УДК 338.5: [336.744:004.738.5.(043.2)

О. Ю. Підуст,
аспірант, Національний авіаційний університет
ORCID ID: https://orcid.org/0009-0008-3002-996X

DOI: 10.32702/2306-6814.2025.6.146

ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ЕКОНОМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЦІНОУТВОРЕННЯ ЦИФРОВИХ АКТИВІВ

O. Pidust,
Postgraduate student, National Aviation University

TECHNOLOGICAL AND ECONOMIC FEATURES OF DIGITAL ASSET PRICING

У статті досліджено основні механізми ціноутворення криптоактивів, зокрема на базі Біткоїна та Ефіру, а також ключові чинники, що впливають на їх ринкову вартість. Проаналізовано роль децентралізованих механізмів консенсус-механізмів, таких як "Доказ виконаної роботи" ("Proof-of-Work" PoW) та "Доказу вкладу" ("Proof-of-Stake" PoS), а також їхні переваги та обмеження. Розглядається процес емісії криптовалют та механізми її регулювання, зокрема через механізми халвінгу, у випадку Біткоїна, та редукціону, у випадку Ефіра.

Особливу увагу приділено впливу регуляторних ініціатив на глобальному рівні та їхньому потенційному ефекті на ринок криптоактивів. Аналізуються економічні ризики, пов'язані з високою волатильністю криптовалют, їхньою роллю у міжнародних фінансових операціях, а також загрози монополізації та концентрації контролю у розрізі процесів обробки транзакцій.

Стаття також висвітлює перспективи подальшого розвитку ринку криптоактивів, включаючи можливість інтеграції цифрових активів із CBDC (цифровими валютами центральних банків). Запропоновані рекомендації щодо збалансованого регулювання крипторинку з метою збереження його інноваційного потенціалу та мінімізації фінансових ризиків.

This article provides an in-depth analysis of the pricing mechanisms of cryptoassets, with a particular focus on Bitcoin (BTC) and Ethereum (ETH). It explores the fundamental economic and technological principles that determine their market value, emphasizing the decentralized nature of cryptocurrencies. The study examines the key factors affecting cryptocurrency pricing, including market supply and demand dynamics, investor sentiment, technological advancements, and regulatory developments. A comparative analysis of the two dominant blockchain consensus mechanisms such as "Proof-of-Work" (PoW) and "Proof-of-Stake" (PoS), considering their distinctive features, advantages, and limitations.

A significant part of the research is dedicated to the issuance mechanisms of cryptocurrencies and their inflation control strategies. The article explains how Bitcoin's issuance is governed by a fixed supply of 21 million BTC and the periodic process of halving, which reduces mining rewards and increases Bitcoin's scarcity. Similarly, Ethereum employs a different approach through the reduction (burning) mechanism, which permanently removes a portion of transaction fees from circulation, effectively limiting supply growth.

Furthermore, the study examines the economic and regulatory challenges facing the cryptocurrency market. The paper analyzes the volatility of crypto assets, the potential for price manipulation, and the role of cryptocurrencies in the global financial system. Given the absence of centralized control, digital assets have become an attractive tool for decentralized finance (DeFi), yet they also raise concerns regarding illicit activities, tax evasion, and financial fraud. The article discusses the risks of centralization in staking and mining activities, where large-scale investors or mining pools could dominate network validation, leading to reduced decentralization.

The regulatory landscape surrounding cryptocurrencies is also explored. The article discusses recent legislative frameworks and guidelines introduced by financial authorities, including the EU's MiCA regulation (Markets in Crypto-Assets Regulation) and US cryptocurrency policies. While some governments aim to integrate cryptocurrencies within the traditional financial system, others impose restrictions and bans due to concerns over economic stability and security risks.

Finally, the study presents future perspectives on the cryptocurrency market, forecasting potential trends in market growth, technological development, and regulatory evolution. It is suggested, that as institutional adoption increases and financial regulations become more structured, the volatility and risk associated with cryptocurrencies may decrease, making them more attractive as long-term investment assets. However, challenges remain, including scalability issues, energy consumption concerns, and the need for stronger cybersecurity measures.

Ключові слова: криптовалюта, майнінг, "Доказ виконаної роботи", "Доказ вкладу", халвінг, редукціон, цифрові активи.

Key words: cryptocurrency, pricing, mining, Proof-of-Work, Proof-of-Stake, halving, reduction, regulation, digital assets.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

Сучасний фінансовий світ зазнає суттєвих трансформацій, пов'язаних із цифровізацією економіки та розвитком блокчейн-технології, яка стала основою для появи криптоактивів. Одним із найбільш дискусійних питань наразі залишається ціноутворення криптовалют, яке суттєво відрізняється від традиційних фінансових активів, оскільки не підпорядковується класичним ринковим механізмам і центральному регулюванню.

Основна проблема полягає в тому, що вартість криптоактивів прямо чи опосередковано формується під впливом унікальних факторів, зокрема технологічних аспектів процесу майнінгу, алгоритмів консенсусу, емісійних механізмів, а також спекулятивного інтересу та рівня довіри інвесторів. У зв'язку з цим криптовалюти демонструють надзвичайно високу волатильність, що створює ризики для інвесторів, державних фінансових регуляторів та учасників ринку.

Важливим аспектом дослідження є порівняння механізмів емісії та стримування інфляції на прикладі певних відмінних між собою криптовалютах. Так, Біткоїн використовує механізм халвінгу, що обмежує швидкість створення нових монет, тоді як Ефір впроваджує механізм редукціону через спалювання частини комісійних зборів. Аналіз ефективності цих механізмів є важливим для розуміння перспектив розвитку криптоекономіки.

Окрім цього, має місце і проблема у розрізі регуляторного середовища криптоактивів. Відсутність єдиних міжнародних стандартів регулювання крипторинку створює правову невизначеність, що ускладнює використання криптоактивів у традиційній фінансовій системі.

