

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-82-173>

УДК 336.74

## СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ КРИПТОВАЛЮТ В УМОВАХ ІНДУСТРІЇ 4.0

### CURRENT STATUS AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF CRYPTOCURRENCIES IN THE CONTEXT OF INDUSTRY 4.0

**Білоус Артем Олексійович**

кандидат економічних наук, асистент,  
Навчально-науковий Інститут міжнародних відносин  
Київського національного університету імені Тараса Шевченка  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8602-1562>

**Гейко Олександр Леонідович**

PhD, асистент,  
Навчально-науковий Інститут міжнародних відносин  
Київського національного університету імені Тараса Шевченка  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5362-7809>

**Bilous Artem, Heiko Oleksandr**

Educational and Scientific Institute of International Relations  
Taras Shevchenko National University of Kyiv

Стаття присвячена дослідженню сучасного стану та перспектив розвитку криптовалют в умовах формування та поширення індустрії 4.0. У роботі проаналізовано ключові тенденції розвитку ринку криптовалют, особливості їх функціонування в цифровій економіці, а також вплив технологій розподіленого реєстру, штучного інтелекту та автоматизації на трансформацію фінансових відносин. Систематизовано основні переваги та ризики використання криптовалют у фінансово-економічних системах різних країн. Розглянуто підходи до регулювання криптовалютного ринку та роль державних інституцій у забезпеченні його стабільності в умовах технологічних змін. Проведено аналіз перспектив інтеграції криптовалют у традиційну фінансову систему з урахуванням викликів та можливостей, що виникають у процесі переходу до індустрії 4.0.

**Ключові слова:** криптовалюти, індустрія 4.0, фінансове регулювання, банківництво, регуляторна політика, валютний ринок, блокчейн, децентралізовані фінанси (DeFi), економічний розвиток.

The article is devoted to the study of the current state and future prospects of cryptocurrency development in the context of the formation and spread of Industry 4.0. The relevance of the research is determined by the rapid digitalization of economic processes, the growing role of innovative financial instruments, and the increasing integration of cryptocurrencies into the global financial system. The purpose of the article is to analyze the main trends in the development of cryptocurrencies, identify the key factors influencing their evolution, and assess the opportunities and risks associated with their use under the conditions of technological transformation. The article examines cryptocurrencies as a complex financial and technological phenomenon that combines elements of digital assets, payment instruments, and investment tools. Particular attention is paid to the impact of Industry 4.0 technologies, including blockchain, artificial intelligence, big data, cloud computing, and the Internet of Things, on the functioning and expansion of cryptocurrency markets. The study systematizes the advantages of cryptocurrencies, such as decentralization, transparency of transactions, reduction of transaction costs, increased speed of cross-border payments, and enhanced financial inclusion. At the same time, the article highlights the key challenges and risks associated with cryptocurrency circulation, including high price volatility, cybersecurity threats, the use of cryptocurrencies for illicit activities, energy consumption issues, and regulatory uncertainty. The analysis of international regulatory practices makes it possible to identify different approaches of states and supranational institutions to the regulation of cryptocurrencies, ranging from restrictive policies to the development of comprehensive legal frameworks aimed at integrating digital assets into the traditional financial system. The results of the study indicate that cryptocurrencies have



significant potential for further development in the context of Industry 4.0; however, their sustainable growth requires the formation of balanced regulatory mechanisms, the development of technological infrastructure, and the enhancement of trust among market participants. The conclusions can be used in further research on digital finance and in the development of state policies in the field of cryptocurrency regulation.

**Keywords:** cryptocurrencies, industry 4.0, financial regulation, banking, regulatory policy, foreign exchange market, blockchain, decentralized finance (DeFi), economic development.

**Постановка проблеми.** Сучасний етап розвитку світової економіки визначається стрімким поширенням цифрових технологій, що формують концепцію Індустрії 4.0, яка характеризується інтеграцією кіберфізичних систем, штучного інтелекту, промислового інтернету речей, роботизованих комплексів та великих даних у виробничі процеси. Паралельно з цими трансформаціями розвиваються криптовалюти та технологія блокчейн, які стали одними з ключових інструментів цифрової економіки. Вони змінюють підходи до організації фінансових операцій, сприяють формуванню децентралізованих фінансів, забезпечують нові можливості для автоматизації бізнес-процесів і підсилюють цифровізацію виробничих ланцюгів.

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Проблематика розвитку криптовалют та їх функціонування в умовах Індустрії 4.0 останніми роками активно досліджується у працях вітчизняних і зарубіжних науковців. Стрімкий розвиток цифрових технологій, поширення блокчейн-рішень, децентралізованих фінансів та цифрових активів зумовили необхідність комплексного аналізу криптовалют як складової сучасної фінансової системи. Багатогранність і динамічність процесів цифрової трансформації економіки створюють передумови для вивчення впливу криптовалют як на фінансові ринки, так і на виробничі та управлінські процеси в межах Індустрії 4.0.

Окремі аспекти досліджуваної проблеми, зокрема економічну природу криптовалют, питання їх регулювання, інвестиційний потенціал і ризики використання, розглядалися у працях таких дослідників, як Нечай О., Войтко С., Литвиненко О., Alazab M., Vovenzi G. а також у дослідженнях інших авторів, присвячених цифровізації фінансового сектору та розвитку фінансових технологій. Водночас, попри значну кількість наукових публікацій, питання перспектив розвитку криптовалют саме в контексті Індустрії 4.0 та їх ролі у трансформації економічних систем залишаються недостатньо систематизованими, що зумовлює актуальність подальших досліджень у цьому напрямі.

