

## ВПРОВАДЖЕННЯ БЛОКЧЕЙН ТЕХНОЛОГІЙ У ЦИФРОВУ ЕКОНОМІКУ

Ковальчук Костянтин Федорович

д-р екон. наук, професор,  
професор кафедри управління фінансами, облікової аналітики та  
моніторингу бізнесу  
*Український державний університет науки і технологій, Україна*

Ковальчук Дар'я Костянтинівна

канд. пед. наук,  
доцент кафедри міжнародної економіки і соціально-гуманітарних  
дисциплін  
*Український державний університет науки і технологій, Україна*

Лебедєва Валентина Костянтинівна

канд. екон. наук, професор,  
професор кафедри міжнародної економіки і соціально-гуманітарних  
дисциплін  
*Український державний університет науки і технологій, Україна*

**Анотація.** У статті досліджується сутність, передумови становлення, особливості та проблеми впровадження блокчейн технологій у цифрову економіку. Аналізуються ТОП-10 найбільш ефективних напрямів застосування блокчейн технологій у бізнес та публік адмініструванні. Пропонується підхід до оцінки відповідності виду консенсусу блокчейн технології напрямку її використання.

**Ключові слова:** цифрова економіка; блокчейн технологія; смарт-контракти; види консенсусу.

Ключовим явищем цифрової економіки у XXI сторіччі став перехід від ієрархічної до мережової структури управління та суттєвий перерозподіл довіри суспільства від інститутів до технологій і алгоритмів прийняття рішень.

Актуальність проблеми впровадження блокчейн технологій у цифрову економіку можна обґрунтувати такими аспектами:

- *децентралізація та автономія.* Блокчейн дозволяє створювати децентралізовані системи, де немає єдиного контролюючого органу чи центрального сервера. Це важливо для майбутньої цифрової інфраструктури, оскільки забезпечує рівність та зменшує ризики, пов'язані з централізованим управлінням;

- *прозорість та незмінність даних.* Дані, які зберігаються в блокчейні, неможливо змінити або видалити після їх внесення, що забезпечує високий

рівень прозорості та довіри. Це особливо важливо для нової цифрової інфраструктури, яка потребує надійного і прозорого обміну даними між учасниками;

- *безпека та захист від кібератак.* Цифрова інфраструктура повинна бути захищена від постійно зростаючих кіберзагроз. Блокчейн пропонує високий рівень безпеки завдяки криптографічним методам, які використовуються для захисту транзакцій та збереження даних. Кожен блок в ланцюгу даних містить посилання на попередній блок, що практично унеможливляє маніпулювання інформацією;

- *ефективність і скорочення витрат.* Блокчейн дає змогу автоматизувати та спрощувати управління багатьма економічними процесами у бізнес і публік адмініструванні. Це дозволяє знижувати операційні витрати, мінімізувати помилки та потребу в посередниках;

- *смарт-контракти та автоматизація.* Смарт-контракти, які є основною частиною блокчейн технології, дозволяють автоматизувати виконання умов договорів без необхідності втручання людини. Це забезпечує надійність і швидкість виконання угод. У майбутньому такі контракти можуть стати невід'ємною частиною бізнес-процесів, укладення угод і здійснення транзакцій у різних галузях, від фінансів до поставок товарів і послуг.

Народження блокчейну як розподіленої однорангової бази даних практично співпало з світовою фінансовою кризою 2007-2008 років. Розвиток блокчейн технології пройшов через кілька важливих етапів, починаючи з її відкриття та впровадження, і до теперішнього часу:

*Етап 1. Заснування технології та поява Bitcoin (2008-2009):*

*2008 рік:* Технологія блокчейн була описана анонімним автором під псевдонімом Сатоші Накамото в публікації «Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System» [1], яка стала основою для першої криптовалюти — *Біткоїн*. В цій статті була описана концепція дистрибуційного реєстру, який використовує консенсус без необхідності центрального органу для підтвердження транзакцій. *2009 рік:* Сатоші Накамото випустив першу версію програмного забезпечення для *Bitcoin* та здійснив першу транзакцію на блокчейні. Це був перший реальний впроваджений блокчейн, в якому кожна транзакція була записана в блоки, що з'єднувалися в ланцюг.

*Етап 2. Поширення криптовалют та розвиток концепції (2010-2013):*

*2010 рік:* Відбулася перша комерційна транзакція в біткоїнах — покупка піци за 10,000 BTC, що продемонструвало практичне застосування криптовалют. *2011-2012 роки:* З'явилися нові криптовалюти на основі блокчейн технології, такі як *Litecoin* і *Ripple*. Цей період був важливим для експериментів з першим алгоритмом консенсусу *Proof of Work (PoW)*. *2013 рік:* Блокчейн став популярним серед розробників, і вперше було використано термін "*Blockchain*" для позначення самодостатньої технології.

