступу до децентралізованих застосунків, стимулювання інновацій та сприяння розвитку екосистеми цифрових активів. Очікується, що зазначені галузеві пілотні проєкти нададуть більше розуміння щодо можливостей (та ризиків), пов'язаних зі стрімкими інноваціями токенізації у цифрових фінансах.

Розглянувши історичну еволюцію токенізації активів, доцільно поставити фундаментальне питання: чому саме технологія блокчейн стала основоположною для розвитку токенізації. Блокчейн – розподілена база даних із властивими їй характеристиками незмінності та прозорості – створює унікальний технологічний фундамент для процесу токенізації. Задля підтвердження тези варто виокремити кілька ключові аспекти, а саме:

1. Децентралізована природа блокчейну забезпечує безпрецедентний рівень безпеки та довіри між учасниками, усуваючи необхідність у традиційних посередниках, що вкрай важливо в контексті цифрового представлення реальних активів, де питання автентичності та власності є критичними.

2. Смарт-контракти, функціонуючи на базі блокчейну, автоматизують процеси верифікації та виконання угод, значно знижують операційні витрати та мінімізують ризики людської помилки, що створює підґрунтя для подальшого дослідження механізмів токенізації різноманітних класів активів. Аналіз технології блокчейн у контексті токенізації активів демонструє її фундаментальні переваги порівняно з традиційними системами управління активами. Наявна інфраструктура характеризується низкою суттєвих недоліків, які негативно впливають на ефективність ринку та інтереси всіх залучених стейкхолдерів: інвесторів, емітентів та регуляторних органів.

Ключовими проблемами традиційної системи є такі:

- ✓ *інформаційна асиметрія на приватних ринках* призводить до неефективного ціноутворення і підвищених ризиків;
- ✓ *обмежена ліквідність високовартісних активів* (нерухомість, предмети мистецтва) спричиняє іммобілізацію капіталу приватних інвесторів;
- ✓ *високі бар'єри входу* обмежують можливості диверсифікації для роздрібних інвесторів;
- ✓ *неоптимальні посередницькі процеси* характеризуються низькою швидкістю, високою вартістю та операційними ризиками.

Технологія блокчейн пропонує системне вирішення зазначених проблем через імплементацію децентралізованого, незмінного й загальнодоступного реєстру транзакцій. Наведена архітектура забезпечує безпрецедентний рівень прозорості та безпеки, мінімізуючи потенціал для шахрайства і маніпуляцій на ринку.

Революційним аспектом блокчейн-базованих активів є суттєве підвищення їх ліквідності через забезпечення цілодобової торгівлі та мінімізацію посередницьких операцій. Імплементація смарт-контрактів дозволяє автоматизувати комплексні процеси управління активами, включаючи розподіл дивідендів і реалізацію корпоративних прав. Синергетичний ефект зазначених характеристик сприяє демократизації інвестиційних можливостей завдяки впровадженню механізмів дробового володіння високовартісними активами. Така трансформація розширює доступ до диверсифікованих інвестиційних портфельів для широкого кола інвесторів, елімінуючи традиційні бар'єри входу й оптимізуючи алокацію капіталу в глобальному масштабі.

Процес RWA-токенізації досить складний в своїй реалізації. Доцільно висвітлити схему RWA-токенізації, щоб зрозуміти, як реальні активи перетворюються на цифрові токени, відкриваючи нові горизонти для інвестицій та фінансових інновацій (Рис. 5).



Рисунок 5. Схематичне представлення процесу RWA-токенізації  
Джерело: побудовано авторами за даними (Ryan, Centieiro, 2023)

Схема процесу токенизації реальних активів демонструє, як відбувається трансформація, допомагає досягнути складні взаємозв'язки між різними етапами й учасниками процесу, який доречно проаналізувати.

Процес починається з вибору реального активу, який потрібно токенизувати. Актив ділиться на менші одиниці, кожна з яких представлена цифровим токеном. Токени випускаються на блокчейні — децентралізованому цифровому реєстрі, що фіксує всі транзакції та деталі власності через смарт-контракти. Особливості створення токена залежать від виду активу, що токенизується: реальні активи пов'язуються з цифровими токенами, створюючи цифрового «двійника», який представляє вартість активу; суто цифрові активи пов'язуються з цифровими токенами через подію випуску. Далі — продаж tokenів для надання доступу інвесторам до цифрового активу від емітента. Розрахунки за токени можуть відбутися в блокчейні, де встановлюється право власності. Цифровий актив зберігається в гаманці, що належить інвестору, або цифровим зберігачем від його імені. RWA-токени можуть торгуватися чи використовуватися для оплати інших товарів та послуг (P2P транзакції).