**Постановка завдання.** Метою статті є дослідження сучасного стану ринку криптовалют та визначення перспектив їх подальшого розвитку в умовах Індустрії 4.0 з урахуванням світових тенденцій і національних особливостей України.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Індустрія 4.0 визначається як новий етап розвитку промисловості, що ґрунтується на інтеграції цифрових, фізичних та біотехнологічних систем. Основними характеристиками Індустрії 4.0 є глибока цифровізація виробництва, обмін даними в режимі реального часу, автоматизація процесів та інтелектуальне управління потоками ресурсів [7; 8].

До ключових технологій Індустрії 4.0 належать: кіберфізичні системи; штучний інтелект; промисловий інтернет речей (IIoT); обробка великих даних та хмарні обчислення; робототехніка; адитивні технології; смарт-системи управління ресурсами [9; 10].

Ці технології формують нову парадигму взаємодії між машинами, виробничими лініями та інформаційними платформами. Особливої уваги заслуговує проблема довіри між учасниками цифрових ланцюгів створення вартості, адже зростання обсягів даних і складності виробничих процесів потребує підвищення рівня верифікації та безпеки.

У цьому контексті блокчейн відіграє роль фундаментального інструмента, що забезпечує достовірність даних у розподілених системах. Його можливість створювати незмінні та прозорі записи забезпечує високий рівень довіри та дозволяє інтегрувати різні технології Індустрії 4.0 у єдину цифрову інфраструктуру [8; 14].

Блокчейн є розподіленим реєстром, що зберігає інформацію у вигляді ланцюгів блоків, з'єднаних криптографічними хеш-функціями. Його основними властивостями є децентралізація, прозорість, незмінність даних і можливість автоматизації процесів через смарт-контракти. Саме блокчейн забезпечує функціонування більшості криптовалют, але його потенціал значно ширший [11; 14].

У межах Індустрії 4.0 блокчейн використовується:

1. Для забезпечення відстеження руху товарів на всіх етапах логістики та зменшення ризиків підробок та шахрайства [10; 14].

2. Для автоматизації взаємодії між машинами, сервісами та учасниками ринку через смарт-контракти, що мінімізує транзакційні витрати та підвищує точність виконання операцій [8; 9].

3. Для підвищення безпеки IoT-систем, де великий обсяг даних потребує захисту від стороннього втручання [7; 14].

4. Для токенизації активів, яка відкриває можливості цифрового управління правами власності на тарифи, ресурси, обладнання або інтелектуальну власність [15; 16].

Завдяки цим властивостям блокчейн розглядається як одна з базових технологій Індустрії 4.0, здатна об'єднати різні цифрові системи у єдину екосистему та забезпечити високу надійність управління даними.

Світовий ринок криптовалют за останнє десятиліття демонструє значне зростання, що підтверджується як науковими дослідженнями, так і аналітичними звітами міжнародних організацій. Дослідники відзначають, що ринок цифрових активів характеризується хвилеподібною динамікою: періоди стрімкого підйому змінюються фазами корекції, після яких у довгостроковій перспективі спостерігається нове зростання [12; 13]. Однією з ключових тенденцій є поступове збільшення загальної ринкової капіталізації, що свідчить про підвищення довіри як з боку приватних інвесторів, так і з боку інституційних учасників.

Аналітичні огляди міжнародних консалтингових компаній вказують на розширення інфраструктури ринку: зростає кількість криптовалютних бірж, посилюється роль сервісів зберігання цифрових активів, розвиваються платформи децентралізованих фінансів (DeFi) та ринок токенизованих активів [14; 15]. Разом з тим OECD підкреслює, що розвиток ринку криптовалют відбувається паралельно зі структурними змінами цифрової економіки, де блокчейн і цифрові активи відіграють дедалі важливішу роль у фінансових та інформаційних потоках [16].

У наукових дослідженнях наголошується, що Bitcoin продовжує відігравати провідну роль на ринку, залишаючись базовим індикатором його загальної динаміки. Разом із тим частка інших активів, зокрема Ethereum та стейблкоїнів, зростає, що свідчить про диверсифікацію структури ринку та підвищення функціональної складності екосистеми цифрових активів [12].

Згідно з галузевими оглядами, тенденція зростання ринку криптовалют значною мірою пов'язана з поширенням блокчейн-рішень у різних секторах економіки, а також зі зростанням застосування цифрових активів у міжнародних розрахунках та системах приватних інвестицій [14; 16]. Паралельно з цим спостерігається активний розвиток регуляторних підходів, що впливає на стабільність і прогнозованість ринку, хоча одночасно може тимчасово стримувати його зростання [17; 20].

Регулювання криптовалют у сучасних умовах є одним із ключових факторів формування глобального ринку цифрових активів. Міжнародні організації, науковці та регулятори підкреслюють, що ступінь правової визначеності напряму впливає на швидкість розвитку ринку, рівень інституційного залучення та загальний рівень довіри користувачів [16; 20]. Системи регулювання суттєво відрізняються між країнами, що зумовлено рівнем цифровізації економіки, економічними пріоритетами, ризик-профілем фінансових систем та загальною стратегією держав щодо інноваційних фінансових технологій [17; 18].