Таким чином, дослідження механізмів ціноутворення криптоактивів та їхнього регуляторного оточення має не лише теоретичне, але й практичне значення. Визначення ключових чинників формування вартості криптовалют сприятиме кращому прогнозуванню ринкової динаміки, що є важливим як для інвесторів, так і для фінансових регуляторів та економічних аналітиків.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ, В ЯКИХ ЗАПОЧАТКОВАНО РОЗВ'ЯЗАННЯ ДАНОЇ ПРОБЛЕМИ І НА ЯКІ СПИРАЄТЬСЯ АВТОР, ВИДІЛЕННЯ НЕ ВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ, КОТРИМ ПРИСВЯЧУЄТЬСЯ ОЗНАЧЕНА СТАТТЯ

Проблема ціноутворення криптоактивів та їхнього функціонування в умовах децентралізованих мереж активно досліджується в наукових колах. Значна увага приділяється впливу консенсусних механізмів, емісійної політики криптовалют та регуляторного середовища на формування їх ринкової вартості.

Зокрема, дослідження Kim, D., Ryu, D., & Webb, R.I. (2024) у журналі "Financial Innovation" аналізує зв'язок між хешрейтом мережі Bitcoin та рівнем її безпеки. Автори розглядають, як збільшення обчислювальної потужності майнінгу впливає на стабільність мережі та захищеність від атак, що є ключовим фактором у підтримці довіри інвесторів та, відповідно, ціни активу [1].

Дослідження Ayranci F. (2024) фокусується на економічних і технологічних аспектах впровадження блокчейн-систем та їх ролі у фінансовому секторі. Воно розглядає, як вартість довіри та децентралізація впливають на привабливість криптоактивів, що має безпосередній зв'язок із механізмами ціноутворення [2]. Також автор китайський дослідник Chen, J.W. (2024) досліджує питання конфіденційності у криптовалютних транзакціях та їхнього зв'язку із стабільністю ціноутворення. Він розглядає механізми, які можуть оптимізувати систему цифрових платежів, зменшуючи витрати та підвищуючи прозорість транзакцій, що також є важливим фактором ринкової довіри [Chen, J.W. (2024). Optimization of Blockchain Digital Currency Privacy Protection Algorithm. IEEE Conference Proceedings. DOI: 10.1109/10601400]. Також, наявні і роботи вітчизняних дослідників, як Р. Підвисоцького, який досліджує вплив децентралізованих систем на економіку та порівнює різні підходи до ціноутворення криптовалют, зокрема Proof-of-Work і Proof-of-Stake, з точки зору їхньої ефективності та екологічної стійкості [3].

ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ (ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ)

Метою даного дослідження є всебічний аналіз механізмів ціноутворення криптоактивів, зокрема на базі Біткоїна та Ефіру, із урахуванням впливу технологічних, економічних та регуляторних факторів.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ З ПОВНИМ ОБГРУНТУВАННЯМ ОТРИМАНИХ НАУКОВИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Однією з ключових характеристик Біткоїна є обмежена загальна пропозиція такого криптоактиву. Сатоші Накамото (анонімна особа або група осіб), який створив даний актив, заклав у його функціональний протокол фундаментальний економічний механізм, що чітко визначає максимально можливий об'єм емісії на рівні 21 мільйона одиниць. Водночас, дане рішення не обмежує подальше використання Біткоїна, оскільки транзакції можуть здійснюватися в його дрібніших номіналах. На практиці сьогодення, один Біткоїн поділяється на 1 000 000 бітів і може бути розділений до восьми знаків після коми, тобто 0,00000001 BTC. Теоретично, у разі необхідності, можливе подальше зменшення мінімальної одиниці, що значною мірою залежатиме від рівня адаптації активу та його ринкової вартості в майбутньому. [4].

Процес "емісії" Біткоїна реалізується через механізм "майнингу", що є унікальною альтернативою традиційному економічному поняттю грошової емісії центральними банками. Згідно з одним із перших офіційних визначень, наданих Комісією США з питань винесення вироків (US Sentencing Commission) після конференції з питань криптоактивів у 2018 році, майнинг — це процес створення одиниць криптовалюти шляхом виконання програмно-технологічних обчислень, які накладають обмеження на емісію активу. Такий підхід запобігає безконтрольному випуску нових одиниць цифрової валюти, що могло б спричинити її знецінення [5].

Зокрема, майнинг Біткоїна передбачає виконання математичних обчислень комп'ютерним обладнанням для валідації (підтвердження коректності) транзакцій у мережі та забезпечення її безпеки. Як винагороду за цю діяльність майнери — оператори, що підтримують процес валідації блоків у блокчейні — отримують новостворені біткоїни разом із комісійними зборами за підтверджені транзакції. У своїй сутності майнинг функціонує як високоспеціалізований і конкурентний ринок, на якому винагорода розподіляється пропорційно до обсягу виконаних обчислень. Водночас варто зазначити, що на сьогодні лише незначна частина користувачів біткоїна безпосередньо займається даним процесом, оскільки останній вимагає значних обчислювальних потужностей і ресурсів, що робить його менш доступним для широкого загалу.

Розглянемо дещо детальніше технічну компоненту процесу майнингу з точки зору узгодження транзакцій, центральне місце в якому відведено "Протоколу консенсусу (погодження)".

По суті, даний протокол створює систему беззаперечного гарантування транзакційного механізму та узгодження між різними пристроями (вузлами, або ж обслуговуючими центрами блокчейну — майнерами) по розподіленій мережі, запобігаючи внесенню недостовірних даних до системи та/або навмисного викривлення даних у блокчейні.

