

І. В. Шкодінa,

*д. е. н., професор, професор кафедри міжнародного бізнесу та консалтингу,
Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна*

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4035-3188>

Р. А. Чемчикaленко,

*к. е. н., доцент, доцент кафедри міжнародного бізнесу та консалтингу,
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна*

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1064-0864>

DOI: 10.32702/2306-6814.2025.3.28

МОДЕЛЬ ІНТЕГРАЦІЇ ЦИФРОВИХ ФІНАНСІВ У СТІЙКЕ ФІНАНСУВАННЯ В УМОВАХ ФРАГМЕНТОВАНОЇ ЕКОНОМІКИ

I. Shkodina,

*Doctor of Economic Sciences, Full Professor,
Professor of the Department of International Business and Consulting,
V.N. Karazin Kharkiv National University*

R. Chemchykalenko,

*PhD in Economics, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of International Business and Consulting, V. N. Karazin Kharkiv National University*

THE MODEL OF INTEGRATING DIGITAL FINANCE INTO SUSTAINABLE FINANCING IN A FRAGMENTED ECONOMY

У контексті глобального переходу до стійкої економіки та посилення ролі цифрових технологій, інтеграція цифрових фінансів у стійке фінансування стає важливим науковим і практичним завданням. У статті розглядаються ключові аспекти використання сучасних цифрових технологій — блокчейн, децентралізованих фінансів (DeFi), штучного інтелекту (AI) та Інтернету речей (IoT) для досягнення екологічних цілей та активізації інвестицій у сталий розвиток. Актуальність дослідження обумовлена зростаючою необхідністю модернізації фінансових інструментів для подолання кліматичних викликів.

Ця стаття пропонує модель, яка поєднує токенизацію активів, децентралізовані фінанси (DeFi) та динамічний моніторинг ESG-даних у режимі реального часу для забезпечення прозорості, доступності та ефективності зеленого фінансування. Представлено кількісну модель, що дозволяє прогнозувати вплив цифрових інновацій на залучення інвестицій у сталі проєкти, зниження трансакційних витрат та усунення бар'єрів доступу для приватних інвесторів.

Стаття буде корисною для науковців, аналітиків, регуляторів і практиків, які працюють у сфері цифрових фінансів та сталого розвитку.

The increasing urgency of addressing climate challenges and transitioning to sustainable economic models has positioned the integration of digital finance into sustainable financing as a transformative solution. This article develops a comprehensive model that combines asset tokenization, decentralized finance (DeFi), and dynamic monitoring of ESG data to create a transparent, efficient, and accessible framework for green financing. This model is particularly relevant for fragmented economies where disparities in financial access and regulatory inconsistencies pose significant barriers to investment in sustainable projects.

The proposed model introduces innovative mechanisms, integrating real-time ESG data analysis to assess the environmental, social, and governance (ESG) compliance of projects. By leveraging tokenization and DeFi solutions, the model facilitates democratized access to sustainable investments, reducing reliance on traditional financial intermediaries. It emphasizes inclusivity by enhancing the participation of small and medium-sized enterprises (SMEs) and individual investors, addressing critical barriers to entry such as transaction costs and limited access to traditional capital markets.

By quantifying the relationship between ESG risks and returns, the model provides a robust decision-making tool for investors. Moreover, the integration of blockchain technology and real-time monitoring ensures high levels of transparency and accountability, mitigating risks such as greenwashing.

Overall, the proposed model offers a multifaceted approach to integrating digital finance into sustainable financing, addressing key challenges such as economic fragmentation, regulatory inconsistencies, and financial exclusion. It provides a scalable and adaptable solution for accelerating sustainable development while fostering economic resilience. This article is of significant interest to researchers, policymakers, and stakeholders engaged in the fields of digital finance, sustainability, and economic integration, offering actionable insights for advancing global green financing strategies.

Ключові слова: стійке фінансування, децентралізоване фінансування, токенизація активів, блокчейн, Green FinTech.

Key words: sustainable finance, decentralized finance, asset tokenization, blockchain, Green FinTech.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Глобальний економічний ландшафт формується під впливом фрагментації, яка зумовлена розбіжностями в управлінні, торговельній політиці та економічних пріоритетах. Глобальна фрагментація створює значні ризики для багатосторонніх зусиль, які спрямовані на боротьбу зі зміною клімату. ЄС прагне досягти вуглецевої нейтральності до 2050 року, що вимагає інвестицій у стійкі проєкти, які можуть сягнути \$275 трлн. Традиційні фінансові механізми не справляються з цими масштабами через високі транзакційні витрати, відсутність прозорості та ризики зловживань. Використання цифрових фінансових платформ і децентралізованих фінансових рішень дозволить збільшити обсяг інвестицій у зелені технології та зменшити витрати на залучення капіталу.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Останнім часом сталий розвиток і цифровізація посідають центральне місце в дискусіях науковців. Аналіз літератури показує, що DeFi сприяє підвищенню доступності фінансових послуг, знижує транзакційні витрати та забезпечує прозорість операцій, що є критично важливим для фінансування екологічно стійких проєктів. Підкреслюється важливість інтеграції фінтех-інструментів, включаючи штучний інтелект, машинне навчання, аналітику великих даних і блокчейн для підвищення ефективності фінансових послуг і відкриття нових шляхів для ініціатив сталого розвитку [14; 18]. Фінансові інновації дають змогу інтегрувати принципи циркулярної економіки з екологічними та соціальними факторами (ESG — environmental, social, governance) у свої стратегічні рішення [9]. Багато досліджень зосереджено на впливі зеленого фінансування на макrorівні та наслідках впровадження зеленого фінансування [1; 19]. Зелене фінансування не тільки збільшує економічне зростання, особливо в країнах, що розвиваються, але й також бореться з основними економічними викликами — безробіттям, бідністю, нерівністю та соціальними проблемами [7].