У міжнародній практиці умовно виокремлюють три основні підходи до регулювання ринку криптовалют. Перший з них – повна або часткова заборона обігу криптовалют. Вона застосовується в країнах, де цифрові активи розглядають як загрозу національній валютній системі або інструмент для обходу валютного контролю. Така модель спирається на високий рівень ризиків, пов'язаних з волатильністю ринку, потенційною дестабілізацією монетарної політики та підвищеною ймовірністю використання криптовалют із незаконною метою. Хоча цей підхід має найменше поширення, його існування підкреслює неоднорідність глобального регуляторного середовища [20].

Другий підхід – режим невизначеного або слабо вираженого регулювання, так звана «сіра зона». У межах такого підходу цифрові активи не мають чітко визначеного правового статусу, а ринкова діяльність фактично відбувається без окремих ліцензійних чи наглядових вимог. Дослідження OECD вказують, що така модель характерна для країн із середнім рівнем економічного розвитку або для держав, де ринок криптовалют знаходиться на ранніх етапах становлення [16]. Перевага такого підходу полягає у швидкому розвитку ринку, однак його недоліком є підвищені ризики для інвесторів та обмежена можливість інтеграції у міжнародну фінансову систему.

Найпоширенішим у світі є третій підхід - режим ліцензування постачальників послуг, пов'язаних із віртуальними активами (VASP). Він ґрунтується на вимогах Групи розробки фінансових заходів боротьби з відмиванням коштів (FATF), які встановлюють стандарти ідентифікації користувачів, контролю фінансових транзакцій та нагляду за діяльністю сервісів, що працюють із криптовалютами [20]. Країни Європейського Союзу, Азійсько-Тихоокеанського регіону та низка провідних економік світу застосовують саме цей підхід, що підтверджується аналітичними оглядами Deloitte і PwC, де зазначається, що імплементація режиму VASP сприяє підвищенню прозорості ринку, розвитку інституційних сервісів та зниженню ризиків фінансових злочинів [14; 15].

Четвертим важливим напрямом сучасного регулювання є формування національних стратегій щодо обігу цифрових активів та розвиток концепції цифрових валют центральних банків (CBDC). За даними Банку міжнародних розрахунків, понад 80 % центральних банків світу досліджують можливості впровадження власних цифрових валют, що розглядаються як інструмент посилення платіжної інфраструктури та забезпечення контролю за транскордонними операціями [17]. Європейський центральний банк у своїх звітах наголошує,

що цифровий євро може стати ключовим елементом модернізації платіжних систем ЄС, що свідчить про високий рівень зацікавленості регуляторів у розвитку CBDC [18]. Впровадження цифрових валют центральних банків часто розглядається як «відповідь» держав на зростання приватних криптовалютних ініціатив, що може стати чинником структурних змін у глобальній фінансовій системі.

Рис. 1 демонструє співвідношення основних моделей регулювання криптовалют у світі за умовними показниками поширеності. Він узагальнює підходи, які описані у звітах міжнародних організацій та аналітичних дослідженнях щодо правового регулювання цифрових активів [16; 17; 20]. Незважаючи на умовний характер числових значень, рис. 1 точно відображає пропорції й тенденції, які спостерігаються у глобальному середовищі.

Найменшу частку займає модель повної заборони, що відповідає висновкам міжнародних досліджень, де підкреслюється, що абсолютні заборони використовуються лише у вузькому колі держав, переважно з високим рівнем регуляторної консервативності або низьким рівнем фінансової свободи [20]. Значно більша частка припадає на країни з відсутністю чіткого регуляторного режиму, тобто на «сіру зону», де ринок працює без спеціального правового статусу, що характерно

