

Електронний журнал «Ефективна економіка» включено до переліку наукових фахових видань України з питань економіки (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України № 975 від 11.07.2019). Спеціальності – 051, 071, 072, 073, 075, 076, 292. Ефективна економіка. 2025. № 1.

DOI: <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2025.1.59>

УДК 330.3

V. I. Kyfyak,

к. е. н., доцент, доцент кафедри бізнесу та управління персоналом,

Чернівецький національний університет імені Ю. Федьковича

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6104-6403>

R. O. Dubinskyi,

аспірант, Чернівецький національний університет імені Ю. Федьковича

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-8736-4898>

**БЛОКЧЕЙН ЯК ТЕХНОЛОГІЯ АРХІТЕКТУРИ ІНСТИТУЦІЙНОГО
СЕРЕДОВИЩА РОЗВИТКУ АГРОБІЗНЕСУ:
МОЖЛИВОСТІ ТА ЗАГРОЗИ**

V. Kyfyak,

PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of

Business and HR Management,

Yurii Fedkovych Chernivtsi National University

R. Dubinskyi,

Postgraduate student, Yurii Fedkovych Chernivtsi National University

**BLOCKCHAIN AS A TECHNOLOGY FOR THE ARCHITECTURE OF
THE INSTITUTIONAL ENVIRONMENT FOR AGRIBUSINESS
DEVELOPMENT: OPPORTUNITIES AND THREATS**

У статті досліджено сутність категорії блокчейн як технології архітектури інституційного середовища розвитку агробізнесу. Розглянуто можливості застосування блокчейн-рішень для підвищення прозорості, ефективності та довіри між учасниками аграрного сектору, що є ключовим чинником в умовах глобалізації. Окрему увагу приділено потенціалу блокчейн-технологій для оптимізації логістичних ланцюгів, впровадження смарт-контрактів та забезпечення якості продукції відповідно до міжнародних стандартів. Також визначено загрози, зокрема високу вартість технологій, відсутність інфраструктури у сільській місцевості та низький рівень цифрової грамотності. Акцентовано на необхідності державної підтримки, цифровізації та міждисциплінарної співпраці для реалізації блокчейн-рішень як елемента інституційної трансформації агробізнесу України.

The article explores the potential of blockchain technologies in transforming the institutional environment of agribusiness. The analysis focuses on blockchain's ability to enhance transparency, efficiency, and resilience of management and financial processes. Particular attention is given to the role of smart contracts in automating operational obligations, reducing intermediary costs, and minimizing fraud risks within agricultural supply chains. The study identifies opportunities such as improved trust, real-time tracking, and optimization of logistics, which are crucial for integrating Ukrainian agribusiness into global markets. At the same time, key challenges are examined, including high implementation costs, insufficient digital infrastructure in rural areas, and low levels of digital literacy among farmers. The study highlights the importance of state support, international investments, and educational initiatives for successful blockchain adoption in the agrarian sector.

The aim of the article is to explore the potential of blockchain technologies in transforming the institutional environment of agribusiness by analyzing their opportunities to improve transparency, efficiency, and resilience of management

and financial processes, as well as identifying key threats and barriers to implementation to develop recommendations for overcoming them.

Through the application of systematic scientific methods, it has been determined that blockchain technologies hold considerable potential to modernize the institutional environment of agribusiness. Their implementation enhances transparency in management processes, reduces the risk of fraud, and improves communication between stakeholders in the agricultural supply chain. Smart contracts automate financial and operational obligations, ensuring cost efficiency and eliminating intermediaries, which is particularly valuable for small and medium-sized farms. However, significant challenges persist, such as financial constraints, underdeveloped infrastructure, and low levels of digital literacy. Overcoming these barriers requires a systematic approach involving state initiatives, international funding, and interdisciplinary collaboration to foster the digitalization of Ukraine's agribusiness sector.

Ключові слова: *блокчейн, агробізнес, інституційне середовище, цифровізація, логістичні ланцюги, технологічні інновації.*

Keywords: *blockchain, agribusiness, institutional environment, digitalization, logistics chains, technological innovations.*

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Актуальність теми застосування блокчейн-технологій у агробізнесі обумовлена стрімкими змінами, які переживає сільське господарство в умовах глобалізації, цифрової трансформації та кліматичних викликів. Агросектор, як одна з ключових галузей економіки України, вимагає нових підходів до управління виробничими процесами, логістикою та фінансами, що особливо важливо для підвищення його конкурентоспроможності на міжнародних ринках. Блокчейн-технології, з їх здатністю забезпечувати прозорість, достовірність і незмінність даних, відповідають на запит часу щодо впровадження інновацій,

які підвищують ефективність і довіру в галузі. У цьому контексті блокчейн відкриває можливість створення інтегрованих систем, які дозволяють відстежувати кожен етап життєвого циклу продукції, що критично важливо для забезпечення прозорості та відповідності екологічним і якісним стандартам. Такі підходи є відповіддю на запити сучасних споживачів, які хочуть знати походження продукції та забезпечують додаткову цінність для експортерів, особливо в умовах посилення вимог на світових ринках.

