

**В. М. ЧИЖИК**

кандидат технічних наук,  
доцент кафедри транспортних систем і логістики  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет  
ORCID: 0000-0003-0518-5246

**М. В. ХАРЧЕНКО**

кандидат економічних наук,  
доцент кафедри менеджменту  
Класичний приватний університет  
ORCID: 0000-0001-7435-0642

**А. О. ТВЕРДОХЛІБ**

аспірант кафедри комп'ютерної інженерії  
Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій  
ORCID: 0000-0002-6591-2866

## ВИКОРИСТАННЯ БЛОКЧЕЙН-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПРОЗОРОСТІ ЛАНЦЮГІВ ПОСТАЧАННЯ В ТРАНСПОРТНІЙ ЛОГІСТИЦІ

*Стаття присвячена дослідженню теоретичних основ і практичних аспектів впровадження блокчейн-технологій у сфері транспортної логістики з метою забезпечення прозорості, відстежуваності та безпеки даних у ланцюгах постачання. У роботі аналізується сучасний стан цифровізації логістичних процесів, зокрема застосування блокчейну, Інтернету речей (далі – IoT), смартконтрактів та аналітичних інструментів для підвищення ефективності управління товарними потоками. Особлива увага приділяється перевагам використання децентралізованої системи збереження даних, що дозволяє забезпечити невідворотність записів, захист від несанкціонованих змін та автоматизацію фінансових і договірних процесів у ланцюгах постачання. У статті розглядаються основні напрями застосування блокчейн-технологій, зокрема підвищення прозорості транзакцій, створення цифрових паспортів товарів для контролю походження та автентичності, відстеження переміщення вантажів у реальному часі, автоматизацію платежів та управління цифровими документами. Підкреслено важливість інтеграції блокчейн-рішень із сучасними логістичними платформами та технологіями IoT, що забезпечує повний контроль за параметрами продуктів, особливо у чутливих сферах, таких як харчова й фармацевтична продукція. Виокремлено основні перешкоди впровадження блокчейну в логістику, до яких належать інертність учасників ланцюга до нових технологій, необхідність висококваліфікованих фахівців, а також вибір платформ і програмного забезпечення для реалізації технології. У роботі аналізуються перспективи розвитку блокчейн-технологій у транспортно-логістичній сфері, зокрема їхній потенціал для оптимізації маршрутів доставки, прогнозування попиту та підвищення економічної ефективності підприємств. Стаття показує, що використання блокчейну сприяє не лише підвищенню операційної продуктивності та зниженню витрат, але й формуванню довіри між усіма учасниками ланцюга постачання, зміцненню репутації компанії і підвищенню лояльності кінцевих споживачів. Зроблено висновок про стратегічне значення блокчейн-технологій як інструменту цифрової трансформації логістики та управління ланцюгами постачання, який забезпечує прозорість, безпеку й стабільність у глобальному економічному середовищі.*

**Ключові слова:** блокчейн, транспортна логістика, ланцюги постачання, прозорість, відстежуваність, безпека даних, смартконтракти, цифрові технології, Інтернет речей, оптимізація логістичних процесів.

**V. M. CHYZHYK**

PhD in Engineering Science (Transport Systems),  
Associate Professor at the Department of Transport Systems and Logistics  
Kharkiv National Automobile and Highway University  
ORCID: 0000-0003-0518-5246

M. V. KHARCHENKO

Candidate of Economic Sciences,  
Associate Professor at the Department of Management  
Classic Private University  
ORCID: 0000-0001-7435-0642

A. O. TVERDOKHLIB

Postgraduate Student at the Department of Computer Engineering  
State University of Information and Communication Technologies  
ORCID: 0000-0002-6591-2866

## USING BLOCKCHAIN TECHNOLOGIES TO ENSURE TRANSPARENCY IN SUPPLY CHAINS WITHIN TRANSPORTATION LOGISTICS

*The article is devoted to the study of theoretical foundations and practical aspects of implementing blockchain technologies in transportation logistics to ensure transparency, traceability, and data security in supply chains. The work analyzes the current state of digitization in logistics processes, including the use of blockchain, the Internet of Things, smart contracts, and analytical tools to enhance the efficiency of goods flow management. Special attention is given to the advantages of using a decentralized data storage system, which ensures the immutability of records, protection against unauthorized changes, and automation of financial and contractual processes within supply chains. The article examines key areas of blockchain application, including improving transaction transparency, creating digital passports for products to verify origin and authenticity, real-time tracking of cargo movements, automating payments, and managing digital documents. The study emphasizes the importance of integrating blockchain solutions with modern logistics platforms and Internet of Things technologies, providing full control over product parameters, particularly in sensitive sectors such as food and pharmaceuticals. The article also highlights major barriers to blockchain adoption in logistics, including the reluctance of supply chain participants to adopt new technologies, the need for highly skilled specialists, and the selection of appropriate platforms and software for implementation. The prospects for blockchain development in the transportation and logistics sector are analyzed, particularly its potential to optimize delivery routes, forecast demand, and improve the economic efficiency of enterprises. The article demonstrates that the use of blockchain not only enhances operational productivity and reduces costs but also builds trust among all supply chain participants, strengthens company reputations, and increases end-customer loyalty. In conclusion, the authors emphasize the strategic importance of blockchain technologies as a tool for digital transformation in logistics and supply chain management, ensuring transparency, security, and stability in the global economic environment.*

**Key words:** blockchain, transportation logistics, supply chains, transparency, traceability, data security, smart contracts, digital technologies, Internet of Things, logistics process optimization.