Підкреслюється вирішальна роль фінансового сектора у переході до сталого розвитку [8; 18]. Досліджен-

ня підкреслюють необхідність розширення та вдосконалення ринку екологічного фінансування для вирішення проблем сталого розвитку. Рекомендовані стратегії включають посилення зеленого фінансування через цифровізацію та сприяння освіті сталого розвитку [13]. Розглядається потенціал DeFi для трансформації міжнародного бізнесу шляхом створення доступних фінансових послуг без участі традиційних посередників, що сприяє фінансовій доступності [4].

Аналіз літератури свідчить про те, що інтеграція цифрових фінансів у стійке фінансування є перспективним напрямом, який може значно підвищити ефективність та доступність екологічно орієнтованих інвестицій.

ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ

Мета статті полягає у розробці та науковому обґрунтуванні моделі інтеграції цифрових фінансів у стійке фінансування, яка враховує особливості регуляторного середовища, соціально-економічні виклики та технологічні обмеження. Модель спрямована на підвищення ефективності інвестування у стійкі проєкти шляхом впровадження токенизації активів, децентралізованих фінансових інструментів (DeFi) та динамічного моніторингу ESG-параметрів.

Методологічний підхід до розробки моделі інтеграції цифрових фінансів у стійке фінансування враховує багатовимірний характер проблеми та базується на поєднанні кількісних і якісних методів дослідження. Для кількісного обґрунтування моделі використано математичний апарат регресійного аналізу та оптимізаційні методи.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Традиційні фінансові системи, які засновані на домінуванні централізованих інституцій, виявили значну обмеженість у своїй здатності адаптуватись до сучасних глобальних викликів і криз. Централізовані фінансові інституції часто стикаються зі структурними недоліками, які перешкоджають їхній ефективності. По-перше, складні бюрократичні процедури та транзакційні витрати уповільнюють ухвалення рішень та реалізацію

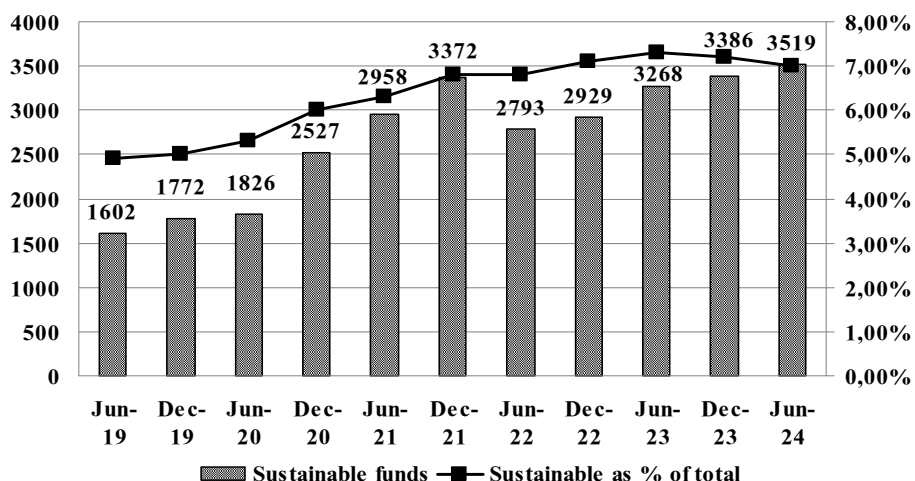


Рис. 1. Активи стійких фондів, млрд дол. США

Джерело: [12].

фінансових програм. По-друге, централізований характер управління фінансовими потоками робить систему вразливою до корупції, зловживань, о знижує її прозорість. По-третє, існуючі механізми управління ризиками часто не враховують системного характеру сучасних глобальних криз (фінансова криза 2008 р., економічні наслідки пандемії COVID-19). Окрім того, традиційні фінансові системи не завжди відповідають вимогам стійкого розвитку. Високий рівень залежності від викопного палива, неефективність механізмів фінансування зелених ініціатив і обмежений доступ до інвестиційних ресурсів для малих та середніх підприємств (особливо в країнах, що розвиваються) додатково підкреслюють їхню обмежену спроможність.