У контексті цифровізації економіки впровадження блокчейну у агросекторі є невід'ємною частиною ширшої стратегії розвитку інноваційної екосистеми. Ця технологія стає каталізатором змін, які можуть трансформувати сільське господарство з традиційної галузі у високотехнологічний сектор. Враховуючи зростання попиту на прозорість і відповідальність у глобальних ланцюгах постачання, дослідження і впровадження блокчейн-рішень є важливим кроком для забезпечення позиції України як одного з ключових гравців на світовому аграрному ринку.

Тож проблеми впровадження блокчейн як інструменту трансформації інституційного середовища обґрунтовується не лише технологічними можливостями блокчейну, але й його здатністю вирішувати комплексні проблеми, що стоять перед аграрною сферою, які обумовлені зростаючою роллю глобальних трендів, таких як відповідальне споживання, сталий розвиток і цифровізація економіки. У цьому контексті блокчейн здатен стати основою для формування інноваційної екосистеми, яка сприяє гармонізації відносин між виробниками, споживачами та регуляторами.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Блокчейн як інноваційна технологія демонструє вагомий потенціал у контексті трансформації інституційного середовища, особливо в умовах агробізнесу. Сучасні наукові дослідження розкривають можливості блокчейну для забезпечення прозорості, ефективності та безпеки у фінансових і логістичних процесах. Дослідження Смагла [1] відзначає, що інтеграція блокчейну у фінансові системи зменшує ризики шахрайства, спрощує регуляторні механізми й

підвищує довіру між суб'єктами ринку. Аналіз Дона й Алекса Тапскоттів [2] підтверджує стратегічну роль блокчейну у децентралізації фінансового управління, що відкриває перспективи автоматизації й усунення посередників у процесах транзакцій.

Український досвід ілюструє практичне застосування блокчейн-технологій у кризових умовах. Наприклад, ініціативи, представлені на дискусії «Crypto at War» [3], [4] показують ефективність цієї технології для залучення інвестицій і забезпечення прозорості фінансових потоків у надзвичайних ситуаціях.

Аграрний сектор є однією з ключових галузей, де блокчейн стає катализатором інновацій. Mukherjee et al. (2021) [5] підкреслюють, що використання блокчейну у ланцюгах постачання аграрної продукції сприяє їхній прозорості, підвищенню стійкості та мінімізації втрат на різних етапах. Аналіз Andeme Bikoro [6] показує, що блокчейн є основою для смарт-ферм, сприяючи автоматизації, ефективному моніторингу й оптимізації ресурсів.

У своїх роботах Manea et al. [7] (2024) і Saba et al. (2023) [8] акцентують увагу на синергії блокчейну з іншими цифровими технологіями, такими як IoT і машинне навчання. Така інтеграція дає змогу автоматизувати процеси, знижувати операційні витрати та підвищувати конкурентоспроможність агробізнесу.

В українському контексті блокчейн визнається стратегічно важливим інструментом економічного розвитку. Зокрема, дослідження Т. Балазюк [9] вказує на перспективи впровадження цієї технології у державні реєстри, платіжні системи й управління ланцюгами постачання. Міністерство цифрової трансформації України (2022) [4] підтверджує, що блокчейн може стати основою для економічного відновлення країни, особливо в умовах війни та криз. Попри значні переваги блокчейну, існують суттєві бар'єри для його масового використання, зокрема висока вартість впровадження, технічні обмеження й недостатній рівень інфраструктури. Ці виклики актуалізують

наукову дискусію та дослідження про механізми імплементації блокчейн технології як інституції нової формації.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою статті є дослідження потенціалу блокчейн-технологій у трансформації інституційного середовища агробізнесу шляхом аналізу їхніх можливостей щодо підвищення прозорості, ефективності та стійкості управлінських і фінансових процесів, а також виявлення ключових загроз і бар'єрів для впровадження, з метою формування рекомендацій для їх подолання.