*Етап 3. Розвиток смарт-контрактів та Ethereum (2014-2017).*

*2014 рік:* З'явилась *Ethereum*, платформа, яка дозволила не тільки здійснювати транзакції, а й програмувати та виконувати *смарт-контракти* (автоматизовані контракти, які самостійно виконуються при виконанні певних умов). Ця платформа стала основою для подальших децентралізованих застосунків (DApps). *2015 рік:* Запуск основної мережі *Ethereum*, що дозволило

реалізувати смарт-контракти та створювати децентралізовані програми. Це було значним кроком у розвитку блокчейн технології, оскільки вона перестала бути просто реєстром транзакцій і перетворилася на платформу для розробки додатків. *2017 рік*: Зростання популярності *Initial Coin Offerings (ICOs)*, які використовували Ethereum для збору фінансування нових криптовалютних проєктів, створивши великі можливості для фінансування через блокчейн. Це привернуло широку увагу інвесторів та компаній.

*Етап 4. Інституційне впровадження та розвиток технологій (2018-2020).*  
*2018 рік*: Інституційні інвестори та компанії почали активно досліджувати потенціал блокчейн для бізнесу та фінансів. Великі фінансові установи почали використовувати блокчейн для розвитку нових платіжних систем, управління активами, а також для покращення процесів в управлінні ланцюгами поставок.  
*2019 рік*: Прогрес у розвитку приватних, орієнтованих на корпоративні потреби, блокчейн мереж *Enterprise Blockchain*. Такі проєкти, як *Hyperledger*, *R3 Corda*, *Quorum*, почали використовуватися для створення блокчейн-мереж, де доступ до даних обмежено для вибраних учасників.  
*2020 рік*: З'явилися нові тренди, такі як *Decentralized Finance (DeFi)* та *Non-Fungible Tokens (NFT)*. Платформи DeFi, які використовують смарт-контракти для децентралізованого надання фінансових послуг, стали популярними серед криптовалютних інвесторів. Окремо вирізняються *NFT* як новий спосіб представлення цифрових активів та мистецтва.

*Етап 5. Технології 2.0. Масштабування та стандартизація (2021-2025).*  
*2021 рік*: Блокчейн отримав нові можливості для масштабування, завдяки технологіям *Layer 2* (наприклад, *Lightning Network* для Біткоїна і *Optimistic Rollups* для Ethereum). Ці технології дозволяють знижувати навантаження на основну мережу та зменшувати витрати на транзакції.  
*2022 рік*: Розвиток нових моделей консенсусу, таких як *Proof of Stake (PoS)*, як частина оновлення мережі *Ethereum 2.0*, що сприяло значному зниженню енергоспоживання та покращенню швидкості обробки транзакцій.  
*2023 рік*: Відзначено посилення інституційного впровадження блокчейн технологій. Великі корпорації, уряди та міжнародні організації почали впроваджувати блокчейн для вирішення різноманітних проблем, від покращення ланцюгів поставок до електронних голосувань та використання в медичних системах.  
*2024-2025 рік*: Очікується, що блокчейн стане основою для розбудови *Web 3.0*, де користувачі зможуть володіти своїми даними, а також будуть існувати децентралізовані платформи для більшості онлайн-сервісів, включаючи фінанси, медіа тощо.

*Консенсус у блокчейні* — це процес встановлення згоди між вузлами (нодами, користувачами), які є учасниками мережі щодо того, які записи (транзакції) вважати дійсними. Механізми консенсусу представляють собою набори правил, що дозволяють досягати цього узгодження і одночасно захищати мережу від недобросовісних дій та кібератак. У топових напрямках цифрової економіки, як правило, застосовують такі види консенсусу:

1. *Proof-of-Work (PoW)*. Майнери вирішують складні математичні задачі для підтвердження транзакцій і створення нових блоків.

2. *Proof-of-Stake (PoS)*. У PoS учасники блокчейну ставлять свої монети (коїни) на депозит для перевірки транзакцій і створення нових блоків. Чим більше монет, тим більша ймовірність створення нового блоку.

3. *Delegated Proof-of-Stake (DPoS)*. У DPoS користувачі обирають делегатів, які відповідають за перевірку транзакцій і створення блоків. Це дає можливість зменшити час підтвердження і забезпечити високий рівень продуктивності.

4. *Proof-of-Authority (PoA)*. У PoA блоки створюються за допомогою авторизованих учасників або вузлів, що підтверджують транзакції.