У 2020 році обсяг сталих інвестицій становив \$35,3 трлн, а в 2022 році цей показник сягнув \$37,8 трлн (зростання на 7%). Але вирішення проблем зміни клімату та навколишнього середовища вимагає набагато більших інвестицій — до 2050 р. необхідно від 125 до 275 трлн дол. США [6]. Політики в усьому світі мають стимулювати стійке інвестування шляхом створення фінансових стимулів та необхідної нормативної бази, яка сприятиме надходженню інвестицій в стійкі проекти.

Найбільше стійких фондів зареєстровано в Європі, де знаходиться 88% їхньої сукупної вартості. Також вони активно працюють у Північній Америці. Однак, через посилення стандартів (наприклад, у США та ЄС), темпи приросту у 2023 — 2024 р. сповільнилися [3]. Згідно зі звітом Інституту сталого інвестування Morgan Stanley "Стала реальність", станом на перше півріччя 2024 року обсяг активів у глобальних стійких інвестиційних фондах досяг \$3,5 трлн, що становить 7% від загального обсягу активів у глобальних фондах. Зростання порівняно з кінцем 2023 року склало 3,9%. У першому півріччі 2024 року чистий приплив у ці фонди становив \$20 млрд. Це включає \$22 млрд. в першому кварталі та відтік у другому кварталі \$2 млрд., який відбувся вперше з 2022 р. [11].

Традиційні фінансові системи заохочують бізнес зосереджуватись на фінансовій звітності, яка не враховує фактори ESG в фінансових моделях, що призводить до того, що гроші надходять у шкідливі для навколишнього середовища галузі, в результаті чого підривається

ся довгострокове стійке зростання [14]. Бізнес зазвичай очікує швидкої фінансової віддачі. Галузі, які використовують викопне паливо або неекологічні технології, продовжують домінувати та надавати більш вигідні можливості для бізнесу. Стійкі інвестиції часто мають довший термін окупності, що знижує інтерес компаній, які прагнуть максимізувати короткострокові прибутки в умовах глобальної невизначеності. Багато компаній не мають доступу до якісних ESG-даних або стандартизованих методик оцінки ефективності екологічних проектів. Це ускладнює оцінку ризиків і переваг таких інвестицій.

Військові конфлікти, політична нестабільність або економічна рецесія також знижують готовність компаній до інвестицій.

Однією з ключових складових трансформації сучасних фінансових систем стає децентралізація, яка дозволяє створити більш прозорі, інклюзивні та ефективні економічні моделі. Технології блокчейну та розподілених реєстрів (DLT) радикально змінюють традиційний підхід до фінансових операцій, усувають потребу в централізованих установах, що значно скорочує транзакційні витрати. За останні роки ринок децентралізованих фінансів (DeFi) постійно зростає із середньорічним темпом зростання (CAGR) 45,36% [5]. На кінець 2024 р. загальна вартість активів у DeFi, досягла 146 млрд. дол. США [20]. DeFi-платформи, такі як Aave чи Compound, забезпечують користувачам можливість отримати кредити без посередників. Головною перевагою цих платформ є автоматизація процесу за допомогою смарт-контрактів, які дозволяють швидко й безпечно здійснювати операції. У сфері трейдингу децентралізовані біржі (Uniswap і SushiSwap) дозволяють здійснювати обмін активів безпосередньо між користувачами без потреби в централізованому посереднику. Такий механізм не тільки знижує витрати, а й мінімізує ризик маніпуляцій із боку біржі. Отже, DeFi збільшує інклюзивність фінансової системи, оскільки залучаються групи населення, які раніше були виключені через географічні, економічні або соціальні обмеження.

DeFi інтегрується з традиційними фінансами (TradFi) та використовує гібридні фінансові продукти, які поєднують переваги обох систем (DeFi і TradFi). Ці продукти включають токенизовані цінні папери та децентралізовані торгові платформи, які пропонують традиційні фінансові інструменти. Така інтеграція забезпечує легкий доступ всіх учасників до цих фінансових систем, що дозволяє компаніям залучати більше фінансових ресурсів для своїх проектів. Ця синергія також підвищує довіру інвесторів, оскільки відбувається поєднання надійності традиційного фінансування та інноваційності децентралізованого фінансування.

Не зважаючи на суворі регуляторні заходи та правову невизначеність у багатьох країнах, зокрема у США та ЄС (вимоги до дотримання KYC/AML (знай свого

клієнта та протидія відмиванню грошей) тощо), шахрайства та хакерські атаки (за оцінками аналітиків, втрати від шахрайства у DeFi у 2024 р. перевищили 1,5 млрд дол. США), ринок продовжуватиме зростати. За прогнозами експертів MilkRoadPRO до кінця 2025 р. загальна вартість активів у DeFi може зрости до 700 млрд. дол. США [10]. Це свідчить про стрімке впровадження децентралізованих рішень, що відповідає сучасним викликам фрагментованої економіки та посилює глобальну економічну інтеграцію.