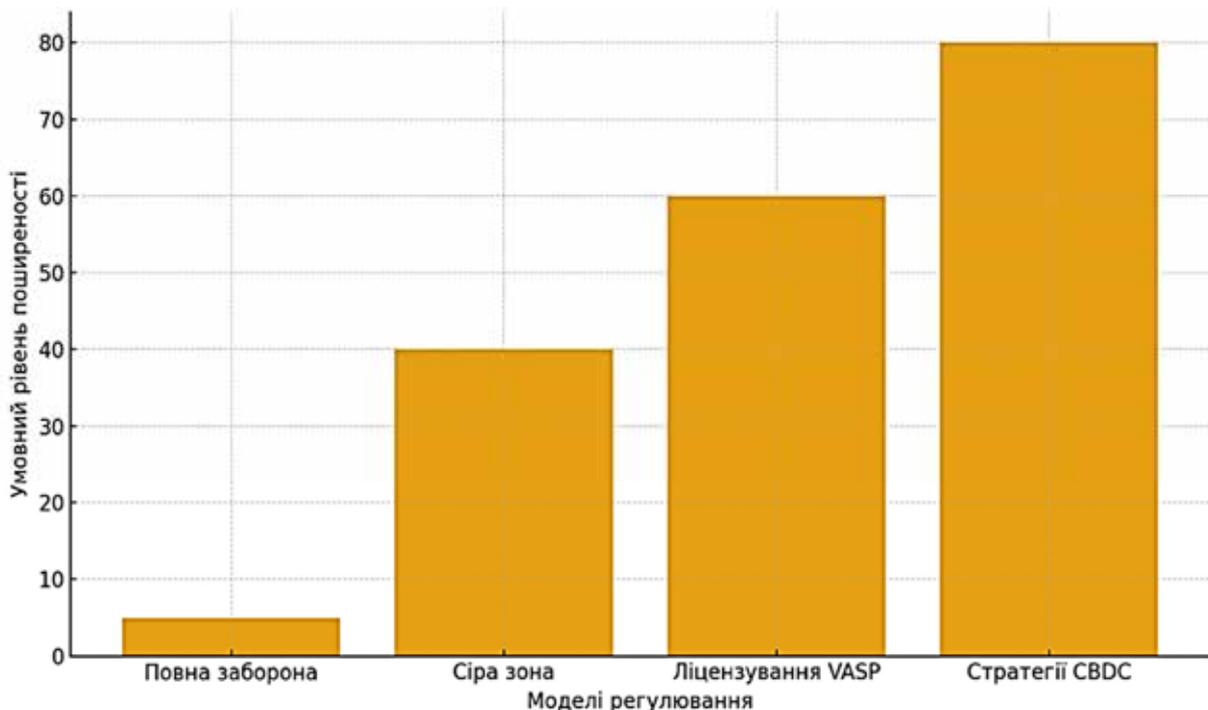


Рис. 1. Поширення моделей регулювання (умовні дані)

Джерело: сформовано авторами на основі [13; 14; 15]

для економік, які ще не визначилися зі стратегією цифрових активів [16]. Наймасштабнішим є підхід ліцензування VASP, що повністю узгоджується зі стандартами FATF і активно впроваджується в ЄС, Південній Кореї, Сінгапурі, Японії та інших країнах зі зрілими фінансовими системами [20]. Найбільші значення на графіку відповідають підходу розвитку стратегій щодо цифрових активів і підготовці CBDC, що відображає глобальну тенденцію до активного вивчення і розроблення цифрових валют центральних банків відповідно до звітів BIS та ЄЦБ [17; 18].

Таким чином, Рис. 1 підтверджує загальні висновки аналітичних джерел: ринок криптовалют у світовому вимірі рухається в напрямку формування структурованого, ліцензованого та регульованого середовища, у якому регулятори прагнуть збалансувати інноваційність цифрових активів із фінансовою стабільністю та безпекою. Розвиток CBDC та національних стратегій є особливо значущою тенденцією, що вказує на прагнення держав інтегрувати цифрові технології у власні фінансові системи та забезпечити контроль над ключовими платіжними потоками [17; 18; 20].

Одним із найважливіших напрямів використання криптовалют є транскордонні платежі. Традиційні міжнародні платіжні системи характеризуються високими комісіями, значною тривалістю розрахунків і залежністю від посередників. Криптовалюти усувають більшість цих обмежень: вони забезпечують майже миттєву передачу вартості, не потребують банківського посередництва й дозволяють значно знизити транзакційні витрати, що є актуальним для малого та середнього бізнесу, фрилансерів, транснаціональних корпорацій та міжнародної логістики [12; 16]. У цифровій економіці це створює умови для більш гнучкої інтеграції підприємств у глобальні ринки та спрощує взаємодію між географічно віддаленими учасниками ланцюгів постачання.

Не менш важливим напрямом є використання криптовалют для промислових платежів M2M (machine-to-machine), характерних для Індустрії 4.0. Наукові роботи підкреслюють, що промислові системи, обладнані сенсорами та кіберфізичними елементами, можуть здійснювати автоматизовані мікроплатежі за використання ресурсів, доступ до даних або оренду обладнання, що спрощує оптимізацію витрат та автономну взаємодію між виробничими ланцюгами [22]. Використання смарт-контрактів у таких системах дозволяє забезпечити повну авто-

матизацію платіжних процесів, мінімізувати людський фактор і покращити точність виконання операцій.

У сфері інвестицій криптовалюти відкрили доступ до нових фінансових можливостей. Аналітичні звіти міжнародних компаній зазначають, що корпоративні та інституційні інвестори активно інтегрують криптовалюти у власні інвестиційні стратегії, що підвищує ліквідність ринку та сприяє його структурному зміцненню [14; 15]. На базі криптовалют формуються нові фінансові сервіси – децентралізовані фінанси (DeFi), які дозволяють користувачам отримувати прибуток від стейкінгу, кредитування, ліквідності та інвестицій у цифрові активи без участі традиційних фінансових посередників. DeFi-платформи формують альтернативну екосистему, де кредитні та інвестиційні операції здійснюються автономно, за допомогою смарт-контрактів.

Окремою формою інтеграції криптовалют у цифрову економіку є токенизація активів. Токенизація дозволяє переводити фізичні або фінансові активи (нерухомість, цінні папери, інтелектуальні продукти) у цифрову форму, доступну для обігу на блокчейн-платформах. Це розширює можливості для інвестування, спрощує розподіл прав власності та забезпечує високу ліквідність активів, які раніше характеризувалися низькою оборотністю [15; 16]. Токенизація є особливо перспективною для промисловості та інфраструктурних проєктів, де потрібна прозорість, довгострокові інвестиції та ефективне управління ресурсами.

Узагальнюючи, криптовалюти в цифровій економіці виступають універсальним інструментом, який одночасно забезпечує фінансову автономність машинних систем, розширює можливості глобальних платежів, створює нові форми інвестиційної діяльності та сприяє трансформації традиційних бізнес-моделей. Саме тому криптовалюти займають важливе місце в розвитку Індустрії 4.0 та цифрової економіки загалом.