5. *Practical Byzantine Fault Tolerance (PBFT)*. Це алгоритм консенсусу для приватних і консорціумних блокчейнів, який гарантує, що навіть за умови відсутності частини учасників мережа працюватиме стабільно.

6. *Federated Consensus (FC)*. Це метод, в якому кілька організацій або вузлів в мережі узгоджують рішення, підтверджуючи транзакції. Підходить для блокчейнів з обмеженим колом учасників.

На теперішній час можна виділити такі топові *напрями цифрової економіки*, де блокчейн технології використовуються для забезпечення прозорості, безпеки та ефективності:

1. *Фінансові послуги (DeFi - децентралізовані фінанси)*. Блокчейн дозволяє створювати децентралізовані фінансові інструменти, що не потребують участі посередників. Це включає в себе децентралізовані платформи для кредитування, запозичення, страхування, а також біржі криптовалют [3].

2. *Фінансові транзакції та платіжні системи* ефективно використовують блокчейн для забезпечення безпеки транзакцій та зберігання вартості в цифровому форматі [1,2].

3. *Смарт-контракти* автоматизують виконання умов угод без посередників. Вони забезпечують безпеку та швидкість, Наприклад, B2B-контракти дозволяють автоматизувати виконання угод між бізнесами, забезпечуючи виконання умов контракту та автоматичну оплату на основі виконаних зобов'язань [2].

4. *Управління ланцюгами поставок*. Блокчейн забезпечує прозорість і відстежуваність всіх етапів ланцюга поставок, знижуючи ризики шахрайства та зменшуючи витрати на адміністрування [4].

5. *Електронне голосування*. Блокчейн технології можуть бути використані для забезпечення безпеки та прозорості виборчих процесів в корпоративному управлінні, а також забезпечують більшу прозорість. Наприклад, *Voatz* — платформа для електронного голосування, що використовує блокчейн для забезпечення прозорості та безпеки виборів [5].

6. *Інтернет речей (IoT)*. Блокчейн забезпечує безпечну та ефективну платформу для управління даними, що надходять від IoT-пристроїв, дозволяючи створювати нові бізнес-моделі. Наприклад, *IOTA* — платформа, що спеціалізується на використанні блокчейну для оптимізації процесів Інтернету речей [6].

7. *Розподілені реєстри в публічній сфері*. Блокчейн може бути використаний для створення надійних записів, що забезпечують доступність та конфіденційність даних (медицина, освіта, урядування тощо). Наприклад, *Medicalchain* — платформа для створення та управління медичними записами на основі блокчейну [7].

8. *Цифрові ідентифікації та верифікація*. Блокчейн може бути використаний для створення цифрових ідентифікацій, які забезпечують безпеку та конфіденційність особистих даних [8].



9. *Інтелектуальна власність.* Блокчейн може бути використаний для захисту прав інтелектуальної власності, надаючи надійний механізм для відслідковування оригінальності та прав на творчі роботи. Наприклад, *Ascribe* — платформа для реєстрації прав на цифрові твори мистецтва, що використовує блокчейн [9].

10. *Туризм та авіаційні послуги.* Блокчейн може забезпечити ефективний обмін даними між компаніями, що працюють в туристичній індустрії, покращуючи прозорість, зменшуючи шахрайство та підвищуючи ефективність обслуговування [10].

Експертний аналіз у вигляді бальних оцінок ефективності використання різних видів консенсусу у відповідних напрямках цифрової економіки представлено у Таблиці 1. Експертні оцінки за критеріями - швидкість, безпека, масштабованість та енергоефективність було визначено за допомогою ChatGPT [11], який попередньо було донавчано на кейсах використання блокчейн технологій у цифровій економіці.

Висновки:

*Proof of Work (PoW):* Використовується в основному в криптовалютах, де важлива децентралізація і захищеність, але майнінг є енергозатратним і не так складномасштабованим для більшості напрямків цифрової економіки.

*Proof of Stake (PoS):* Ефективний для DeFi та смарт-контрактів, оскільки споживає менше енергії, має високу масштабованість та ефективність.

*Delegated Proof of Stake (DPoS):* Використовується в ситуаціях, коли важлива висока швидкість і менша централізація.

*Proof of Authority (PoA):* Найбільш підходить для приватних та корпоративних блокчейнів, де є довіра до валідаторів.

*Practical Byzantine Fault Tolerance (PBFT):* Використовується для малих приватних або консорціумних мереж, де кілька учасників мають вирішальний вплив на консенсус. Це дозволяє досягти високої швидкості і безпеки при обмеженій кількості учасників, що робить метод оптимальним для таких напрямків, як управління ланцюгами поставок та електронне голосування.