Використання блокчейну та токенизації активів відкриває унікальні можливості для залучення інвестицій у зелені проекти. Загальновідомо, що блокчейн, особливо на основі proof-of-work (PoW), споживає значну кількість енергії, що суперечить цілям стійкого розвитку. Але на сьогодні існує протокол proof-of-stake (PoS), що є енергоефективнішим. Ці технології забезпечують не лише доступність екологічно орієнтованих активів для інвесторів, але й створюють основу для прозорих, ефективних і стійких фінансових систем [2].

Токенизація активів дозволяє розділити традиційні фінансові інструменти. Спочатку токенизація була зосереджена на нерухомості та мистецтві. Сьогодні токенизується все — від товарів і корпоративних облігацій до інтелектуальної власності та інфраструктурних проектів. Така різноманітність не тільки демонструє універсальність токенизації, але й розширює коло потенційних інвесторів і ринків, збагачує екосистему та підвищує ліквідність. Це дає змогу залучати інвестиції через однорангові транзакції (P2P) та усуває потребу у посередниках, що знижує трансакційні витрати. Станом на початок 2024 року ринкова вартість токенизованих активів досягла 2,77 млрд. дол. США [16]. Згідно з звітом Boston Consulting Group (BCG) і ADDX, до 2030 р. токенизація активів досягне 16 трлн дол., або 10% світового ВВП.

У контексті стійкого фінансування токенизація сприяє доступності інвестування для дрібних інвесторів. Токени зелених активів забезпечать чітку прив'язку фінансових інвестицій до екологічних результатів, що підвищить довіру інвесторів. Важливо зазначити, що використання блокчейну та токенизації залежить від технологічної інфраструктури, яка не завжди доступна в країнах, що розвиваються. Наприклад, у деяких регіонах обмежений доступ до інтернету, населення фінансово неграмотне, що стримує інтеграцію таких рішень. Також токенизація зелених активів стикається з різними правовими обмеженнями та недосконалістю нормативної бази. У багатьох країнах ще не прийнято законодавства щодо управління токенами, що може створити юридичні ризики для інвесторів.

Близько 60% DeFi-платформ, що орієнтовані на стійкі проекти, використовують рішення штучного інтелекту (ШІ) для аналізу та верифікації проектів. ШІ у стійкому інвестуванні є ключовим інструментом для аналізу великих обсягів ESG даних, що підвищує ефек-

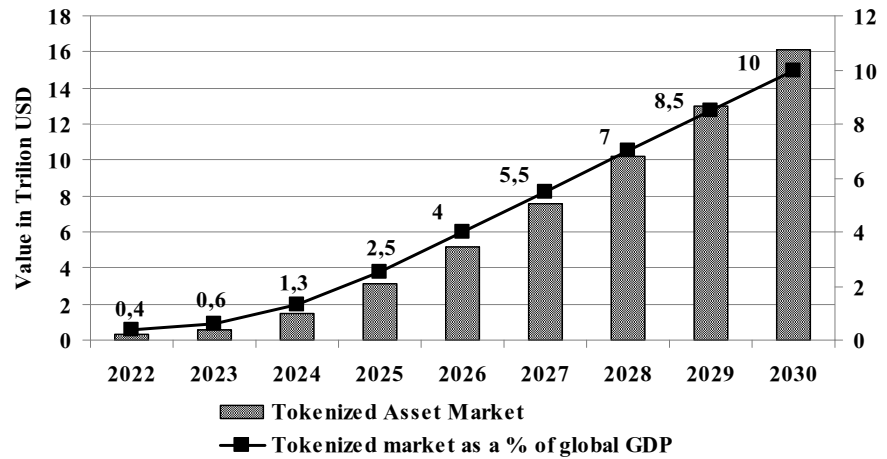


Рис. 2. Токенизація глобальних активів до 2030 року

Джерело: [16].

тивність прийняття рішень і прозорість інвестиційних процесів. DeFi-платформи з ШІ можуть створювати токенизовані зелені активи. Платформи Nori та CarbonX використовують ШІ для перетворення вуглецевих кредитів на цифрові активи. Інструменти ШІ допомагають перевіряти проекти на відповідність ESG-стандартам перед токенизацією. ШІ підвищує ефективність верифікації ESG-даних на 30% — 40% у порівнянні з традиційними методами [15]. ШІ прогнозує, як ті чи інші проекти впливатимуть на довкілля та суспільство. Наприклад, він може моделювати ефекти впровадження зеленої енергетики в певному регіоні або оцінювати перспективи інвестицій у вуглецеві кредити. ШІ може в режимі реального часу контролювати, як фінансовані проекти відповідають заявленим цілям (наприклад, зменшенню викидів вуглецю). Це знижує ймовірність маніпуляцій і підвищує прозорість.

Для прискорення впровадження токенизації зелених активів необхідна регуляторна підтримка цифрових технологій, залучення традиційних фінансових інституцій до використання блокчейну та розвиток стандартів ESG для підвищення прозорості та достовірності даних. Ці кроки сприятимуть створенню фінансових систем, які відповідають викликам майбутнього і стимулюють зростання інвестицій у стійкий розвиток.