Попри значний потенціал криптовалют і блокчейн-технологій у формуванні інфраструктури Індустрії 4.0, їх широке застосування супроводжується істотними ризиками технологічного, економічного, правового та екологічного характеру. Багато дослідників підкреслюють, що криптоекосистема залишається мінливою та нерівномірно регульованою, що створює виклики як для промислових компаній, так і для інституційних учасників цифрової економіки [12; 16; 20]. З огляду на

це, детальний аналіз ризиків є необхідною передумовою формування комплексних стратегій безпечного впровадження цифрових активів у сучасні виробничі процеси.

Технологічні ризики пов'язані передусім із високою складністю інфраструктури криптовалют. Індустрія 4.0 базується на інтеграції величезної кількості IoT-пристроїв, сенсорів, кіберфізичних систем і цифрових платформ, які утворюють багатoshарову архітектуру обміну даними. У таких умовах зростає вразливість до кібератак, зламів та маніпуляцій у цифрових мережах. Хоча блокчейн забезпечує незмінність даних і стійкість до підробок, проте смарт-контракти, протоколи взаємодії та програмне забезпечення пристроїв можуть містити вразливості, які дозволяють зломисникам перехоплювати доступ або викликати некоректне функціонування системи [9]. Крім того, децентралізований характер блокчейн-мереж робить процес виправлення помилок технічно складним, що підвищує ризики масштабних збоїв.

Фінансові ризики криптовалют у промислових системах пов'язані з їх високою волатильністю. Різкі зміни курсу цифрових активів можуть негативно впливати на бюджетування виробництва, витрати на закупівлю матеріалів, оплату машинних транзакцій або обслуговування смарт-контрактів. Це особливо критично в умовах автоматизованих ланцюгів постачання, де відбуваються мікротранзакції M2M і де стабільність вартості має велике значення для забезпечення безперервності виробничих процесів [12; 22]. Деякі дослідники вказують на необхідність переходу промислових систем до використання стейблкоїнів або внутрішніх корпоративних токенів, щоб мінімізувати вплив волатильності, однак це не знімає загальних макрофінансових ризиків.

Правові та регуляторні ризики є результатом відсутності уніфікованої міжнародної системи регулювання ринку криптовалют. Кожна держава застосовує власні моделі контролю, що створює проблеми для компаній, які працюють на глобальному рівні. У звітах FATF і BIS зазначається, що відсутність єдиних норм ускладнює дотримання вимог щодо відповідності, перешкоджає здійсненню трансграничних операцій і підвищує ризики юридичної невизначеності [17; 20]. Крім того, у деяких країнах цифрові активи не мають правового статусу, що унеможливує їх використання як платіжного засобу або інвестиційного активу в офіційних виробничих процесах.

Організаційні ризики пов'язані з готовністю підприємств до цифрової трансформації. Багато компаній мають обмежені технічні та кадрові ресурси для інтеграції блокчейну та криптовалют у виробничі процеси. Це стосується як недосконалості IT-інфраструктури, так і недостатнього рівня цифрової грамотності персоналу. Інші дослідження вказують, що впровадження криптовалют у промислові системи потребує значних інвестицій у навчання, модернізацію обладнання та розроблення індивідуальних цифрових рішень, що підвищує ризик фінансових втрат у разі неуспішної інтеграції [14; 16].

Екологічні ризики є результатом енергомісткості деяких алгоритмів консенсусу. Високе споживання електроенергії системами Proof-of-Work становить суттєве навантаження на енергетичну інфраструктуру та суперечить цілям сталого розвитку. Для промислових підприємств, які прагнуть оптимізувати свій екологічний слід і відповідати міжнародним стандартам енергоефективності, використання енергомістких криптовалют може бути проблематичним. Перехід до Proof-of-Stake частково зменшує споживання енергії, проте екологічна збалансованість криптоіндустрії ще далека від оптимального рівня [14].

Соціально-етичні ризики пов'язані з потенційним витісненням робочої сили шляхом автоматизації та переходу до цифрових транзакцій M2M. Індустрія 4.0 передбачає скорочення ролі людини в процесах управління фінансовими та інформаційними потоками. Це створює як переваги у вигляді підвищення продуктивності, так і ризики посилення соціальної нерівності, що має бути враховано при розробленні стратегій цифрового розвитку [8].

Загалом ризики інтеграції криптовалют в Індустрію 4.0 є багатомірними й охоплюють технологічні, економічні, організаційні та нормативні аспекти. Незважаючи на значний потенціал цифрових активів, ефективно використання криптовалют у промисловості потребує формування комплексних систем управління ризиками та адаптивних стратегій регуляторної взаємодії.

**Висновки.** В умовах Індустрії 4.0 цифрові активи і блокчейн-технології відіграють дедалі важливішу роль у трансформації глобальної економіки, бізнес-процесів та інфраструктури цифрових інновацій. Технологія блокчейн, яка лежить в основі криптовалют, стала фундаментальним елементом цифрової трансформації, забезпечуючи незмінність даних, про-

зорість взаємодій, довіру між учасниками та можливості смарт-контрактів.