Варто зауважити, що запрограмовані події можуть призвести до конвертації цифрових tokenів в інші активи. Ця концепція є одним з ключових елементів гнучкості та інноваційності токенизованих активів, адже відкриває широкі можливості для створення складних фінансових інструментів і автоматизованих інвестиційних стратегій. Смарт-контракти можуть автоматично ініціювати конвертацію на основі заздалегідь визначених умов, без потреби в ручному втручанні, що забезпечує перетворення одного типу токена на інший: коли токен, який представляє акції компанії, конвертується в токен дивідендів; коли відбувається обмін токенизованого активу на криптовалюту чи навіть на права на реальні фізичні активи. Процеси конвертації можуть бути ініційовані різноманітними тригерами, вбудованими у смарт-контракти, здатними спрацьовувати при досягненні певних цінових показників активу, що вкрай актуально для динамічних ринкових умов. Часові рамки також можуть бути тригером (наприклад, коли настає термін погашення токенизованої облігації). Крім того, зовнішні події — значні зміни в ринковій кон'юктурі або досягнення певних бізнес-показників — здатні автоматично запускати процес конвертації.

Виконання прав власників токенизованих активів є ключовим аспектом, що забезпечує зв'язок між цифровим і реальним світом фінансів та дозволяє власникам tokenів реалізувати свої права, закріплені в смарт-контрактах, перетворюючи цифрові представлення на конкретні матеріальні або фінансові вигоди (Гулей, Котух, Рябокін, 2024).

Коли йдеться про отримання базового активу, то це може означати фізичну доставку товару, передачу прав власності на нерухомість або видачу сертифікатів на володіння цінними паперами. Наприклад, власник токена, який представляє частку в золотому злитку, може вимагати фізичну доставку відповідної кількості золота; під час операцій з нерухомістю виконання може включати юридичне оформлення права власності на конкретний об'єкт.

Реалізація прав на отримання валюти часто передбачає конвертацію токенів у фіатні гроші або криптовалюти – особливо актуально для токенизованих облігацій або акцій, де власники мають право на отримання відсотків або дивідендів. Процес може включати автоматичні виплати через смарт-контракти або взаємодію з традиційними банківськими системами.

Реалізація прав власників тісно пов'язана з регуляторними аспектами. Залежно від типу активу та юрисдикції, можуть застосовуватися різні правила та вимоги щодо ідентифікації власників, оподаткування та звітності, що вимагає розробки комплексних систем, які поєднують блокчейн-технології з традиційними фінансовими і правовими структурами. Можливість ефективного виконання прав власників є критично важливою для довіри до токенизованих активів та їх широкого прийняття, оскільки доводить, що цифрові токени справді представляють реальну цінність і можуть бути конвертовані в матеріальні активи або фінансові вигоди, створюючи міцний міст між інноваційними блокчейн-технологіями і традиційним світом фінансів та інвестицій.

Отже, цей процес демонструє життєвий цикл токенизованого активу, від його створення до можливих транзакцій та конвертацій, забезпечуючи гнучкість і ефективність в управлінні та торгівлі цифровими представленнями реальних активів.

## **Висновки**

RWA-токенізація демонструє потенціал для здійснення масштабних трансформацій в економіці, що дає підстави розглядати її як один із ключових компонентів четвертої промислової революції (Industry 4.0). RWA-токенізація на базі технології розподіленого реєстру демонструє значний потенціал для фундаментальної трансформації традиційних економічних моделей. В макроекономічному аспекті RWA-токенізація сприяє формуванню нової парадигми цифрового обігу активів, що супроводжується трансформацією механізмів монетизації активів та оптимізацією транзакційних витрат в економіці. RWA-токенізація спричинить інституційні зміни, що передбачатиме реструктуризацію фінансових посередників, модифікацію механізмів ринкового ціноутворення та формування нових економічних інститутів.