Основний текст. Аграрний сектор є однією з найбільш децентралізованих сфер економіки, де ланцюги постачання продукції можуть охоплювати численні етапи — від вирощування до доставки кінцевому споживачу. Оптимізація виробничих процесів, управління витратами, аналіз ринкових тенденцій та фінансова стабільність є ключовими аспектами, які впливають на ефективність діяльності аграрних підприємств. Будучи важливою складовою сталого розвитку, економічний аспект вимагає уваги до фінансового планування та інвестиційних стратегій, які дозволяють підприємствам впроваджувати інновації та впроваджувати нові технології [10].

Технологія блокчейн концептуалізується як тип проривної технології та вважається одним із головних інструментів Індустрії 4.0 сьогодні. Різноманітні функції Blockchain, такі як смарт-контракт, децентралізація, прозорість, відстежуваність, незмінність даних і конфіденційність даних, а також механізм консенсусу роблять його придатним для використання в складних і багаторівневих ланцюгах постачання сьогодні. Ці фактори покращують виробничі процеси та роблять існуючі ланцюжки поставок гнучкими, стійкими та швидко реагують у довгостроковій перспективі. Блокчейн також додає аспект сталості, який корелює з явищем циркулярної економіки в сучасному світі. Так, на часі обґрунтування та оцінка значення традиційного ланцюга поставок і ланцюга поставок із підтримкою блокчейну для впровадження концепції стійкості в ланцюжок поставок сьогодні.

Ключовими виявленими перевагами блокчейн технологій є конфіденційність даних, децентралізація, незмінність даних, смарт-контракт, покращена стійкість, створення стійких ланцюжків поставок, прозорість і спільна база даних. Ці потенційні переваги блокчейну оцінюються науковцями [5] за допомогою техніки аналітичного ієрархічного процесу. Пропонуючи підвищену прозорість, відстежуваність та підзвітність, технологія блокчейну може значно спростити складні ланцюжки поставок аграрної продукції, скоротити відходи, підвищити безпеку харчових продуктів та підвищити довіру між виробниками, переробниками та споживачами.

Еволюція блокчейн-технологій демонструє їхній поступовий перехід від вирішення фінансових завдань до створення універсальних інструментів для різних секторів економіки, включаючи аграрний сектор. Цей розвиток можна умовно поділити на три покоління [11], кожне з яких розширювало функціональні можливості блокчейну та його застосування.

Блокчейн першого покоління, представлений Bitcoin, був створений для вирішення проблеми довіри в фінансових операціях шляхом усунення посередників. Його основною метою була децентралізація грошових транзакцій, яка забезпечувалася за допомогою прозорості й незмінності записів у розподіленому реєстрі. Цей етап заклав фундамент технології, демонструючи її здатність забезпечувати довіру без залучення централізованих інституцій.

Розвиток блокчейну другого покоління, зокрема через Ethereum, додав можливість виконання смарт-контрактів — програм, які автоматично виконують умови договорів без участі третіх сторін. Це суттєво розширило потенціал технології, дозволяючи її застосовувати в різних галузях, зокрема в управлінні аграрними ланцюгами постачання, страхуванні та електронному врядуванні.

Сучасне покоління блокчейн-технологій, таке як Fantom Blockchain, орієнтоване на вирішення ключових технічних проблем, таких як масштабованість, висока продуктивність і зниження витрат. Використання

консенсусного механізму Asynchronous Byzantine Fault Tolerant (aBFT) та моделі направлено ациклічного графа (DAG) дозволяє досягти більшої швидкості обробки транзакцій і зменшення витрат. Це робить технології третього покоління ідеальними для складних задач, таких як простежуваність продукції в аграрному секторі [12]. Для агробізнесу проаналізуємо чотири різні технології Blockchain: Fantom, Hyperledger Fabric, Ethereum і Ethereum 2.0.

Основні характеристики можливостей застосування основних типів блокчейн-конструкцій Fantom, Hyperledger Fabric, Ethereum та Ethereum 2.0 в агробізнесі (табл. 1) важливо розглядати для розуміння, яка найбільш оптимальна для інституційних умов розвитку аграрного сектору в Україні.

Таблиця 1. Характеристика можливостей застосування основних типів блокчейн-конструкцій

Технологія	Можливості застосування в агробізнесі
Fantom	- Швидке відстеження ланцюгів постачання завдяки низькій затримці та високій пропускну здатності. - Інтеграція IoT для моніторингу сільськогосподарських процесів у реальному часі. - Оптимізація логістики та управління запасами через масштабованість.
Hyperledger Fabric	- Використання для створення приватних блокчейн-мереж для кооперативів або корпоративних фермерських господарств. - Управління контрактами між постачальниками та виробниками. - Впровадження прозорих систем сертифікації продукції.
Ethereum	- Реалізація смарт-контрактів для автоматизації угод між фермерами, трейдерами та споживачами. - Використання в DeFi для забезпечення фінансування фермерських господарств. - Високі витрати можуть обмежувати використання для дрібних фермерів.
Ethereum 2.0	- Зниження витрат і покращення енергоефективності робить його привабливішим для фермерських господарств. - Підтримка складних смарт-контрактів для автоматизації процесів. - Обмежена масштабованість для великих ланцюгів постачання.