Протокол консенсусу — це те, що підтримує всі вузли в мережі синхронізованими один з одним, одночасно надаючи відповідь на запитання: "як всі учасники переконаються, що вони згодні у тому, що це істина (що транзакція дійсно відбулась і саме між такими контрагентами та на визначену суму)"? Фактично, будь-хто може подати інформацію для зберігання в блокчейн, а тому важливою компонентою даної системи є наявність перевірки та підтвердження, у формі узгоджувального процесу по типу механізму консенсусу щодо того, чи потрібно додавати

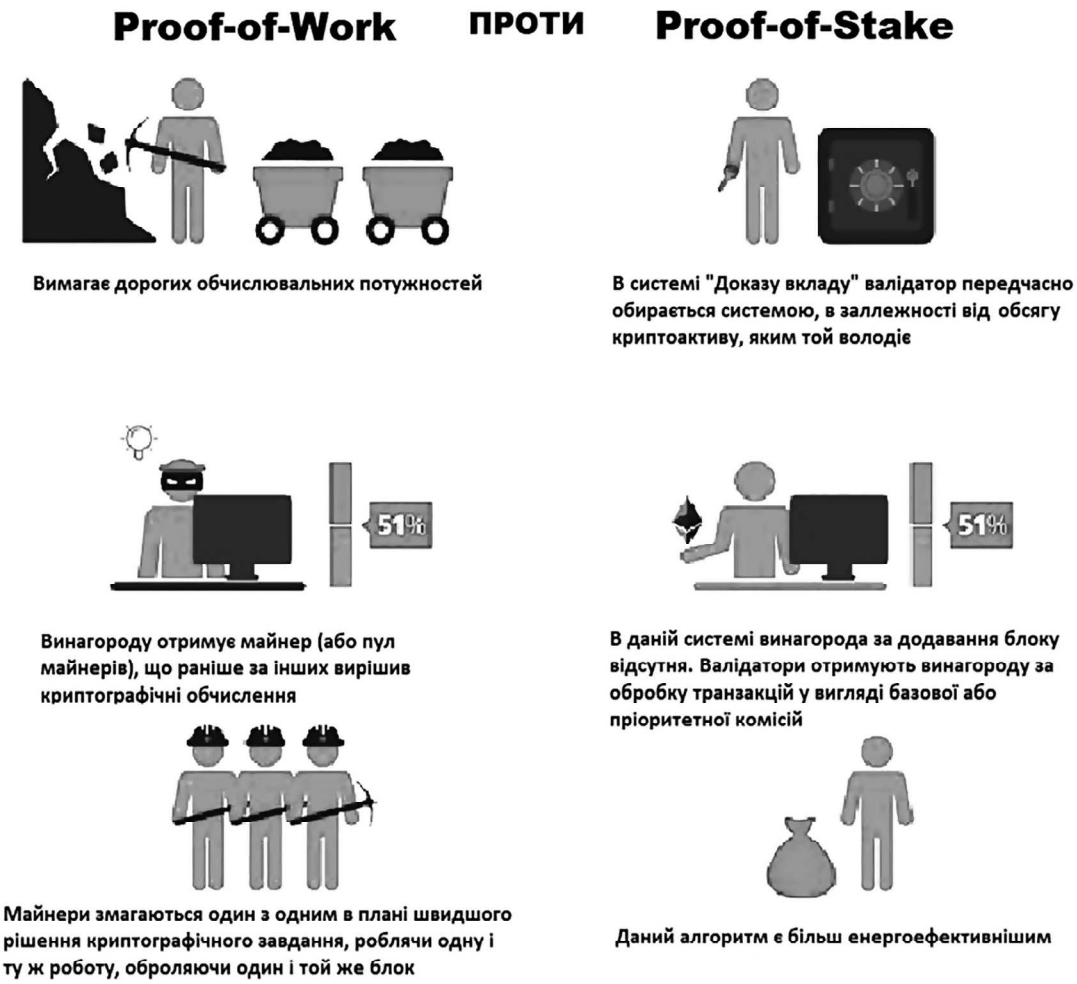

Рис. 1. Схематичне зображення роботи системи "Доказу виконаної роботи"

Джерело: сформовано на основі [8].

цю інформацію до загальної системи (блокчейну) чи ні.

Виходячи із терміну "консенсус" мається на увазі те, що вузли мережі узгоджують один і той же стан блокчейну (його версію), в певному сенсі створюється певна екосистема, що здійснює її самоаудит, по суті — автоматичне контрольне середовище [6].

Це надзвичайно важливий аспект даної технології, який виконує дві ключові функції. По-перше, протокол консенсусу дозволяює оновлювати блокчейн, одночасно забезпечуючи правдивість кожного блоку в ланцюжку, а тому і стимулювати усіх учасників до користування мережею.

По-друге, він заважає будь-якому несанкціонованому втручанню контролювати або спотворювати всю блокчейн-систему. Метою механізму консенсусу є гарантування використання та дотримання єдиного узгодженого істинного ланцюга транзакцій.

Тож, для кращого розуміння основних принципів механізму майнингу криптовалют варто заглибитись у дану специфіку далі, зазначивши різні механізми самого процесу майнингу на прикладі 2 основних, за рівнем капіталізації та популярності криптовалют: біткоїну (BTC) та ефіру (ETH).

Дані криптовалюти мають принципово різні механізми їх процесингу, "емісії" та механізму стримування інфляції: біткоїн — через механізми "Proof of Work" (PoW) та "халвінгу", а ефір — через "Proof of Stake" (PoS) та редукції, відповідно [7].

Екосистема ефіра є більш різноманітною та активною, з безліччю розробників, проектів і додатків, що використовують дану платформу. Біткоїн, хоча і має широке визнання і продовжує бути найбільшою і найвідомішою криптовалютою, використовується більше для зберігання та обміну.

"Доказ виконаної роботи" (від англ. Proof-of-Work (PoW))

Доказ виконаної роботи — це консенсус-протокол, введений в архітектурному середовищі біткоїна і який широко використовується багатьма іншими криптовалютами. Цей процес, як згадувалось вище, є одним із типів майнингу, а його вузли (центри обробки інформації) в мережі відомі під іншою назвою як майнери.

"Доказ виконаної роботи" генерується як відповідь на математичну задачу, яка потребує залучення значних комп'ютерних розрахунково-обчислювальних потужностей, але легко перевіряється на коректність / істинність, з моменту досягнення узгодження між переважною більшістю майнерів.

Єдиний спосіб вирішити подібні математично-криптографічні обчислювання — застосування вузлів по

всій глобальній мережі, які ведуть довготривалий та випадковий процес подання відповідей на основі спроб та помилок. Технічно це означає, що проблему можна було б вирішити з першої спроби, хоча це вкрай малоймовірно, більше того, це практично неможливо. Відповідь повинна бути меншою (йдеться про числове значення), ніж хеш блоку для того, або його можна було б прийняти. Таке числове значення, ще відоме як "цільовий хеш".