У контексті впровадження RWA-токенізації спостерігається значний рівень очікувань щодо її потенціалу, втім аналіз практичних аспектів впровадження демонструє наявність комплексу невирішених питань, які потребують обґрунтованого наукового опрацювання та імплементації. Поточний стан розвитку технології свідчить про наявність суттєвих викликів, зокрема методологічну незрілість процесів токенізації, що зумовлює потребу в подальшій розробці та верифікації відповідних протоколів. Відсутність уніфікованих технологічних стандартів ускладнює процес інтеграції та масштабування рішень. Слід відзначити недостатню стандартизацію галузі загалом, що є критичним фактором у контексті досягнення ринкової зрілості та забезпечення ефективного функціонування технології RWA-токенізації.

Зазначені фактори вказують на необхідність ґрунтовних досліджень і розробки нормативно-технічної бази для забезпечення стабільного розвитку галузі токенизації реальних активів.

У контексті цифрової трансформації економіки України, особливо в повоєнний період, RWA-токенизація є тим фінансовим інструментом, який здатний сприяти відновленню економічного потенціалу держави. Технологія токенизації реальних активів може стати потужним механізмом залучення інвестицій, трансформації традиційних економічних моделей та забезпечення прозорості інвестиційних процесів.

Ключова перевага RWA-токенизації для України в її здатності перетворювати фактично будь-які активи – від зруйнованої інфраструктури до земельних ділянок і виробничих потужностей – на привабливі інвестиційні інструменти. Завдяки блокчейн-технологіям іноземні інвестори отримують абсолютно новий рівень гарантій: прозорість транзакцій, незмінність записів та можливість детального моніторингу використання інвестованих коштів.

Особлива актуальність RWA-токенизації виникає в контексті відбудови критичної інфраструктури. Проекти відновлення зруйнованих мостів, електростанцій, транспортних коридорів можуть бути профінансовані завдяки випуску цифрових токенів, які надають інвесторам чіткі права і гарантії. Смарт-контракти дозволяють прив'язувати інвестування до конкретних етапів та результатів будівництва, мінімізуючи корупційні ризики, технологія – конвертувати активи, які традиційно вважалися статичними і складними для швидкої монетизації, на ліквідні та привабливі інвестиційні продукти, мінімізує бюрократичні перешкоди, забезпечує повну прозорість інвестиційних процесів, дозволяє мікроінвестування, створює нові механізми колективного інвестування.

Успішна імплементація вимагає комплексного підходу, який включає розвиток нормативно-правової бази, створення спеціалізованих регуляторних механізмів, підготовку кадрів у сфері блокчейн-технологій та побудову довіри з боку міжнародних інвесторів.

Тому RWA-токенизація для України – це не просто технологічний інструмент, а стратегічний механізм трансформації економіки, залучення інвестицій та відновлення державного потенціалу в умовах безпрецедентних викликів.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:**

1. Гулей, А.І., Котух, Є.В., Рябокінь, М.В. (2024). RWA-токенизація як інноваційний механізм залучення інвестицій та збільшення надходжень місцевих бюджетів. *Економіка та суспільство*, 64.  
DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-64-22>
2. Рябокінь, М.В., Котух, Є.В. (2024). RWA-токенизація як інструмент економічного зростання. Всеукр. наук.-практ. конф. «Економіка країни в умовах глобальних викликів: наукові підходи та практика реалізації». ОНУ



імені І.І. Мечникова, 62-66. DOI: <https://doi.org/10.36059/978-966-397-415-6-14>

3. Andreieva, A., & Rudenko, D. (2022). How blockchain tokenization is changing the world. The 2nd International Scientific and Practical conference «Science and Innovation of the modern world», Cognum Publishing House.
4. Belinska, Ya.V., Onyshko, S.V., & Diuk, R.I. (2023). Tokenization of financial assets as an innovative direction of financial market development. Scientific Notes of Ostroh Academy National University, «Economics» Series: scientific journal, 30(58).
5. Bloomberg (2024, March 27). BlackRock's Tokenized Fund Draws \$240 Million Since Debut. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2024-03-27/blackrock-tokenized-fund-draws-160-million-in-week-since-debut>
6. Fehr, K., Roesti, Y. (2024). Real-world asset tokenisation: A game changer for global trade. <https://www.hkdca.com/wp-content/uploads/2024/07/rwa-tokenization-game-changer-global-trade-synpulse.pdf>
7. Lim, Y.Q. (2024). US, Indonesia & Türkiye Lead With 33% of RWA Crypto Interest. CoinGecko Research.
8. Liveplex. (2024). <https://www.liveplex.xyz/>
9. Makaliuk, I., Falko, M., & Zakharov, N. (2023). Tokenization of securities: features and prospects for Ukraine. *Efficient Economy*: electronic journal, 1. DOI: 10.32702/2307-2105.2023.1.34
10. Martynov, A. (2023). Tokenization of assets and their use. Escripto. <https://www.escripto.com/uk/blog/tokenization-of-assets>
11. Riabokin, M., Kotukh, Y. (2024). RWA-tokenization as a tool for attracting investments and developing post-war Ukraine. *Global Scientific and Academic Research Journal of Economics, Business and Management*, 3(11), 64-77. <https://gsarpublishers.com/wp-content/uploads/2024/11/GSARJEBM2192024-Gelary-script.pdf>
12. Tokenization: Realizing the vision of a future financial ecosystem (2024). <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/financial-services/us-bda-steering-tokenized-assets-pov.pdf>
13. Tokenized funds go mainstream: Asia and us lead adoption race (2023). Calastone. <https://www.calastone.com/news/tokenised-funds-go-mainstream-asia-and-us-lead-adoption-race/>