Ринок криптовалют демонструє стійку довгострокову тенденцію до зростання, незважаючи на циклічність та високу волатильність. Розвиток світового крипторинку характеризується розширенням інфраструктури, диверсифікацією активів, зростанням значення стейблкоїнів, посиленням ролі децентралізованих фінансів і підвищенням інтересу з боку інституційних інвесторів. Важливим чинником еволюції ринку є регуляторні підходи різних країн, які охоплюють широкий спектр моделей - від заборон до повного ліцензування. Більшість держав рухається у напрямі структурного регулювання, орієнтованого на стандарти FATF, що сприяє прозорості, зниженню ризиків і формуванню сприятливого середовища для інновацій.

Застосування криптовалют та блокчейну в Індустрії 4.0 суттєво розширює можливості цифрової економіки. Вони забезпечують ефективність управління ланцюгами постачання, автоматизацію промислових операцій, опрацювання великих масивів даних і взаємодію між машинами у форматі M2M. Крім того, криптовалюти виступають інструментом для швидких транскордонних платежів, формують основу DeFi-сервісів і відкривають нові можливості для інвестицій через токенизацію

активів. Отже, вони інтегруються не лише у фінансову сферу, але й у виробництво, логістику, енергетику та інші сектори.

Водночас є низка ризиків та обмежень, які стримують широке впровадження цифрових активів у промислові системи. До ключових ризиків належать волатильність криптовалют, регуляторна невизначеність, кібербезпека, вразливості смарт-контрактів, організаційна неготовність підприємств і екологічні загрози, пов'язані з енергоспоживанням деяких типів блокчейн-мереж. Вирішення цих проблем потребує комплексного підходу, який включає вдосконалення регуляторної політики, підвищення кіберзахисту, розвиток енергоефективних алгоритмів консенсусу та формування нових стандартів у сфері цифрових активів.

Слід зазначити, що криптовалюти та блокчейн-технології вже сьогодні є одним із ключових факторів розвитку Індустрії 4.0. Вони створюють передумови для появи нових бізнес-моделей, прискорюють цифровізацію виробництва й відкривають широкі можливості для інновацій у фінансових і промислових екосистемах. Подальший розвиток їхнього потенціалу залежатиме від узгодженості міжнародного регулювання, технологічного вдосконалення, інтеграції у промислові мережі та здатності держав і підприємств адаптуватися до вимог цифрової економіки.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Нечай О. П. Поняття, види та перспективи використання криптовалют в Україні / О. П. Нечай // Підприємництво та інновації. – 2021. - № 35. – С. 55-60. URL: [repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/022d0bdc-9e64-4ffe-a008-6fd210225f00/content](https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/022d0bdc-9e64-4ffe-a008-6fd210225f00/content) (дата звернення: 01.02.2026).
2. Войтко С. В., Гафарова Л. М. Особливості створення та розвитку технології Blockchain в умовах Індустрії 4.0 / С. В. Войтко, Л. М. Гафарова // Сучасні проблеми економіки і підприємництва. – 2020. – № 26. – С. 33-36. URL: [ape.fmm.kpi.ua/article/view/233615/232343](https://ape.fmm.kpi.ua/article/view/233615/232343) (дата звернення: 01.02.2026).
3. Сербін О. В. Криптовалюти та їх місце у сучасній фінансовій системі // Економіка та суспільство. - 2024. – № 64. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/4304/4230> (дата звернення: 01.02.2026).
4. Про віртуальні активи : Закон України від 10.10.2024 № 4017-IX (зі змінами) // Відомості Верховної Ради України. - 2023. - № 15. – С. 51. URL: [zakon.rada.gov.ua/laws/show/2074-20#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2074-20#Text) (дата звернення: 01.02.2026).
5. Литвиненко А. О. Вплив криптовалют на світову економіку / А. О. Литвиненко, В. І. Ситніков // Управління ресурсним забезпеченням господарської діяльності підприємства реального сектору економіки : матер. VI Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. з міжнар. участю, м. Полтава, 17 лист. 2021 р. : тези допов. – Полтава: НДАУ, 2021. URL: <http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/26935> (дата звернення: 01.02.2026).
6. Nakamoto S. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. – 2008. URL: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> (дата звернення: 01.02.2026).
7. Aoun A. A review of Industry 4.0 characteristics and challenges / A. Aoun // Journal of Industrial Engineering. – 2021. – Vol. 162. URL: [www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360835221006501](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360835221006501) (дата звернення: 01.02.2026).
8. Chen Y., Lu Y. Applications of Blockchain in Industry 4.0: A Review / Y. Chen, Y. Lu // Open Access Library Journal, Vol. 11 No. 11, November 7, 2024. URL: [https://ideas.repec.org/a/spr/infosf/v26y2024i5d10.1007\\_s10796-022-10248-7.html](https://ideas.repec.org/a/spr/infosf/v26y2024i5d10.1007_s10796-022-10248-7.html) (дата звернення: 01.02.2026).