Цільовий хеш — це таке значення у чисельному вираженні, де заголовок хешованого (закодованого) блоку має бути рівним або меншим, ніж для нового блоку, а при коректному підборі такого значення майнери отримують винагороду у вигляді певної долі обслуговуваної криптовалюти. Чим менше таке значення, тим складніше генерувати блок. Майнери продовжують підбирати різні унікальні значення (відомі як випадковий унікальний код, або "нонс"), поки не буде знайдено відповідне та адекватне значення. Майнери, яким вдається вирішити дану задачу, створюють новий повноцінний блок, а додаючи його до ланцюга та перевіряючи транзакції всередині нього, відповідно, отримують винагороду, пов'язану з блоком (комісію за обробку транзакції та, по суті, обслуговування блокчейн-мережі) [8].

Тож у процесі обслуговаання блокчейн-мережі, після успішного приєднання провіреного блоку до ланцюга та проведення усіх транзакцій в блоці в певній криптовалюті по всій мережі, майнери отримують за це винагороду у вигляді певної комісії та визначеної суми у обслуговуваній криптовалюті. Це стимулює останніх продовжувати підтримувати блокчейн-мережі, оскільки за це вони отримують реальні активи.

Ці винагороди особливо важливі через складність алгоритмічних задач, оскільки процес є надзвичайно затратним, як за часом, так і за необхідними для цього обчислювальними можливостями (що тягне за собою неабиякі витрати електроенергії на обслуговування розрахункових потужностей комп'ютерного обладнання, переважно графічний відео-карт / процесорів).

Система "доказу виконаної роботи" спеціально розроблена із забезпеченням такого рівня складності та вимагає значних обчислювальних потужностей переслідуючи мету обмеження рівня видобутку / майнингу криптоактиву за невеликий проміжок часу, зберігаючи постійну пропозицію та стимул для майнерів підтримувати мережу. По суті, безпека мережі забезпечується фізично за допомогою спеціалізованого обладнання. Таким чином, "доказ виконаної роботи" можна вважати таким, що він не є нескінченно масштабованим протоколом, оскільки обладнання та електроенергія, витрачені на електроенергію, обмежені ресурсами.

Протокол "Доказу вкладу" (Proof-of-Stake (POS))

Алгоритм протоколу "Доказу вкладу" — відноситься до категорії алгоритмів підтвердження транзакцій у публічному блокчейні, що базується на принципі вкладів учасників [9]. Даний алгоритм було розроблено як альтернативу "Доказу виконаної роботи", хоча за своєю природою вони є подібними, все ж таки, мають і свої відмінності.

Робота протоколу "Доказу виконаної роботи" функціонує за принципом, що як тільки приходить час до формування та підтвердження блоку у загальній блокчейн-мережі певного криптоактиву (простіше кажучи — збирається достатня кількість транзакцій) усі майнери у даній мережі мають вирішити складні криптографічні завдання з метою кодування блоку та його підтвердження. Простими словами — один і той самий блок обробляється кожним майнером, а винагороду (певну кількість криптовалюти та комісію від транзакцій у цьому блоці) отримують ті майнери, що першими змогли добавити блок у блокчейн-мережу. І тут недоліком є надто великий рівень використання електроенергії в загальному, адже для проведення таких розрахунків необхідна велика потужність, що споживає велику кількість електроенергії [10]. Однак, не дивлячись на це варто зазначити, що протокол "Доказу вкладу", на відміну від попереднього алгоритму "Доказу виконаної роботи", є значно більш, енергоефективнішим, оскільки блок транзакцій обробляється не усіма валідаторами (валідатори, у цьому алгоритмі — це аналог майнерів), а одним, що має найбільший вклад. Власне, під найбільшим вкладом розуміється кількість криптовалюти у гаманці такого валідатора, яку він вносить як заставу для виконання роботи.

Принцип функціонування процесу валідації транзакцій у блокчейн-мережі полягає в тому, що незавершені блоки з транзакціями утримуються в системі, доки для їх обробки не буде визначено відповідного оператора. Алгоритм мережі аналізує доступних учасників та автоматично ранжує їх за пріоритетністю відповідно до обсягу зарезервованих коштів: чим більший баланс криптовалюти на рахунку такого валідатора, тим вищий його пріоритет у процесі обробки блоку.

Стати валідатором може будь-який учасник мережі, який володіє необхідною мінімальною кількістю криптовалюти, встановленою протоколом конкретного блокчейна (ця вимога варіюється залежно від платформи). Відбір валідатора для кожного нового блока здійснюється за алгоритмом, який дозволяє розподіляти обчислювальне навантаження мінімізуючи енергоспоживання. Після обробки блоку його зміст підлягає публічному узгодженню, де вага голосу кожного учасника є пропорційною розміру його заставлених криптоактивів.

Винагорода для валідаторів формується виключно у вигляді комісійних зборів за підтверджені транзакції, при цьому розмір отриманої винагороди корелює з рівнем їх внеску у функціонування мережі [11; 12].

Однак, на практиці, така система не є несправедливою, оскільки процес обробки блоків вимагає певного часу, що фактично запобігає ситуаціям, коли один або кілька найбільших вкладників монополізують валідацію, не залишаючи можливості іншим учасникам мережі. Варто також зазначити, що механізм розподілу блоків для подальшої обробки має певні особливості. Зокрема, принцип його функціонування можна узагальнити таким чином: якщо валідатор володіє 5% від загальної кількості криптовалюти в мережі, він отримує право на обробку не більше ніж 5% від усіх транзакцій. Такий підхід забезпечує рівно-