Для перетворення сталого фінансування з теоретичної концепції на практичний механізм, який здатний мобілізувати ресурси для створення екологічно, соціально та економічно стійкого майбутнього, вважаємо за доцільне створення Моделі інтеграції цифрових фінансів у стійке фінансування, яка спрямована на вирішення ключових недоліків традиційних систем стійкого фінансування через використання сучасних цифрових технологій. Ця модель інтегрує сучасні цифрові технології, такі як блокчейн, DeFi та ШІ, для створення ефективного, прозорого та інклюзивного фінансового середовища.

Модель базується на трьох взаємопов'язаних компонентах:

1. Токенизація зелених активів. Використання блокчейну для створення цифрових активів, що представляють зелені проекти (відновлювані джерела енергії, вуглецеві кредити тощо) забезпечує доступність і прозорість. Токенизація зменшує бар'єри для дрібних інвес-

торів і розширює доступ до інвестицій різних верст населення. Для посилення безпеки токенизованих активів можна використовувати квантово-стійкі криптографічні методи, що захистять систему від потенційних загроз у майбутньому. Цей підхід дозволить в режимі реального часу відстежувати рух коштів до конкретних проєктів та підвищить їх прозорість.

Для розрахунку доступності токенизованого активу для інвесторів використовуємо формулу, яка враховує фактори ризику, ліквідності і часовий горизонт інвестицій:

$$A_{invest} = \frac{V_{token} \times S_{fractions}}{P_{entry} \times R_{risk} \times L_{liquidity} \times H_{time}} \quad (1),$$

де A_{invest} — обсяг доступного активу для окремого інвестора;

V_{token} — загальна вартість токенизованого активу;

$S_{fractions}$ — кількість токенизованих часток (fractional ownership);

P_{entry} — вхідна сума інвестиції;

R_{risk} — коефіцієнт ризику активу (від 0 до 1, де 1 — найменший ризик);

$L_{liquidity}$ — коефіцієнт ліквідності (від 0 до 1, де 1 — повна ліквідність);

H_{time} — часовий коефіцієнт (наприклад, дисконтування, пов'язане з інвестиційним горизонтом).

За допомогою цієї формули можна оцінити, наскільки привабливим є токенизований актив для різних груп інвесторів залежно від їхніх уподобань і фінансових можливостей. Чим менше значення P_{entry} , тим ширший діапазон інвесторів зможе брати участь у проєкті, тим більша фінансова доступність проєкту. Якщо загальна вартість активу V_{token} є занадто високою, то це може обмежувати доступність для малих інвесторів навіть за низького P_{entry} . Велика кількість $S_{fractions}$ підвищує гнучкість для інвесторів та дозволяє їм придбати невелику частку активу. Отже, для покращення доступності активу необхідно знижувати P_{entry} для залучення дрібних інвесторів, забезпечувати прозорість оцінки токенизованого активу (V_{token}) для підвищення довіри та збільшувати кількість токенизованих часток ($S_{fractions}$) для надання дрібним інвесторам можливості їх придбати.

2. Децентралізовані фінансові платформи, які використовують смарт-контракти для залучення інвестицій у зелені проєкти без участі традиційних фінансових посередників. Це знижує трансакційні витрати та прискорює фінансові операції. Використання блокчейн-протоколів на основі Proof-of-Stake (PoS) чи інших енергоефективних методів зменшать енергоспоживання, що важливо в стійких проєктах.

Оптимізація витрат у системі децентралізованих фінансів (DeFi) може бути представлена такою формулою:

$$C_{opt} = \frac{\sum_{i=1}^n (T_i \times R_i)}{E_{gas} \times G} \quad (2),$$

де C_{opt} — оптимізовані трансакційні витрати;

T_i — обсяг трансакції (у токенах або фіатному еквіваленті);

R_i — рівень комісії за конкретну трансакцію i ;

E_{gas} — середня ефективність використання gas (використовується для розрахунку комісій у блокчейнах);

G — середня вартість gas на момент виконання трансакції;

n — загальна кількість трансакцій у системі.

Формула враховує такі фактори, як обсяг трансакцій, рівень комісій, ефективність використання ресурсу gas, що робить її точнішою в умовах сучасних DeFi-протоколів. Вона дозволяє оцінити, як зменшення комісій або вибір часу для проведення трансакцій (коли вартість G є мінімальною) може сприяти зниженню загальних витрат. Обсяг і комісія за трансакцію визначають, наскільки дорогими є трансакції залежно від їх розміру та рівня комісії, яка може змінюватися в різних протоколах DeFi. Gas є ключовим показником витрат у блокчейн-трансакціях. Підвищення ефективності використання E_{gas} допомагає зменшити витрати. Ця формула може бути використана в аналізі фінансових потоків у DeFi для оцінки економічної доцільності певних протоколів, визначення найбільш ефективних моментів для проведення трансакцій або переходу на протоколи з більш оптимальними умовами.