Джерело: систематизовано на основі [11], [12].

Основні висновки:

- Fantom є найкращим вибором для агробізнесу, орієнтованого на прозорість, масштабованість та інтеграцію IoT.
- Hyperledger Fabric підходить для приватних або консорціумних моделей співпраці.

- Ethereum підходить для створення смарт-контрактів, але обмежений високими витратами.
- Ethereum 2.0 є покращеною версією Ethereum для автоматизації процесів із меншими витратами, але все ще має обмеження в масштабованості.

У контексті аграрного сектору, блокчейн-технології можуть стати основою нової інституційної архітектури, що сприятиме підвищенню ефективності, прозорості та довіри між усіма учасниками ринку. Наприклад, простежуваність продукції від ферми до кінцевого споживача на основі блокчейну дозволяє зменшити ризики фальсифікації та шахрайства, забезпечуючи достовірність даних про походження й якість продукції. Це є ключовим для експорту агропродукції на міжнародні ринки, де високі стандарти є вирішальними для довіри покупців. Додатково, впровадження смарт-контрактів може змінити спосіб укладання угод між виробниками, постачальниками та покупцями. Автоматизація виконання умов договорів сприяє зменшенню затримок у виплатах і скороченню ролі посередників, що знижує витрати та ризики непорозумінь .

Еволюція блокчейн-технологій від фінансових транзакцій до високопродуктивних і масштабованих рішень третього покоління відкриває широкі перспективи для трансформації інституційного середовища аграрного сектору. Завдяки своїй децентралізованій природі, прозорості та можливості автоматизації процесів, блокчейн може стати основою для побудови інноваційних моделей управління, які забезпечують довіру, зменшують витрати й сприяють сталому розвитку сільського господарства. Масштабовані рішення, такі як *Fantom Blockchain*, здатні ефективно обробляти великий обсяг даних і транзакцій, що робить їх придатними для створення децентралізованих платформ, які об'єднують учасників аграрного ринку. Наприклад, платформи на основі таких технологій можуть підтримувати цифрові ринки для фермерів, автоматизувати фінансові операції та надавати інструменти страхування від кліматичних ризиків.

На практиці блокчейн-технологій в агробізнесі демонструє суттєві перспективи для вдосконалення ланцюгів постачання, фінансових послуг, страхування та прозорості даних. Рішення, які пропонують компанії на основі блокчейну, покликані вирішити ключові виклики аграрного сектора, такі як складність логістики, низька ефективність фінансових операцій, шахрайство з продукцією та відсутність прозорості в ланцюгу постачання. Наприклад, AgriLedger і TE-FOOD вже доводять здатність блокчейну забезпечувати незмінність і доступність інформації, що сприяє підвищенню довіри між учасниками ринку. Аналогічно, страхові продукти на основі блокчейну, як у випадку з Etherisc, дозволяють малим фермерам отримувати доступні страхові послуги для зменшення ризиків, пов'язаних зі зміною клімату.

Проте ефективність цих технологій залежить від низки факторів. Перш за все, технологічна інфраструктура агросектору має бути адаптована до потреб цифрової трансформації. У цьому контексті такі компанії, як Ambrosus та AgriChain, показують, як можна поєднати мобільні та веб-рішення з блокчейн-платформами, створюючи інтегровані екосистеми, які спрощують взаємодію між учасниками ринку. Крім того, варто відзначити важливість галузевої спеціалізації, яку підкреслюють рішення, орієнтовані на конкретні продукти, наприклад, сокову промисловість у випадку Open Food Chain.

Науковий інтерес до цієї сфери зростає, оскільки блокчейн створює основу для нових бізнес-моделей у сільському господарстві. Це підтверджується успіхом таких компаній, як AgriDigital, які поєднують блокчейн із рішеннями для розрахунків у реальному часі та титруванням фізичних товарів. Таким чином, блокчейн в агросекторі не лише сприяє прозорості й підзвітності, а й відкриває нові можливості для підвищення економічної ефективності та соціальної відповідальності.