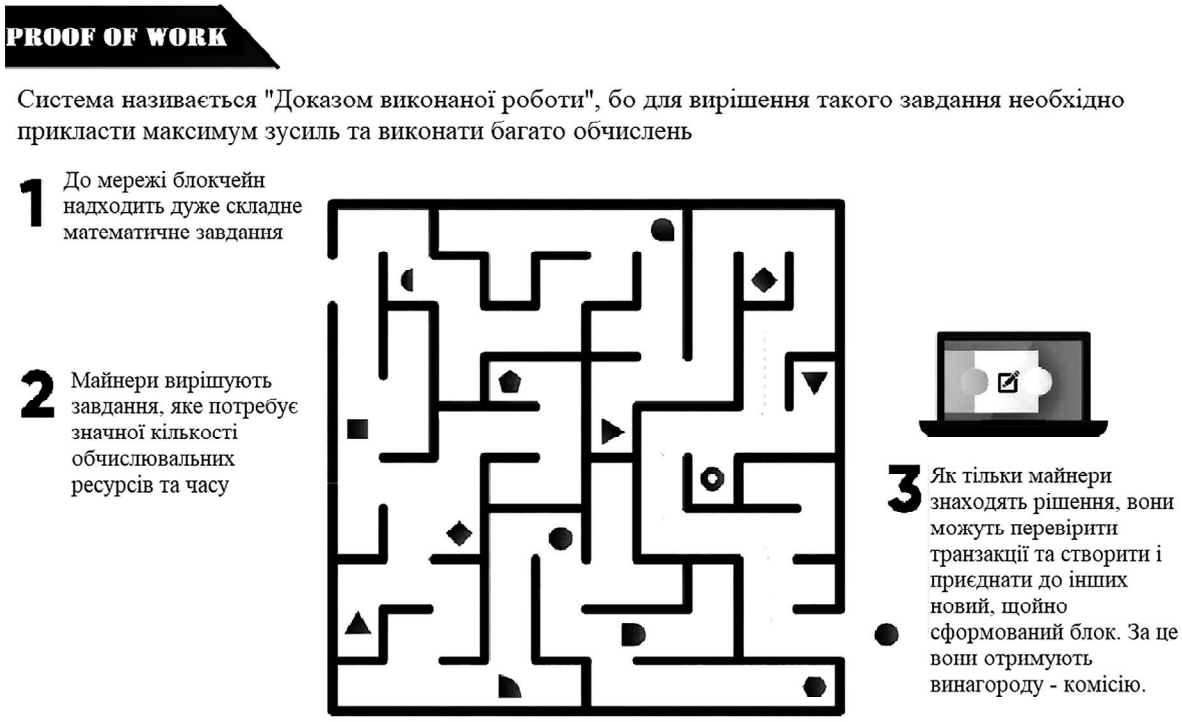

Рис. 2. Графічне порівняння алгоритмів "Proof-of-Work" та "Proof-of-Stake"

Джерело: сформовано на основі [15].

мірний розподіл обчислювального навантаження та сприяє адекватній децентралізації, запобігаючи надмірній концентрації обробки блоків окремими великими власниками активу [13].

Запропонований алгоритм має низку переваг порівняно зі своїм попередником, що проявляються в таких аспектах:

По-перше, з точки зору енергоефективності, даний підхід є більш оптимальним, оскільки, як зазначалося раніше, один і той самий блок не потребує одночасної обробки всіма валідаторами. Натомість, розподіл прав на валідацію здійснюється пропорційно до обсягу криптоактивів, якими володіє учасник мережі. Це дозволяє значно зменшити загальне енергоспоживання та підвищити екологічну ефективність системи.;

По-друге, рівень захищеності є вищим, оскільки алгоритм "Доказу влкаду", суттєво знижує ризик реалізації так званої "атаки 51%", ситуації, за якої учасник, що контролює понад половину загальної обчислювальної потужності, міг би самостійно змінювати дані блокчейну, редагуючи транзакції на власний розсуд [14].

У випадку алгоритму "Доказу вкладу", для подібної хакерської атаки, необхідно володіти коштами у розмірі не менше, ніж половина (50%) від сукупної кількості певної криптовалюти. Якщо ж хтось і буде володіти такими коштами, то це відразу ж стане очевидним, що значно підірве віру інвесторів у даний актив.

Графічно порівняння цих двох алгоритмів можна зобразити наступним чином (див. Рис. 2)

Попри наявність значних переваг, алгоритм "Доказу вкладу" також має певні недоліки:

П о-перше, участь у процесі валідації доступна не для всіх користувачів, оскільки для отримання статусу валідатора необхідно володіти щонайменше 100 одиницями ефіру (або іншого мінімального порогового значення, встановленого вимогами певного криптоактиву). Така вимога створює певні бар'єри доступності для менш капіталізованих учасників, обмежуючи їхню можливість брати участь у забезпеченні роботи мережі;

По-друге, даний механізм заохочує концентрацію активів у руках великих гравців, що потенційно може негативно вплинути на рівень децентралізації блокчейн-мережі. Збільшення частки контролю окремих валідаторів може підірвати довіру інвесторів до криптоактиву, що в довгостроковій перспективі здатне спровокувати централізацію управління мережею [16];

По-третє, хоча алгоритм "Доказу вкладу" знижує ймовірність реалізації "атаки 51%", вона все ще залишається можливою. У певних блокчейн-мережах великі вкладники можуть об'єднувати свої ресурси в синдикативні групи, що дасть їм змогу отримати контроль над процесами валідації та ухвалення рішень у мережі. Це створює потенційні ризики для безпеки та стабільності системи.

Таким чином, після детального аналізу механізмів функціонування блокчейн-мережі, ролі та взаємодії майнерів і валідаторів, доцільно перейти до розгляду наступних важливих економічних аспектів, зокрема механізмів емісії криптоактивів.

Емісія та механізм її стримування через "халвінг".

Поняття "халвінг" (від англ. "half" — половина, ділити навпіл, тощо) означає процес зменшення на половину винагороди, яку майнери криптоактиву отримують за перевірку, обробку та додавання нових блоків із транзакціями до блокчейн-мережі. Подія такого поділу відбувається після кожних 210 000 одиниць видобутих / опрацьованих блоків (у випадку біткоїна), з точки зору часової перспективи — це процес повторюється приблизно кожні чотири роки. За допомогою цього механізму пропозиція криптоактиву (для наглядовості,

біткоїн має обмежену кількість — 21 мільйон одиниць) випускається в обіг із меншою швидкістю та об'ємом, що певною мірою спричиняє дефляційний ефект для активу. Ця особливість є інновацією, яка якісно відрізняє подібні криптоактиви від фіатних валют із традиційним механізмом інфляції.