9. Alazab M. Industry 4.0 Innovation: A Systematic Literature Review on the Role of Blockchain Technology in Creating Smart and Sustainable Manufacturing Facilities / M. Alazab // MDPI, January 31, 2024. URL: [www.mdpi.com/2078-2489/15/2/78](http://www.mdpi.com/2078-2489/15/2/78) (дата звернення: 01.02.2026).
10. Bodkhe, U., Tanwar, S., Parekh, K., Khanpara, P., Tyagi, S., Kumar, N., & Alazab, M. (2020). Blockchain for Industry 4.0: A comprehensive review. *IEEE Access*, 8, 79764-79800. Article 9069885. URL: [doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988579](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988579) (дата звернення: 01.02.2026).
11. Mougayar W. *The Business Blockchain*. – Hoboken: Wiley, 2016. – 304 p.
12. Corbet, Shaen and Lucey, Brian M. and Yarovaya, Larisa, *The Financial Market Effects of Cryptocurrency Energy Usage* (June 29, 2019). URL: <https://ssrn.com/abstract=3412194> (дата звернення: 01.02.2026).
13. CoinMarketCap. *Global Cryptocurrency Market Report 2024*. URL: [coinmarketcap.com/academy/article/according-to-cmc-crypto-market-analysis-2024](https://coinmarketcap.com/academy/article/according-to-cmc-crypto-market-analysis-2024) (дата звернення: 01.02.2026).
14. Deloitte. *A primer on Web3 adoption for enterprise*. – Deloitte US, 2023. URL: [www.deloitte.com/content/dam/assets-zone3/us/en/docs/industries/financial-services/2024/us-web3-pov-bdav4-accessibility-version.pdf](https://www.deloitte.com/content/dam/assets-zone3/us/en/docs/industries/financial-services/2024/us-web3-pov-bdav4-accessibility-version.pdf) (дата звернення: 01.02.2026).
15. PwC. *2023 Global Cryptocurrency Mergers and Acquisition and Fundraising Report*. – PricewaterhouseCoopers, 2023. URL: [www.pwc.com/gx/en/financial-services/pdf/2023-global-crypto-ma-and-fundraising-report.pdf](https://www.pwc.com/gx/en/financial-services/pdf/2023-global-crypto-ma-and-fundraising-report.pdf) (дата звернення: 01.02.2026).
16. OECD. *Blockchain Technologies as a Digital Enabler for Sustainable Infrastructure. Case Study*. OECD Environment Policy Paper No. 16. – OECD, 2019. URL: [www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2019/09/blockchain-technologies-as-a-digital-enabler-for-sustainable-infrastructure\\_c8f24003/0ec26947-en.pdf](https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2019/09/blockchain-technologies-as-a-digital-enabler-for-sustainable-infrastructure_c8f24003/0ec26947-en.pdf) (дата звернення: 01.02.2026).
17. Illes A., Kosse A., Wierts P. *Advancing in tandem - results of the 2024 BIS survey on central bank digital currencies and crypto* / A. Illes, A. Kosse, P. Wierts // *BIS Papers*. – 2025. – No. 159. URL: [www.bis.org/publ/bppdf/bispar159.pdf](https://www.bis.org/publ/bppdf/bispar159.pdf) (дата звернення: 01.02.2026).
18. European Central Bank. *Preparation phase of a digital euro - Closing report*. – ECB, 2025. URL: [www.ecb.europa.eu/euro/digital\\_euro/progress/html/ecb.deprp202510.en.html](https://www.ecb.europa.eu/euro/digital_euro/progress/html/ecb.deprp202510.en.html) (дата звернення: 01.02.2026).
19. Atlantic Council. *CBDC Tracker* [Електронний ресурс]. – URL: <https://www.atlanticcouncil.org/cbdctracker> (дата звернення: 01.02.2026).
20. FATF. *Updated Guidance for a Risk-Based Approach to Virtual Assets and Virtual Asset Service Providers*. – Paris: Financial Action Task Force, 2021. URL: [www.fatf-gafi.org/content/dam/fatf-gafi/guidance/Updated-Guidance-VA-VASP.pdf.coredownload.inline.pdf](https://www.fatf-gafi.org/content/dam/fatf-gafi/guidance/Updated-Guidance-VA-VASP.pdf.coredownload.inline.pdf) (дата звернення: 01.02.2026).

## REFERENCES:

1. Nechai, O. P. (2021). *Poniattia, vydy ta perspektyvy vykorystannia kryptovaliuty v Ukraini* [Concept, types, and prospects of cryptocurrency use in Ukraine]. *Entrepreneurship and Innovation*, (35), 55–60. Available at: [repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/022d0bdc-9e64-4ffe-a008-6fd210225f00/content](https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/022d0bdc-9e64-4ffe-a008-6fd210225f00/content) (accessed 01.02.2026).
2. Voitko, S. V., & Hafarova, L. M. (2020). *Osoblyvosti stvorennia ta rozvytku tekhnolohii blockchain v umovakh Industrii 4.0* [Features of blockchain technology development in Industry 4.0]. *Modern Problems of Economics and Entrepreneurship*, (26), 33–36. Available at: [ape.fmm.kpi.ua/article/view/233615/232343](https://ape.fmm.kpi.ua/article/view/233615/232343) (accessed 01.02.2026).
3. Serbin, O. V. (2024). *Kryptovaliuty ta yikh mistse u suchasnykh finansovii systemi* [Cryptocurrencies and their place in the modern financial system]. *Economy and Society*, (64). Available at: [economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/4304/4230](https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/4304/4230) (accessed 01.02.2026).
4. Law of Ukraine No. 4017-IX. (2024). *On virtual assets* (as amended). *Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine*, (15), 51. Available at: [zakon.rada.gov.ua/laws/show/2074-20#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2074-20#Text) (accessed 01.02.2026).
5. Lytvynenko, A. O., & Sytnikov, V. I. (2021). *Vplyv kryptovaliuty na svitovu ekonomiku* [The impact of cryptocurrency on the global economy]. In *Proceedings of the 6th All-Ukrainian Scientific and Practical Internet Conference with International Participation* (Poltava, November 17, 2021). Poltava State Agrarian University. Available at: [repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/26935](https://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/26935) (accessed 01.02.2026).
6. Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system*. Available at: [bitcoin.org/bitcoin.pdf](https://bitcoin.org/bitcoin.pdf) (accessed 01.02.2026).
7. Aoun, A. (2021). *A review of Industry 4.0 characteristics and challenges*. *Journal of Industrial Engineering*, 162. Available at: [www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360835221006501](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360835221006501) (accessed 01.02.2026).
8. Chen, Y., & Lu, Y. (2024). *Applications of blockchain in Industry 4.0: A review*. *Open Access Library Journal*, 11(11). Available at: [ideas.repec.org/a/spr/infosf/v26y2024i5d10.1007\\_s10796-022-10248-7.html](https://ideas.repec.org/a/spr/infosf/v26y2024i5d10.1007_s10796-022-10248-7.html) (accessed 01.02.2026).