Однак широке впровадження блокчейну залежить від адаптації законодавчої бази, зниження технічних бар'єрів і підвищення обізнаності

серед фермерів. Це формує основу для довгострокового впровадження блокчейн-технологій у глобальній агропромисловості, де кожен учасник, від фермера до споживача, може отримати вигоду від інтегрованої, децентралізованої екосистеми [13].

З системного погляду імплементація блокчейн-технологій для формування інституцій розвитку агробізнесу та суміжних галузей створює унікальні взаємозв'язки, що формують синергетичний ефект і відкривають нові перспективи для трансформації сектору.

- Підвищення прозорості операцій – блокчейн дозволяє створити єдиний цифровий реєстр, у якому фіксуються всі транзакції в реальному часі. Це не лише мінімізує можливості для маніпуляцій чи шахрайства, а й формує основу для довіри між учасниками ринку, сприяючи сталому зростанню аграрних бірж.

- Зміцнення інвестиційної привабливості – завдяки прозорим алгоритмам і смарт-контрактам, інвестори отримують доступ до надійної інформації, що зменшує ризики і водночас спонукає до залучення більшого обсягу капіталу. Інтеграція блокчейну стимулює розвиток нових фінансових інструментів, таких як токенизація активів, що підвищує ліквідність і відкриває ринок для широкого кола учасників.

- Боротьба з корупцією – децентралізована структура усуває необхідність у посередниках, зменшуючи корупційні ризики. Завдяки можливості перевіряти кожен запис, створюється система, в якій будь-яке втручання є очевидним і легко виявляється.

- Цифровізація інфраструктури – блокчейн стає центральним елементом цифрової трансформації, формуючи платформу для інтеграції фермерів, трейдерів, споживачів і регуляторів. Така взаємодія забезпечує швидший обмін даними, зменшує витрати часу та ресурсів, водночас створюючи більш ефективні ланцюги постачання.

- Відстеження походження продукції – технологія дозволяє забезпечити простежуваність усіх етапів виробничого циклу, від посіву до

доставки кінцевому споживачу. Це не тільки підвищує довіру до продуктів, але й робить можливим впровадження стандартів сталого розвитку та міжнародної сертифікації.

- Автоматизація операцій – смарт-контракти дозволяють автоматично виконувати угоди без втручання людей, що не лише скорочує витрати, а й забезпечує точність і дотримання умов контрактів. Це створює умови для швидкої адаптації до змін ринкових умов.

- Подолання дефіциту кадрів – автоматизація та стандартизація процесів зменшують потребу в адміністративному персоналі, одночасно спрощуючи навчання працівників. Це особливо важливо для малих фермерських господарств, які часто стикаються з обмеженістю ресурсів.

- Формування єдиної екосистеми – блокчейн об'єднує всіх учасників аграрного ринку у прозорій і надійній мережі. Скоординована взаємодія дозволяє ефективніше вирішувати завдання логістики, зберігання та реалізації продукції, створюючи синергетичний ефект для всієї галузі.

- Підвищення довіри до ринку – незмінність записів і можливість їхньої перевірки створюють середовище, де кожен учасник може бути впевненим у чесності угод. Це сприяє стабільності ринку та зміцненню довготривалих партнерських відносин.

- Оптимізація фінансових інструментів – впровадження новітніх технологій, таких як криптовалюти чи токенизація, дозволяє створювати нові моделі фінансування, зокрема краудфандинг чи мікрокредитування, що підвищує доступність капіталу для аграрного сектору.

Синергія цих процесів дозволяє агробізнесу стати ядром інноваційної економіки, забезпечуючи ефективність, стабільність і сталий розвиток. Розроблена архітектура впровадження блокчейн-технологій в агробізнес дозволить оперативно та прозоро забезпечити відстеження ступеня органічності продукції, походження продукції тощо.

Трансформація інституційного механізму через використання блокчейну базується на створенні нової екосистеми, де ключову роль

відіграють прозорість, довіра та синергія з інноваційними технологіями. Оцифрування контрактів і бізнес-операцій дозволяє усунути традиційні бар'єри, пов'язані з паперовою бюрократією, забезпечуючи швидший і надійніший обмін даними, що створює основу для автоматизації процесів завдяки смарт-контрактам, що діють як гарантія виконання зобов'язань.

Завдяки прозорості, яку забезпечує блокчейн, кожен етап ланцюга постачання стає видимим для всіх учасників. Це мінімізує ризик шахрайства, підвищує довіру між партнерами і сприяє оптимізації логістики. У свою чергу, прозорість фінансових потоків дозволяє створити стабільні умови для фінансування, сприяючи довірі з боку інвесторів. Коли інвестиції спрямовуються в розвиток галузі, це стимулює зростання кількості контрактів і загальної ділової активності.