Таким чином, запрограмоване уповільнення темпів зростання пропозиції у поєднанні з фіксованим лімітом загальної емісії, у даному випадку на базі біткоїна у розмірі 21 мільйон одиниць, формує дефіцитність такого активу, що є ключовим чинником його вартості та привабливості як цифрового аналога золота. На відміну від фіатних валют, обсяг яких регулюється центральними банками, кількість біткоїна є сталою величиною та не підлягає зміні. Відповідно, механізм халвінгу відіграє центральну роль у токеноміці біткоїна, оскільки він регламентує процес випуску нових монет та забезпечує контрольоване наближення загальної пропозиції до її граничного значення у прогнозований спосіб.

Для налядовості практичного функціонування даного емісійного механізму візьмемо за основу також біткоїн. Так, у 2009 році, з моменту появи даного криптоактиву, розмір винагороди для майнерів становив 50 одиниць за кожен опрацьований блок. У результаті першого халвінгу, що відбувся у 2012 році, цей показник був зменшений удвічі — до 25 одиниць. Наступне скорочення відбулося у 2016 році, знизивши винагороду до 12,5 одиниць, в 2020 році — до 6,25 од., а у квітні 2024 року — 3,125 BTC за блок. Очікується, що у 2028 році, за наступного халвінгу, відбудеться подальше зниження винагороди до 1,5625 од. за один блок [17].

Однак, в рамках розгляду даного процесу варто зазначити і про те, що халвінг не лише зменшує винагороду майнерів за обробку транзакцій і загальну безпеку мережі, а й фактично подвоює витрати на майнінг одного токена. З кожним халвінгом майнерам доводиться переоцінювати баланс ефективності й прибутковості своїх операцій, що може призвести до того, що деякі з них потенційно приймуть рішення покинути даний ринок. Таке скорочення може негативно вплинути на можливості обробки даних у мережі, особливо в короткостроковій перспективі.

Але, в той же час, мережа біткоїна історично демонструвала стійкість до проблем такого роду. З кожним халвінгом більші майнери зазвичай шукають можливості для поглинання дрібніших конкурентів. В результаті, хоча кількість майнерів може зменшуватись, загальний розмір операцій майнінгу зазвичай зберігає свій баланс [18].

Коротко резюмуючи вищевказане, варто зазначити, що халвінг є однією з ключових подій у сфері криптовалют, що має значний вплив на економічну модель цифрової активності у розрізі такого активу. Даний процес не лише скорочує розмір винагороди за видобуті блоки, а й відіграє важливу роль у підтриманні дефіцитності криптоактиву, контролі рівня інфляції та балансуванні динаміки ринкових процесів.

З кожним новим халвінгом підтверджується стійкість блокчейн-мережі активу та, відповідно, зростання інтересу у інвесторів до криптоактиву. Ця подія є фундаментальною у екосистемі криптовалют, оскільки халвінг відображає саму сутність активу як децентралізованого цифрового активу, що кидає виклик традиційним фінансовим системам і механізмам функціонування та контролю фіатних грошей. Незалежно від того, чи є особа прихильником певного криптоактиву, чи лише стороннім спостерігачем, розуміння такого специфічного емісійного механізму є необхідним для оцінки довгострокової економічної цінності активу та впливу на глобальну фінансову екосистему [19].

Емісія та механізм її стримування через "редукціон".

Як уже зазначалось раніше, Ефір має принципово відмінний від Біткоїна механізм емісії та стримування інфляції, а саме через механізм "редукціону". Так, при здійсненні транзакцій в рамках блокчейн-мережі Ефіру, користувач, має сплатити комісію за дану операцію, яка складається із базової ("base fee") та пріоритетної комісій ("priority fee").

Базова комісія є динамічною величиною, розмір якої визначається залежно від завантаженості мережі, однак користувачі, для пришвидшення обробки транзакцій можуть сплатити додаткову пріоритетну комісію.

Особливість механізму редукціону заключається в процесі обробки базової комісії, оскільки лише ця комісія підлягає редукції (знищенні), тоді як пріоритетна — одразу передається майнерам, як винагорода за їхню роботу у обробці транзакції. Тож, підкреслимо, що дана блокчейн-мережа, при застосуванні механізму редукціону, назавжди вилучає базову комісію з обігу, залишаючи лише пріоритетну.

Так, під час обробки транзакції система автоматично розраховує цей збір, враховуючи поточний рівень завантаженості, після чого базова комісія надсилається на спеціальну адресу/рахунок, з якої її неможливо відновити.

Цей процес сприяє зменшенню загальної пропозиції Ефіру, оскільки частина комісійних зборів просто знищується, відповідно, чим більше транзакцій відбувається, тим більше даного активу знищується. Отже, такий механізм може сприяти потенційному зростанню вартості Ефіру, оскільки пропозиція активу зменшується, тоді як попит може залишатися незмінним, або зростати.

Однак, який вплив матиме даний механізм на безпеку та стабільність самої мережі? У загальному можна зазначити, що позитивний, оскільки незважаючи на факт, що базова комісія знищується, майнери все ще отримують свою комісійну винагороду за забезпечення роботи мережі у формі пріоритетної комісії. Цей механізм виступає в ролі стимулюючого фактору активної залученості користувачів, що сприяє підвищенню стабільності та безпеки системи, через диверсифікацію вузлів обробки транзакцій.

В свою чергу, інші суб'єкти даної системи — інвестори активно спостерігають за процесом редукції, потенційно сприймаючи це як ознаку здорової екосистеми, оскільки в цьому випадку вартість криптоактиву є більшою мірою контрольованою і систематизованою. Усвідомлення того, що пропозиція Ефіру зменшується, може підігрівати інтерес до покупки даного активу новими користувачами, що потенційно призводить до зростання ціни активу.

Так, висвітлення інформації в медіа просторі та активні обговорення механізму редукції Ефіру часто по-

зитивно впливають на настрій інвесторів, створюючи при цьому ефект "зворотного зв'язку", коли зростання інтересу та цін приваблює ще більше інвесторів. Таким чином, механізм редукціону не лише зменшує наявну пропозицію активу, а й стримує інфляційні процеси всередині блокчейн-мережі Ефіру, систематизуючи функціональну стабільність та формує інтерес до активу у довгостроковій перспективі [20].