3. Динамічний моніторинг ESG-даних. Завдяки ШІ та IoT модель забезпечує моніторинг ESG-комплаєнсу в режимі реального часу. Оцінка відповідності проєкту ESG-стандартам за допомогою інтеграції IoT та ШІ може бути виражена через формулу, яка враховує як базові показники ESG, так і динамічні зміни в часі, з урахуванням вагових коефіцієнтів, впливу зовнішніх факторів та випадкових складових:

$$ESG_{score}(t) = \alpha \cdot E(t) + \beta \cdot S(t) + \gamma \cdot G(t) + \delta \cdot X(t) + \epsilon(t) \quad (3),$$

де $ESG_{score}(t)$ ESG — інтегрована оцінка ESG на момент часу t ;

$E(t)$, $S(t)$, $G(t)$ — показники екологічних (Environmental), соціальних (Social) та управлінських (Governance) факторів відповідно на момент часу t ;

α , β , γ — вагові коефіцієнти, що визначають відносний вплив компонентів ESG (можуть бути змінними залежно від галузі чи регіону);

$X(t)$ — сукупний вплив зовнішніх факторів (наприклад, макроекономічні умови, регуляторна політика, ринкова волатильність) на момент часу t ;

δ — ваговий коефіцієнт для зовнішніх факторів;

$\epsilon(t)$ — випадкова складова, що враховує помилки вимірювань, невизначеності або інші нерегулярні впливи.

Особливістю такого підходу є врахування залежності від часу (t), що дозволяє відображати змінність ESG-даних у реальному часі, що важливо для динамічного моніторингу. Додавання змінних, що враховують макроекономічні умови або ринкові ризики $X(t)$, робить формулу релевантною для більш складних фінансових і регуляторних середовищ. Врахування вагових коефіцієнтів (α , β , γ , δ) дозволяє калібрувати параметри залежно від галузі, регіону чи стратегічних пріоритетів, що робить формулу адаптивною до конкретних умов. Включення випадкових змінних дозволяє врахувати неточності у вимірюваннях чи непередбачувані ринкові події.

Зведена формула, яка враховує як економічні, так і соціальні, екологічні та технологічні аспекти для оцінки загальної ефективності моделі:

$$\text{Efficiency}_{\text{model}} = w_1 \cdot A_{\text{invest}} + w_2 \cdot C_{\text{saved}} + w_3 \cdot \text{ESG}_{\text{score}} + w_4 \cdot R_{\text{tech}} + w_5 \cdot S_{\text{soc}} \quad (4),$$

де $\text{Efficiency}_{\text{model}}$ — загальна ефективність моделі;

w_1, w_2, w_3, w_4, w_5 — ваги кожного з компонентів, які відображають їхню значущість у загальній стратегії;

A_{invest} — доступність токенизованих активів для інвесторів;

C_{saved} — економія витрат на транзакції;

$\text{ESG}_{\text{score}}$ — інтегральний показник ESG-відповідності проєктів;

R_{tech} — коефіцієнт технологічної адаптації, що враховує ступінь інтеграції сучасних технологій (наприклад, IoT, блокчейн, AI);

S_{soc} — соціальний вплив моделі, який включає зростання фінансової грамотності, рівень довіри інвесторів і соціальну прийнятність інновацій.

Ця зведена формула може бути використана для моделювання сценаріїв, прогнозування впливу різних змінних на ефективність моделі, а також для оцінювання потенціалу інтеграції цифрових фінансів у глобальні стійкі стратегії. Перевагами такого підходу є те, що модель охоплює всі ключові аспекти стійкого фінансування — економічний, екологічний, технологічний та соціальний. Вагові коефіцієнти w_i можна адаптувати залежно від пріоритетів в конкретній країні (наприклад, у ЄС або Україні) а інтеграція додаткових змінних (юридичні або культурні обмеження) дозволяє адаптувати формулу до специфіки конкретного ринку. Формула дозволяє також кількісно оцінити ефективність моделі за наявності відповідних даних, що полегшує порівняння різних підходів.

ВИСНОВКИ

В умовах глобальної турбулентності стійкі цифрові фінанси є трансформаційним рішенням, що здатне вирішити подвійні вимоги екологічної стійкості та економічної ефективності. Розроблена модель є перспективною як для дослідницької спільноти, так і для практичного застосування. Її новизна полягає у поєднанні інструментів цифрових фінансів (DeFi, токенизація, блокчейн) з вимогами стійкого розвитку та ESG-принципів. Це створює передумови для формування нових підходів до залучення капіталу в зелені інвестиції, серед яких вирішення реальних проблем, таких як бар'єри доступу до інвестицій для малих підприємств та приватних осіб, скорочення трансакційних витрат та боротьба з зеленим відмиванням. Завдяки технологіям блокчейну та токенизації, малі та середні підприємства отримують доступ до фінансування зелених ініціатив. Це сприятиме інноваціям у сфері відновлюваної енергетики, енергоефективності та скорочення викидів. Використання цифрових фінансів дозволить зменшити залежність від традиційних фінансових посередників і підтримати фінансову стабільність навіть у кризових умовах. Для ЄС це означає пришвидшення досягнення кліматичних цілей, а для України — можливість стати активним учасником європейської фінансової системи та залучити інвестиції для повоєнного відновлення у сталий спосіб. Українські підприємства отримають доступ до фінансування стійких проєктів через децентралізовані фінансові платформи, що сприятиме економічному зростанню та підвищенню їх конкурентоспроможності на ринках ЄС. Використання цифрових фінансових рішень дозволить Україні

ефективніше адаптувати своє законодавство та фінансові інститути до вимог ЄС.