*Federated Consensus:* Використовується для блокчейн-систем з обмеженою кількістю учасників, де учасники обирають валідаторів на основі довіри. Метод є ефективним для фінансових послуг (DeFi) та цифрові ідентифікації.

Таблиця 1

Експертна оцінка ефективності використання основних методів консенсусу для ТОП-10 напрямів цифрової економіки

Напрямок цифрової економіки	Proof of Work (PoW)	Proof of Stake (PoS)	Delegated Proof of Stake (DPoS)	Proof of Authority (PoA)	Practical Byzantine Fault Tolerance (PBFT)	Federated Consensus (FC)
1	2	3	4	5	6	7
1. Фінансові послуги (DeFi)	3	5	4	4	3	4
2. Фінансові транзакції та платіжні системи	5	4	3	3	2	3

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
3. Смарт-контракти	3	5	4	4	4	4
4. Управління ланцюгами поставок	3	4	4	5	5	4
5. Електронне голосування	2	3	3	5	5	4
6. Інтернет речей (IoT)	3	4	4	5	4	4
7. Розподілені реєстри в публічній сфері	3	4	4	5	5	4
8. Цифрові ідентифікації та верифікація	3	4	4	5	5	4
9. Інтелектуальна власність	3	4	4	5	4	4
10. Туризм та авіаційні послуги	3	4	4	5	4	4

Пояснення до Таблиці 1. 5 балів: максимальна ефективність для конкретного напрямку. 4 бали: ефективно використання, але можуть бути деякі обмеження, залежно від специфіки. 3 бали: добре підходить, але не є ідеальним рішенням для всіх критеріїв. 1-2 бали: має обмежену ефективність для цього напрямку або потребує додаткових налаштувань для оптимізації.

**Список використаних джерел:**

- [1] Nakamoto, S. (2008). "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System." <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- [2] Buterin, V. (2013). "A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform." <https://ethereum.org/en/whitepaper/>
- [3] Zohar, M. & Tiwari, V. (2020). "Decentralized finance (DeFi) ecosystem: A survey." *Blockchain in Finance: Applications and Innovations*. Springer. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-33006-3\\_9](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-33006-3_9)
- [4] IBM Blockchain. (2018). "IBM Food Trust: From Farm to Fork." <https://www.ibm.com/blockchain/solutions/food-trust>
- [5] Gjerdrum, D. (2018). "Blockchain and Voting: How Can Blockchain Technology Be Used in the Electoral Process?" *Harvard Law Review*. <https://harvardlawreview.org/>
- [6] Popov, S. (2015). "The Tangle." IOTA Whitepaper. <https://www.iota.org/research/whitepapers>
- [7] Mettler, M. (2016). "Blockchain technology in healthcare: The revolution starts here." *Healthcare Management Forum*. <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0840470416679415>
- [8] Sovrin Foundation. (2020). "Sovrin: A Global Public Utility for Digital Identity." <https://www.sovrin.org/library/>
- [9] Smith, M. (2018). "Blockchain and Intellectual Property." *Intellectual Property Journal*. <https://www.jstor.org/stable/44313630>

- [10] Berki, T. (2018). "Winding Tree: A Decentralized Marketplace for the Travel Industry." *Winding Tree Whitepaper*. <https://windingtree.com/>
- [11] ChatGPT (2025). <https://www.chatgpt.org/>

---

## **BLOCKCHAIN TECHNOLOGIES IMPLEMENTATION INTO THE DIGITAL ECONOMY**

**Kostiantyn Kovalchuk**

Doctor of Economic Sciences, Professor,  
Professor of the Department of Financial Management, Accounting Analytics and Business Monitoring  
*Ukrainian State University of Science and Technologies, Ukraine*

**Darya Kovalchuk**

Candidate of Pedagogical Sciences,  
Associate professor of the Department of International economics and social-humanitarian disciplines  
*Ukrainian State University of Science and Technologies, Ukraine*

**Valentyna Lebedieva**

Candidate of Economic Sciences, Professor,  
Professor of the Department of International economics and social-humanitarian disciplines  
*Ukrainian State University of Science and Technologies, Ukraine*

**Summary.** *The article examines the essence, prerequisites for the formation, features and problems of implementing blockchain technologies in the digital economy. The TOP-10 most effective areas of application of blockchain technologies in business and public administration are analyzed. An approach to assessing the compliance of the type of consensus of blockchain technology with the direction of its use is proposed.*

**Keywords:** *digital economy; blockchain technology; smart contracts; types of consensus.*