З функціональної точки зору, потенційно існує загроза значного рівня централізації вузлів обробки транзакцій (валідаторів) у рамках механізму "доказу вкладу" в одних "руках", оскільки власники значних сум криптоактиву мають більше шансів стати валідаторами та здебільшого і контролювати систему. Для запобігання цього необхідно впроваджувати нові превентивні механізми зменшення концентрації активів у руках великих інвесторів, що є наразі важко досяжною метою через регуляторну невизначеність криптоактивів вцілому.

ВИСНОВКИ З ДАНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ДАНОМУ НАПРЯМІ

Хоча механізм емісії криптовалют є продуманим і функціонально систематизованим з економічної точки зору, факт відсутності централізованого контролю створює певні виклики для фінансових регуляторів національного та міжнародного рівнів. Відповідні урядові структури, центральні банки та міжнародні регулятори наразі не мають вамогих інструментів впливу на ринок криптоактивів (а законоавство ЄС на базі Директиви "Про MiCA" тільки починає працювати в "тестовому режимі"), тож станом на сьогодні така відсутність регуляторного аспекту уже призводить до певних проблем, як наприклад наступні:

— Криптоактиви активно використовуються як інструмент для відмивання коштів, особливо підсанкційними суб'єктами міжнародних економічних відносин;

— Велика кількість транзакцій проходять поза банківською системою;

— Рівень волатильності криптовалют є надзвичайно високим і важко прогнозованим через відсутність інституційної та регуляторної підтримки.

Варто зауважити, що не дивлячись на активне залучення криптоактивів у міжнародних економічних взаємовідносинах, все ж таки, існують певні стримуючі фактори з боку основних суб'єктів економічної діяльності:

— Центральні банки та уряди — не зацікавлені в неконтрольованих фінансових потоках, якими є операції із криптоактивами;

— Міжнародні фінансові регулятори (як наприкалд IMF, FATF, тощо) — прагнуть більше контролювати ризики, пов'язані з відмиванням грошей;

— Традиційні банки, наразі, чинять певний спротив щодо розповсюдження криптовалют, оскільки вбачають останні як загрозу своїй монополії — використання криптовалют прибирає даних суб'єктів економічної діяльності в рамках процесу обробки платежів, зважаючи на принцип повної децентралізованості криптоактивів.

Для подальшого стимулювання розвитку та розширення сфер безпечного застосування криптоактивів, окрім загального прийняття законодавчих ініціатив у розрізі регулювання їх застосування, потрібно розпочати процес активної інтеграції останніх у CBDC (Central Bank Digital Currencies) центральних банків урядів різних країн. Така інтеграція дозволить урядам отримати інструменти контролю над фінансовими потоками, забезпечивши прозорість операцій та фінансову безпеку. Варто також додати, що операції із криптоактивами на базі блокчейну дозволять здійснювати транзакції в режимі реального часу, що потенційно спростить процес здійснення міжнародних платежів, особливо у країнах із слабкою банківською інфраструктурою.

Література:

1. Kim, D., Ryu, D., & Webb, R.I. (2024). Does a higher hashrate strengthen Bitcoin network security? Financial Innovation. URL: DOI: 10.1186/s40854-023-00599-8 (дата звернення: 03.02.2025).

2. Ayranci, F. (2024). Beyond digitalisation: Designing a roadmap for Blockchain-embedded performance management systems, URL: https://polen.itu.edu.tr/items/f6e52fa6-62ae-4047-8330-3744c5bf4f76 (дата звернення: 03.02.2025).

3. Ніколайчук С., Підвисоцький Р. (2016). Міжнародна дослідницька конференція: Трансформація діяльності центральних банків. Вісник Національного банку України, URL: https://journal.bank.gov.ua/en/article/2016/236/01 (дата звернення: 03.02.2025).

4. Bitcoin.org, "Won't Bitcoin fall in a deflationary spiral?", available at: https://bitcoin.org/uk/faq#wont-bitcoin-fall-in-a-deflationary-spiral (дата звернення: 06.02.2025).

5. United States Sentencing Commission (2018), "Emerging Technology: Bitcoin & Cryptocurrency", URL: https://www.ussc.gov/sites/default/files/pdf/training/annual-national-training-seminar/2018/Emerging_Tech_Bitcoin_Crypto.pdf (дата звернення: 06.02.2025).

6. Delton Rhodes (2023), "Blockchain Consensus Protocols: Rules For Decentralized Agreement", URL: https://komodoplatform.com/en/academy/blockchain-consensus/ (дата звернення: 06.02.2025).

7. Dzerkalo Media, (2024) "Відмінність біткоїна від ефіріума" URL: https://dzerkalo.media/news/vidminnist-bitkoina-vid-efiriuma (дата звернення: 06.02.2025).

8. Forklog (2022), "What is Proof-of-Work and Proof-of-Stake?",URL: https://forklog.com/chto-takoe-proof-of-work-i-proof-of-stake/ (дата звернення: 09.02.2025).

9. Joseph Cook, Ethereum Wiki, (2024), "Proof of Stake FAQ", URL: https://ethereum.org/en/developers/docs/consensus-mechanisms/pos/ (дата звернення: 09.02.2025).

10. Cryptomys, (2024), Ethereum Transition to Proof of Stake Consensus: Prospects and Development, URL: https://cryptomus.com/ru/blog/ethereums-transition-to-proof-of-stake-implications-and-progress?srsltid=AfmBOoojiuvxnTMUBIlRvPjem3OG9JlqAbAwhp2JoqBTjFsByb4vckPP (дата звернення: 17.02.2025).

11. RockItCoin, (2024), Proof of Work vs Proof of Stake: A Beginner's Guide, URL: https://www.rockitcoin.com/proof-of-work-vs-proof-of-stake/

12. Habr (2013), "New trends in cryptocurrencies: 100% proof-of-stake and Nxt", URL: https://habr.com/ru/post/207120/ (дата звернення: 15.02.2025).

13. Investopedia (2019), "What Is Proof of Stake (PoS)?", reviewed by Jake Frankenfield, URL: https://www.investopedia.com/terms/p/proof-stake-pos.asp (дата звернення: 15.02.2025).

14. Investopedia (2019), "Definition of 51% Attack", reviewed by Jake Frankenfield, URL: https://www.investopedia.com/terms/1/51-attack.asp (дата звернення: 17.02.2025).