Подальші дослідження будуть зосереджені на проведенні емпіричного тестування моделі. Особливий акцент буде зроблено на адаптації моделі до специфіки економік, що розвиваються, враховуючи рівень цифровізації, доступність технологій та регуляторні обмеження. Враховуючи, що інтеграція цифрових фінансів у стійке фінансування потребує активного залучення дрібних приватних інвесторів, то розробка стратегій підвищення цифрової грамотності (обізнаність щодо токенизації, блокчейну, DeFi) є одним із пріоритетів державної політики та закладів освіти. Загалом, запропонована модель є багатофункціональним інструментом, який здатен забезпечити більш прозоре, доступне та стійке фінансування.

Література:

1. Alsharif, M.H. Green IoT: A Review and Future Research Directions // Symmetry. 2023. Vol. 15, No. 3, pp. 757. URL: https://www.researchgate.net/publication/369369399_Green_IoT_A_Review_and_Future_Research_Directions.
2. Blockchain In Banking And Financial Services Global Market Opportunities. Research and Markets. 2022. URL: <https://www.researchandmarkets.com/reports>.
3. Global Sustainable Investment Alliance. Global sustainable investment review 2022 // Global Sustainable Investment Alliance. 2022. URL: <https://www.gsi-alliance.org/wp-content/uploads/2023/12/GSIA-Report-2022.pdf>.
4. Harvey, C.R., Rabetti, D. International business and decentralized finance // Journal of International Business Studies. 2024. Vol. 55, pp. 840—863. DOI: <https://doi.org/10.1057/s41267-024-00705-7>.
5. InsightAce Analytics. Decentralized Finance (DeFi) Market // InsightAce Analytics. 2024. URL: <https://www.insightaceanalytic.com/request-sample/1607>.
6. Investing in the Green Economy // Investing in the Green Economy. 2022. URL: <http://surl.li/qgjsx>.
7. Jawadi, F., Pondie, T.M., Cheffou, A.I. New challenges for green finance and sustainable industrialization in developing countries: A panel data analysis // Energy Economics. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2024.108120>.
8. Johannes W.H., Thijssens, T. Corporate involvement in Sustainable Development Goals: Exploring the territory // Journal of Cleaner Production. 2020. Vol. 252. DOI: <http://surl.li/qgjoy>.
9. Kumar, B., Kumar, A., Sassanelli, C., Kumar, L. Exploring the Role of Finance in Driving Circular Economy and Sustainable Business Practices // Journal of Cleaner Production. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.144480>.
10. Milkroad. DeFi will hit \$700B market cap by EOY 2025. Milkroad. 2025. URL: <https://milkroad.com/daily/defi-will-hit-700b-market-cap-by-eoy-2025/>.
11. Morgan Stanley. Global Sustainable Fund Report H1 2024. Morgan Stanley. 2024. URL: <https://www.todayesg.com/morgan-stanley-2024-global-sustainable-fund/>.
12. Morgan Stanley. Sustainable Reality: Modest Outperformance, But Flows Only Slightly Positive. Morgan

Stanley. 2024. URL: https://www.morganstanley.com/content/dam/msdotcom/en/assets/pdfs/RO3865603-Sustainable_Reality_1H_2024_Report-FINAL.pdf.

13. Nie, P., Zhong, J., Ren, Z., Huang, J. Sustainable financing solutions for the growth of resource-driven economies in the digital economy age // *Resources Policy*. 2024. Vol. 98. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.105350>.

14. Passas, I. The Evolution of ESG: From CSR to ESG 2.0 // *Encyclopedia*. 2024. Vol. 4, No. 4, pp. 1711—1720. DOI: <https://doi.org/10.3390/encyclopedia4040112>.

15. Patschke, M. Three Ways AI Can Transform ESG Reporting. *ESG Today*. 2024. URL: <https://www.esg-today.com/guest-post-three-ways-ai-can-transform-esg-reporting/>.

16. Real-World Asset Tokenization 2024: Transforming Investment Landscapes // *LinkedIn Pulse*. 2024. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/real-world-asset-tokenization-2024-transforming-investment-umwtf>.

17. Shkodina, I. Green digital finance: Driving sustainable investments through decentralization and digitalization // *Global Scientific Trends: Economics and Public Administration*. 2024. Vol. 1, No. 1, pp. 90—105. URL: <https://gst-journal.net.ua/index.php/gst/issue/view/1>.

18. Shkodina, I.V. The concept of sustainable digital finance: Integration of sustainable financing with digital innovations // *Business Inform*. 2024. Vol. 2, pp. 237—243. URL: https://www.business-inform.net/export_pdf/business-inform-2024-2_0-pages-237_243.pdf.