Додатково блокчейн сприяє впровадженню інновацій, таких як Інтернет речей (IoT), інтегруючи датчики і системи автоматизованого управління з платформою блокчейну. Це дозволяє точніше контролювати виробничі процеси, знижувати витрати і підвищувати ефективність використання ресурсів. У поєднанні з іншими IT-рішеннями створюється екосистема, яка трансформує аграрний сектор, підвищуючи його конкурентоспроможність і потенціал зростання.

Синергія між блокчейном і сучасними технологіями розширює горизонти економічного розвитку, адже такі системи створюють не лише економічну вигоду, а й довгострокову стійкість через ефективне управління ресурсами, екологічну відповідальність та інноваційність. А це формує нову якість інституційного механізму, який стимулює довіру, прозорість та інклюзивність у бізнес-середовищі (рис. 1).

Блокчейн як технологія забезпечує прозорість і достовірність даних завдяки своїй структурі розподіленого реєстру, де кожна транзакція підтверджується і стає незмінною. Однак впровадження цієї технології в аграрному секторі стикається з кількома об'єктивними викликами.



Рис. 1. Ланцюг трансформації інституційного механізму розвитку аграрного сектору за допомогою блокчейн-технологій

Джерело: Сформовано авторами.

1. Технічні аспекти. Аграрний сектор має унікальні особливості, такі як великий обсяг даних, пов'язаних із різноманітними етапами виробництва, зберігання та постачання продукції. Інтеграція такої технології до існуючих систем управління обліком і логістикою. Наприклад, відсутність уніфікованих стандартів передачі даних між фермерськими господарствами, логістичними операторами та ринками ускладнює створення єдиного блокчейн-ланцюга. Крім того, технічні бар'єри, такі як потреба в потужній інфраструктурі й стабільному Інтернет-з'єднанні, залишаються критичними для сільських районів.

2. Фінансові аспекти. Блокчейн є дорогою технологією для впровадження. Крім розробки та підтримки програмного забезпечення, потрібні витрати на навчання користувачів, технічне обслуговування та модернізацію інфраструктури. Для малих фермерських господарств це може

стати непосильним фінансовим навантаженням. Без державної підтримки або партнерства з великими компаніями фінансова життєздатність таких ініціатив є сумнівною.

3. Людський фактор. Людські помилки чи недостатня підготовка можуть серйозно обмежити ефективність технології. Для фермерів, які не мають технічної освіти, блокчейн може здаватися складним і незрозумілим. Необхідність створення доступних інструкцій і навчання користувачів є невід'ємною частиною впровадження, оскільки неправильне використання технології може звести нанівець її потенціал.

4. Ризики корупції та зловживань. Незважаючи на заявлену децентралізованість, у приватних або централізованих реалізаціях блокчейну може зберігатися ризик корупції. Наприклад, централізований адміністратор або обмежене коло учасників системи можуть маніпулювати правилами, що руйнує довіру до технології.

Науковий підхід до впровадження блокчейну в аграрній сфері вимагає врахування особливостей галузі та економічного контексту. Важливо проводити попередній аналіз потреб і ризиків, оцінювати потенційну вигоду від впровадження технології та визначати, які бізнес-процеси справді виграють від децентралізованого реєстру. Технології впровадження безпеки в блокчейн для забезпеченості цілісності інституційного механізму блокчейн вже розробляються вченими [14]. Створення чіткої нормативно-правової бази й підтримка прозорості процесу є ключовими умовами успішного впровадження. Попри очевидні переваги блокчейну, ризики його впровадження в аграрній сфері пов'язані переважно з технічними, фінансовими та людськими факторами. Перед впровадженням необхідно ретельно оцінити реальну потребу в технології, її доцільність і економічну ефективність, саме тому механізм інституційного механізму впровадження блокчейн технологій у аграрній сфері повинен бути розроблений з урахуванням специфіки аграрного сектору, включаючи створення зрозумілих інструкцій для користувачів, забезпечення доступності технології для

фермерів, інтеграцію з існуючими системами обліку та прозоре регулювання на державному рівні. Важливо також передбачити механізми захисту даних і запобігання зловживанням, що можуть виникати через людський фактор або недоліки технічної реалізації.