#### REFERENCES:

1. Andreieva, A., & Rudenko, D. (2022). How blockchain tokenization is changing the world. The 2nd International Scientific and Practical conference «Science and Innovation of the modern world», Cognum Publishing House.
2. Belinska, Ya.V., Onyshko, S.V., & Diuk, R.I. (2023). Tokenization of financial assets as an innovative direction of financial market development. Scientific Notes of Ostroh Academy National University, «Economics» Series: scientific journal, 30(58).

3. Bloomberg (2024, March 27). BlackRock's Tokenized Fund Draws \$240 Million Since Debut. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2024-03-27/blackrock-tokenized-fund-draws-160-million-in-week-since-debut>
4. Fehr, K., Roesti, Y. (2024). Real-world asset tokenisation: A game changer for global trade. <https://www.hkdca.com/wp-content/uploads/2024/07/rwa-tokenization-game-changer-global-trade-synpulse.pdf>
5. Hulei, A.I., Kotukh, Ye.V., Riabokin, M.V. (2024). RWA-tokenizatsiia yak innovatsiinyi mekhanizm zaluchennia investytsii ta zbilshennia nadkhodzen mistsevykh biudzhativ. *Ekonomika ta suspilstvo*, 64. [in Ukrainian]  
DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-64-22>
6. Lim, Y.Q. (2024). US, Indonesia & Türkiye Lead With 33% of RWA Crypto Interest. CoinGecko Research.
7. Liveplex. (2024). <https://www.liveplex.xyz/>
8. Makaliuk, I., Falko, M., & Zakharov, N. (2023). Tokenization of securities: features and prospects for Ukraine. *Efficient Economy: electronic journal*, 1.  
DOI: [10.32702/2307-2105.2023.1.34](https://doi.org/10.32702/2307-2105.2023.1.34)
9. Martynov, A. (2023). Tokenization of assets and their use. *Escrypto*.  
<https://www.escrypto.com/uk/blog/tokenization-of-assets>
10. Riabokin, M.V., Kotukh, Ye.V. (2024). RWA-tokenizatsiia yak instrument ekonomichnoho zrostantia. *Vseukr. nauk.-prakt. konf. «Ekonomika krainy v umovakh hlobalnykh vyklykiv: naukovy pidkhody ta praktyka realizatsii»*. ONU imeni I.I. Mechnykova, 62-66. DOI: <https://doi.org/10.36059/978-966-397-415-6-14> [in Ukrainian]
11. Riabokin, M., Kotukh, Y. (2024). RWA-tokenization as a tool for attracting investments and developing post-war Ukraine. *Global Scientific and Academic Research Journal of Economics, Business and Management*, 3(11), 64-77.  
<https://gsarpublishers.com/wp-content/uploads/2024/11/GSARJEBM2192024-Gelary-script.pdf>
12. *Tokenization: Realizing the vision of a future financial ecosystem* (2024).  
<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/financial-services/us-bda-steering-tokenized-assets-pov.pdf>
13. *Tokenized funds go mainstream: Asia and us lead adoption race* (2023). Calastone. <https://www.calastone.com/news/tokenised-funds-go-mainstream-asia-and-us-lead-adoption-race/>

**Отримано редакцією / Received: 04.10.24**

**Прорецензовано / Revised: 10.10.24**

**Схвалено до друку / Accepted: 20.10.24**