19. Shkodina, I.V., Zelen'ko, O.O. Sustainable finance as a factor in the transformation of financial relations // *Business Inform*. 2023. Vol. 2, pp. 204—209.

20. Total DeFi Market Cap. *TradingView*. URL: <https://www.tradingview.com/symbols/TOTALDEFI/>.

References

1. Alsharif, M.H. (2023), "Green IoT: A Review and Future Research Directions", *Symmetry*, vol. 15(3), no. 757, Available at: https://www.researchgate.net/publication/369369399_Green_IoT_A_Review_and_Future_Research_Directions (Accessed 15.12.2024).

2. Research and Markets (2022), "Blockchain In Banking And Financial Services Global Market Opportunities", available at: <https://www.researchandmarkets.com/reports>. (Accessed 16.12.2024).

3. Global Sustainable Investment Alliance. (2022), "Global sustainable investment review 2022", Available at: <https://www.gsi-alliance.org/wp-content/uploads/2023/12/GSIA-Report-2022.pdf>. (Accessed 03.12.2024).

4. Harvey, C.R. and Rabetti, D. (2024), "International business and decentralized finance", *Journal of International Business Studies*, vol. 55, pp. 840—863. <https://doi.org/10.1057/s41267-024-00705-7>.

5. InsightAce Analytics. (2024), "Decentralized Finance (DeFi) Market", Available at: <https://www.insightaceanalytic.com/request-sample/1607>. (Accessed 15.12.2024).

6. Investing in the Green Economy. (2022), Available at: <http://surl.li/qgjsx> (Accessed 09.11.2024).

7. Jawadi, F., Pondie, T.M. and Cheffou, A.I. (2024), "New challenges for green finance and sustainable industrialization in developing countries: A panel data

analysis", *Energy Economics*. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2024.108120>.

8. Johannes, W.H. and Thijssens, T. (2020), "Corporate involvement in Sustainable Development Goals: Exploring the territory", *Journal of Cleaner Production*, vol. 252, Available at: <http://surl.li/qgjoy>. (Accessed 29.11.2024).

9. Kumar, B., Kumar, A., Sassanelli, C. and Kumar, L. (2024), "Exploring the Role of Finance in Driving Circular Economy and Sustainable Business Practices", *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.144480>.

10. Milkroad. (2025), "DeFi will hit \$700B market cap by EOY 2025", Available at: <https://milkroad.com/daily/defi-will-hit-700b-market-cap-by-eoy-2025/>. (Accessed 11.12.2024).

11. Morgan Stanley. (2024), "Global Sustainable Fund Report H1 2024", Available at: <https://www.todayesg.com/morgan-stanley-2024-global-sustainable-fund/>. (Accessed 24.10.2024).

12. Morgan Stanley. (2024), "Sustainable Reality: Modest Outperformance, But Flows Only Slightly Positive", Available at: https://www.morganstanley.com/content/dam/msdotcom/en/assets/pdfs/RO3865603-Sustainable_Reality_1H_2024_Report-FINAL.pdf. (Accessed 24.10.2024).

13. Nie, P., Zhong, J., Ren, Z. and Huang, J. (2024), "Sustainable financing solutions for the growth of resource-driven economies in the digital economy age", *Resources Policy*, vol. 98. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.105350>.

14. Passas, I. (2024), "The Evolution of ESG: From CSR to ESG 2.0", *Encyclopedia*, vol. 4 (4), pp. 1711—1720. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia4040112>.

15. Patschke, M. (2024), "Three Ways AI Can Transform ESG Reporting", *ESG Today*, Available at: <https://www.esgtoday.com/guest-post-three-ways-ai-can-transform-esg-reporting/>. (Accessed 11.12.2024).

16. LinkedIn Pulse. (2024), "Real-World Asset Tokenization 2024: Transforming Investment Landscapes", Available at: <https://www.linkedin.com/pulse/real-world-asset-tokenization-2024-transforming-investment-umwtf> (Accessed 11.12.2024).

17. Shkodina, I. (2024), "Green digital finance: Driving sustainable investments through decentralization and digitalization", *Global Scientific Trends: Economics and Public Administration*, vol. 1 (1), pp. 90—105. Available at: <https://gst-journal.net.ua/index.php/gst/issue/view/1>. (Accessed 15.12.2024).

18. Shkodina, I. (2024), "The concept of sustainable digital finance: Integration of sustainable financing with digital innovations", *Business Inform*, vol. 2, pp. 237—243, Available at: https://www.business-inform.net/export_pdf/business-inform-2024-2_0-pages-237_243.pdf. (Accessed 15.12.2024).

19. Shkodina, I.V. and Zelen'ko, O.O. (2023), "Sustainable finance as a factor in the transformation of financial relations", *Business Inform*, vol. 2, pp. 204—209, (Accessed 15.12.2024).

20. TradingView (2024), "Total DeFi Market Cap", Available at: <https://www.tradingview.com/symbols/TOTALDEFI/> (Accessed 14.11.2024).

Стаття надійшла до редакції 10.01.2025 р.