15. Jimi S. (2018), "Blockchain explained: how a 51% attack works (double spend attack)", Investopedia Blog, URL: https://blog.goodaudience.com/what-is-a-51-attack-or-double-spend-attack-aa108db63474 (дата звернення: 21.02.2025).

16. Poelstra, A. (2015), "On Stake and Consensus", URL: https://download.wpsoftware.net/bitcoin/pos.pdf (дата звернення: 21.02.2025).

17. Kraken, (2025) "What is Bitcoin Halving?", URL: https://www.kraken.com/uk-ua/learn/what-is-bitcoin-halving (дата звернення: 21.02.2025).

18. Binance Academy (2024), "Розшифровуємо халвінг Bitcoin: розуміння дефляційного зсуву", URL: https://www.binance.com/uk-UA/blog/markets/розшифровуємо-халвінг-bitcoin-розуміння-дефляційного-зсуву-9004915880936630526 (дата звернення: 25.02.2025).

19. WhiteBIT Blog (2024), "Як працює халвінг біткоїна та чому це важливо?", URL: https://blog.whitebit.com/uk/bitcoin-halving-how-it-works-and-why-it-matters/#heading-text-1-6 (дата звернення: 25.02.2025).

20. Paxful (2024), "Ethereum Burn Explained: Impact on Supply and Value", URL: https://paxful.com/university/ethereum-burn-explained (дата звернення: 25.02.2025).

References:

1. Kim, D. Ryu, D. and Webb, R.I. (2024), "Does a higher hashrate strengthen Bitcoin network security?", Financial Innovation, vol. 10. DOI: 10.1186/s40854-023-00599-8.

2. Ayranci, F. (2024), "Beyond digitalisation: Designing a roadmap for Blockchain-embedded performance management systems", available at: https://polen.itu.edu.tr/items/f6e52fa6-62ae-4047-8330-3744c5bf4f76 (Accessed 03.02.2025).

3. Nikolajchuk, S. and Pidvysots'kyj, R. (2016), "International Research Conference: Transforming Central Banking", Visnyk Natsional'noho banku Ukrainy, available at: https://journal.bank.gov.ua/en/article/2016/236/01 (Accessed 03.02.2025).

4. Bitcoin.org (2025), "Won't Bitcoin fall in a deflationary spiral?", available at: https://bitcoin.org/uk/faq#wont-bitcoin-fall-in-a-deflationary-spiral (Accessed 06.02.2025).

5. United States Sentencing Commission (2018), "Emerging Technology: Bitcoin & Cryptocurrency", available at: https://www.ussc.gov/sites/default/files/pdf/training/annual-national-training-seminar/2018/Emerging_Tech_Bitcoin_Crypto.pdf (Accessed 06.02.2025).

6. Delton Rhodes (2023), "Blockchain Consensus Protocols: Rules For Decentralized Agreement", available at: https://komodoplatform.com/en/academy/blockchain-consensus/ (Accessed 06.02.2025).

7. Dzerkalo Media, (2024) "The Difference Between Bitcoin and Ethereum", available at: https://dzerkalo.media/news/vidminnist-bitkoina-vid-efiriuma (Accessed 06.02.2025).

8. Forklog (2022), "What is Proof-of-Work and Proof-of-Stake?", available at: https://forklog.com/chto-takoe-proof-of-work-i-proof-of-stake/ (Accessed 09.02.2025).

9. Cook, J. (2024), "Proof of Stake FAQ", Ethereum Wiki, available at: https://ethereum.org/en/developers/docs/consensus-mechanisms/pos/ (Accessed 09.02.2025).

10. Cryptomys (2024), "Ethereum Transition to Proof of Stake Consensus: Prospects and Development", available at: https://cryptomus.com/ru/blog/ethereums-transition-to-proof-of-stake-implications-and-progress?srsltid=AfmBOoojiuvxnTMUBllRvPjem3OG9JIq-AbAwhp2JoqBTjFsByb4vckPP (Accessed 17.02.2025).

11. RockItCoin, (2024), "Proof of Work vs Proof of Stake: A Beginner's Guide", available at: https://www.rockitcoin.com/proof-of-work-vs-proof-of-stake/

12. Habr (2013), "New trends in cryptocurrencies: 100% proof-of-stake and Nxt", available at: https://habr.com/ru/post/207120/ (Accessed 15.02.2025).

13. Investopedia (2019), "What Is Proof of Stake (PoS)? Reviewed by Jake Frankenfield", available at: https://www.investopedia.com/terms/p/proof-stake-pos.asp (Accessed 15.02.2025).

14. Investopedia (2019), "Definition of 51% Attack. Reviewed by Jake Frankenfield", available at: https://www.investopedia.com/terms/1/51-attack.asp (Accessed 17.02.2025).

15. Jimi S. (2018), "Blockchain explained: how a 51% attack works (double spend attack)", Investopedia Blog, available at: https://blog.goodaudience.com/what-is-a-51-attack-or-double-spend-attack-aa108db63474 (Accessed 21.02.2025).

16. Poelstra, A. (2015), "On Stake and Consensus", available at: https://download.wpsoftware.net/bitcoin/pos.pdf (Accessed 21.02.2025).

17. Kraken, (2025) "What is Bitcoin Halving?", available at: https://www.kraken.com/uk-ua/learn/what-is-bitcoin-halving (Accessed 21.02.2025).

18. Binance Academy (2024), "Decoding the Bitcoin Halving: Understanding the Deflationary Shift", available at: https://www.binance.com/uk-UA/blog/markets/rozshyfrovuiemo-khalvinh-bitcoin-rozuminnia-defliatsijnoho-zsuvu-9004915880936630526 (Accessed 25.02.2025).

19. WhiteBIT Blog (2024), "How Does the Bitcoin Halving Work and Why Does It Matter?", available at: https://blog.whitebit.com/uk/bitcoin-halving-how-it-works-and-why-it-matters/#heading-text-1-6 (Accessed 25.02.2025).

20. Paxful (2024), "Ethereum Burn Explained: Impact on Supply and Value", available at: https://paxful.com/university/ethereum-burn-explained (Accessed 25.02.2025).

Стаття надійшла до редакції 07.03.2025 р.