Висновки з даного дослідження та перспективи подальших розвідок. Проведене дослідження підтверджує, що впровадження блокчейн-технологій у інституційне середовище агробізнесу України є важливим кроком до забезпечення прозорості, підвищення ефективності управлінських та фінансових процесів, а також мінімізації ризиків шахрайства в ланцюгах постачання. Використання блокчейну створює синергетичний ефект за рахунок інтеграції смарт-контрактів, які дозволяють автоматизувати операційні та фінансові зобов'язання, скорочуючи витрати на посередників і підвищуючи довіру між усіма учасниками аграрного ринку. Такий підхід не лише вирішує поточні виклики, але й сприяє утворенню ланцюгових результатів, включаючи підвищення конкурентоспроможності продукції на міжнародних ринках, стабілізацію цінових коливань і забезпечення відповідності глобальним стандартам якості.

Водночас важливо враховувати, що впровадження блокчейн-рішень у сільське господарство стикається зі значними викликами, серед яких високі фінансові витрати на технологічні інновації, недостатня цифрова інфраструктура у сільській місцевості та низький рівень цифрової грамотності серед фермерів. Для системного вирішення цих проблем необхідно застосовувати наукові підходи, що передбачають формування стратегій на основі міждисциплінарних досліджень, синергії державних і приватних ініціатив, а також залучення міжнародних інвестиційних ресурсів.

Перспективи подальших наукових досліджень у цьому напрямі полягають у розробці моделі блокчейн-екосистеми для аграрного сектору, яка враховуватиме як економічні, так і соціальні аспекти. Особливо актуальним є вивчення можливостей поєднання блокчейн-технологій із Інтернетом речей (IoT) та штучним інтелектом (AI) для створення

інноваційного середовища з ефектом ланцюгового впливу на всі етапи агропромислового виробництва. Такі рішення дозволять досягти сталого розвитку галузі, підвищити ефективність використання ресурсів та адаптувати аграрний сектор України до вимог сучасної глобальної економіки.

Література

1. Смагло О. Перспективи розвитку блокчейн технологій у сфері глобального фінансового ринку. *Економіка та суспільство*. 2024. №60. С. 69. DOI: 10.32782/2524-0072/2024-60-69.

2. Tapscott D., Tapscott A. Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin is Changing Money, Business, and the World. *Electronic Resource*. 2018. Business, and the World. Penguin, New York. URL: <https://www.amazon.com/Blockchain-Revolution-Technology> (Accessed 20 December 2024).

3. Bornyakov O. The development of blockchain business will contribute to the economic recovery of Ukraine. URL: <https://www.kmu.gov.ua/en/news/oleksandr-bornyakov-rozvitok-blokchejn-biznesu-spriyatime-ekonomichnomu-vidnovlennyu-ukrayini> (Accessed 20 December 2024).

4. Розвиток блокчейн-бізнесу сприятиме економічному відновленню України. *Electronic Resource*. URL: <http://www.fin.org.ua/news/1452566>.

5. Mukherjee A. A., Singh R., Mishra R., Bag S. Application of blockchain technology for sustainability development in agricultural supply chain: justification framework. *Operations Management Research*. 2021. №1. С. 1-16. DOI: 10.1007/s12063-021-00180-5.

6. Andeme Bikoro D.M. Towards a Blockchain-Based Smart Farm. *Agricultural Revolution in Sub-Saharan Africa. IFAC PapersOnLine*. 2022. №55(10). С. 299–304.

7. Manea A. E., Tataneb K., Chihaba Y. Transforming agricultural supply chains: Leveraging blockchain-enabled java smart contracts and IoT integration. *Research in Globalization*. 2024. №8. С. 100214.
8. Saba T., Rehman A., Haseeb K., Bahaj S. A., Lloret J. Trust-based decentralized blockchain system with machine learning using Internet of agriculture things. *Computers and Electrical Engineering*. 2023. №108. С. 108674. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045790623000988?via%3Dihub> (Accessed 20 December 2024).
9. Балазюк О.Ю., Пилявець В.М. Технологія блокчейн: дослідження суті та аналіз сфер використання. *Економіка і суспільство*. 2022. Вип.43. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-43-13>.
10. Kyfyak V., Kindzerskyi V., Todorciuk S., Klevchik L., Luste O. The role of economics and management in the development of sustainable business models of agricultural enterprises. *Scientific Horizons*. 2024. 27(6). С. 152-162. DOI: [10.48077/scihor6.2024.152](https://doi.org/10.48077/scihor6.2024.152).
11. Haoran Lyu. Comparative performance of machine learning algorithms for Cardano cryptocurrency forecasting. *Proc. SPIE 12256, International Conference on Electronic Information Engineering, Big Data, and Computer Technology (EIBDCT 2022)*. 2022. DOI: [10.1117/12.2635761](https://doi.org/10.1117/12.2635761).
12. A peer-to-peer blockchain-based architecture for trusted and reliable agricultural product traceability. *Computers and Electrical Engineering*. 2022. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-981-19-0852-1_19.
13. Блокчейн у сільському господарстві. *Electronic Resource*. URL: <https://agtecher.com/uk/blockchain-agriculture/> (Дата звернення 20 грудня 2024).
14. Rakib Ul Haque, Hasan A. S. M., Apubra Daria, Qingshan Jiang. Towards Convergence of Blockchain and Self-sovereign Identity for Privacy-Preserving Secure Federated Learning. *Communications in Computer and*