9. Alazab, M. (2024). Industry 4.0 innovation: A systematic literature review on the role of blockchain technology in creating smart and sustainable manufacturing facilities. *Information*, 15(2), Article 78. Available at: [www.mdpi.com/2078-2489/15/2/78](http://www.mdpi.com/2078-2489/15/2/78) (accessed 01.02.2026).
10. Bodkhe, U., Tanwar, S., Parekh, K., Khanpara, P., Tyagi, S., Kumar, N., & Alazab, M. (2020). Blockchain for Industry 4.0: A comprehensive review. *IEEE Access*, 8, 79764–79800. Available at: [doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988579](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988579) (accessed 01.02.2026).
11. Mougayar, W. (2016). *The business blockchain*. Wiley.
12. Corbet, S., Lucey, B. M., & Yarovaya, L. (2019). *The financial market effects of cryptocurrency energy usage*. SSRN. Available at: [ssrn.com/abstract=3412194](https://ssrn.com/abstract=3412194) (accessed 01.02.2026).
13. CoinMarketCap. (2024). *Global cryptocurrency market report 2024*. Available at: [coin-marketcap.com/academy/article/according-to-cmc-crypto-market-analysis-2024](https://coin-marketcap.com/academy/article/according-to-cmc-crypto-market-analysis-2024) (accessed 01.02.2026).
14. Deloitte. (2023). *A primer on Web3 adoption for enterprise*. Deloitte US. Available at: [www.deloitte.com/content/dam/assets-zone3/us/en/docs/industries/financial-services/2024/us-web3-pov-bdav4-accessibility-version.pdf](https://www.deloitte.com/content/dam/assets-zone3/us/en/docs/industries/financial-services/2024/us-web3-pov-bdav4-accessibility-version.pdf) (accessed 01.02.2026).
15. PwC. (2023). *Global cryptocurrency mergers and acquisitions and fundraising report*. PricewaterhouseCoopers. Available at: [www.pwc.com/gx/en/financial-services/pdf/2023-global-crypto-ma-and-fundraising-report.pdf](https://www.pwc.com/gx/en/financial-services/pdf/2023-global-crypto-ma-and-fundraising-report.pdf) (accessed 01.02.2026).
16. OECD. (2019). *Blockchain technologies as a digital enabler for sustainable infrastructure: Case study* (OECD Environment Policy Paper No. 16). OECD Publishing. Available at: [www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2019/09/blockchain-technologies-as-a-digital-enabler-for-sustainable-infrastructure\\_c8f24003/0ec26947-en.pdf](https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2019/09/blockchain-technologies-as-a-digital-enabler-for-sustainable-infrastructure_c8f24003/0ec26947-en.pdf) (accessed 01.02.2026).
17. Illes, A., Kosse, A., & Wierst, P. (2025). Advancing in tandem: Results of the 2024 BIS survey on central bank digital currencies and crypto. *BIS Papers*, (159). Available at: [www.bis.org/publ/bppdf/bispap159.pdf](https://www.bis.org/publ/bppdf/bispap159.pdf) (accessed 01.02.2026).
18. European Central Bank. (2025). *Preparation phase of a digital euro: Closing report*. ECB. Available at: [www.ecb.europa.eu/euro/digital\\_euro/progress/html/ecb.deprp202510.en.html](https://www.ecb.europa.eu/euro/digital_euro/progress/html/ecb.deprp202510.en.html) (accessed 01.02.2026).
19. Atlantic Council. (n.d.). *CBDC tracker*. Available at: [www.atlanticcouncil.org/cbdctracker](https://www.atlanticcouncil.org/cbdctracker) (accessed 01.02.2026).
20. Financial Action Task Force. (2021). *Updated guidance for a risk-based approach to virtual assets and virtual asset service providers*. FATF. Available at: [www.fatf-gafi.org/content/dam/fatf-gafi/guidance/Updated-Guidance-VA-VASP.pdf.coredownload.inline.pdf](https://www.fatf-gafi.org/content/dam/fatf-gafi/guidance/Updated-Guidance-VA-VASP.pdf.coredownload.inline.pdf) (accessed 01.02.2026).

Дата надходження статті: 02.12.2025

Дата прийняття статті: 13.12.2025

Дата публікації статті: 29.12.2025