Information Science. 2022. URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-981-19-0852-1_19
(Accessed 20 December 2024).

References

1. Smaglo, O. (2024), “Perspectives of blockchain technology development in the global financial market”, *Ekonomika ta suspilstvo*, vol. 60, pp. 69, DOI: 10.32782/2524-0072/2024-60-69.
2. Tapscott, D. and Tapscott, A. (2018), “Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin Is Changing Money, Business, and the World”, *Electronic Resource*, available at: <https://www.amazon.com/Blockchain-Revolution-Technology> (Accessed 20 December 2024).
3. Bornyakov, O. (2022), “Crypto at War: Behind Ukraine’s Historic Crypto Fundraiser”, *Electronic Resource*, available at: <https://www.kmu.gov.ua/en/news/oleksandr-bornyakov-rozvitok-blokchejn-biznesu-spriyatime-ekonomichnomu-vidnovlennyyu-ukrayini> (Accessed 20 December 2024).
4. Borniakov, O. (2022), “The development of blockchain business will contribute to the economic recovery of Ukraine”, available at: <http://www.fin.org.ua/news/1452566> (Accessed 20 December 2024).
5. Mukherjee, A.A. Singh, R. Mishra, R. and Bag, S. (2021), “Application of blockchain technology for sustainability development in agricultural supply chain: justification framework”, *Operations Management Research*, vol. 1, pp. 1–16, DOI: 10.1007/s12063-021-00180-5.
6. Andeme Bikoro, D.M. (2022), “Towards a Blockchain-Based Smart Farm. Agricultural Revolution in Sub-Saharan Africa”, *IFAC PapersOnLine*, vol. 55, no. 10, pp. 299-304.
7. Manea, A.E. Tataneb, K. and Chihaba, Y. (2024), “Transforming agricultural supply chains: Leveraging blockchain-enabled java smart contracts and IoT integration”, *Research in Globalization*, vol. 8, pp. 100214.

8. Saba, T. Rehman, A. Haseeb, K. Bahaj, S.A. and Lloret, J. (2023), “Trust-based decentralized blockchain system with machine learning using Internet of agriculture things”, *Computers and Electrical Engineering*, vol. 108, pp. 108674, available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045790623000988?via%3Dihub> (Accessed 20 December 2024).
9. Balaziuk, O.Yu. and Pyljavets, V.M. (2022), “Blockchain technology: research of the essence and analysis of usage areas”, *Ekonomika i suspilstvo*, vol. 43, DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-43-13>.
10. Kyfyak, V. Kindzerskyi, V. Todoruk, S. Klevchik, L. and Luste, O. (2024), “The role of economics and management in the development of sustainable business models of agricultural enterprises”, *Scientific Horizons*, vol. 27, no. 6, pp. 152–162, DOI: 10.48077/scihor6.2024.152.
11. Lyu, H. (2022), “Comparative performance of machine learning algorithms for Cardano cryptocurrency forecasting”, *Proc. SPIE 12256, International Conference on Electronic Information Engineering, Big Data, and Computer Technology (EIBDCT 2022)*, DOI: 10.1117/12.2635761.
12. Rakib Ul Haque, A. S. M. Touhidul, H. Apubra, D. Qiang, Qu & Qingshan, J. (2022), “A peer-to-peer blockchain-based architecture for trusted and reliable agricultural product traceability”, *Computers and Electrical Engineering*, DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-981-19-0852-1_19.
13. agtecher (2021), “Blockchain in agriculture”, available at: <https://agtecher.com/uk/blockchain-agriculture/> (Accessed 20 December 2024).
14. Rakib Ul Haque, Hasan, A.S.M. Apubra, D. and Jiang, Q. (2022), “Towards Convergence of Blockchain and Self-sovereign Identity for Privacy-Preserving Secure Federated Learning”, *Communications in Computer and Information Science*. http://dx.doi.org/10.1007/978-981-19-0852-1_19.

Стаття надійшла до редакції 21.12.2024 р.