### Постановка проблеми

Сучасна транспортна логістика функціонує в умовах зростання складності глобальних ланцюгів постачання, що охоплюють численних учасників, різні етапи та географічні регіони. Це спричиняє виникнення ризиків, пов'язаних із затримками постачань, фальсифікацією документів, втручанням у дані, шахрайством і зниженням довіри між партнерами. Традиційні інформаційні системи управління логістичними процесами не забезпечують належного рівня прозорості, оскільки базуються на централізованих структурах даних і не гарантують повної автентичності інформації. В умовах цифрової трансформації все більшої уваги набувають блокчейн-технології, що забезпечують децентралізоване зберігання даних, незмінність записів і можливість простежування кожної операції. Вони створюють потенціал для підвищення ефективності контролю, зменшення транзакційних витрат і запобігання шахрайству в транспортній логістиці. Однак практичне впровадження блокчейну стикається з низкою проблем, зокрема відсутністю єдиних стандартів, високою вартістю реалізації, технічною складністю інтеграції з наявними логістичними системами та недостатньою готовністю учасників ринку до змін. Унаслідок цього постає наукова проблема, що полягає в необхідності глибокого аналізу потенціалу, обмежень та економічної доцільності застосування блокчейн-технологій для забезпечення прозорості ланцюгів постачання в транспортній логістиці, а також розроблення ефективних підходів до їх адаптації в практичну діяльність.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Значний внесок у дослідження застосування блокчейн-технологій у транспортній логістиці та управлінні ланцюгами постачання зроблено як вітчизняними, так і зарубіжними авторами. Зокрема, Ю. Рябчун, Д. Компанець, В. Хроленко та Н. Попович аналізують застосування блокчейн-технологій для забезпечення цілісності даних у логістичних системах, підкреслюючи важливість прозорості транзакцій та відстежуваності вантажів у реальному часі [1]. Перспективи впровадження блокчейну в транспортну логістику та управління ланцюгами постачань розглядає Т. Колодізева, акцентуючи на автоматизації транзакцій, створенні цифрових паспортів товарів та підвищенні прозорості ланцюга постачання [2]. Сутність цифрової трансформації в логістичній сфері

досліджують Є. Марінов та Є. Лісеній, наголошуючи на зміні традиційних підходів до управління ланцюгами постачання та розподілу товарів. Автори підкреслюють посилення значення цифрових технологій у забезпеченні точності, ефективності та швидкості логістичних процесів, що дозволяє підприємствам адаптуватися до умов високої конкуренції й динамічного ринку [3]. Це джерело доповнює наукову дискусію щодо стратегічного використання інноваційних інструментів у логістиці, створюючи практичне підґрунтя для подальшої інтеграції таких технологій, як штучний інтелект, автоматизація та аналітика даних. На застосуванні блокчейну в складській логістиці зосереджуються В. Химич та Т. Білоконь, показуючи його вплив на управління запасами, контроль переміщення товарів та документообіг [4]. Вплив інноваційних технологій на ефективність та конкурентоспроможність підприємств аналізує Л. Якимишин, зазначаючи, що інтеграція блокчейн з аналітичними інструментами та штучним інтелектом дозволяє оптимізувати витрати й підвищити продуктивність логістичних процесів [5]. Розвиток інноваційних технологій в аграрній логістиці розглядає О. Школьній, підкреслюючи значення прозорості ланцюга постачання для підвищення довіри споживачів [6]. Економічний потенціал і виклики впровадження інноваційних технологій у транспортній логістиці досліджує Є. Марінов, наголошуючи на необхідності стратегічного планування та підготовки персоналу для ефективної інтеграції блокчейн-технологій [7]. Сучасні технології управління транспортною логістикою, зокрема IoT та цифрові платформи, вивчає О. Головіна [8]. Вплив Економіки 4.0 на глобальні логістичні операції транснаціональних корпорацій оцінюють В. Македон та О. Михайленко, підкреслюючи значення цифрових технологій для оптимізації ланцюгів постачання [9]. Цифровізацію логістики, нові технології управління та оптимізації процесів розглядають Н. Канцедал, О. Лега та Є. Морозов [10].

Попри значну увагу науковців до проблематики дослідження, низка аспектів залишається нерозв'язаною. Зокрема, це проблеми впровадження блокчейн-технологій у транспортній логістиці, пов'язані з відсутністю єдиних стандартів обміну даними, невизначеністю регуляторного середовища, високими витратами та недостатністю кваліфікованих кадрів. Обмежено вивченими є питання інтеграції блокчейну з корпоративними системами та формування економічно ефективних моделей впровадження.

Внесок цієї статті в розв'язання зазначених проблем полягає в узагальненні наукових підходів, визначенні пріоритетних напрямів оптимізації логістичних процесів та обґрунтуванні практичних рекомендацій щодо ефективного впровадження технологій у цю сферу.

#### **Формулювання мети дослідження**

Мета дослідження полягає в науковому обґрунтуванні та аналізі можливостей використання блокчейн-технологій для підвищення прозорості, надійності й ефективності ланцюгів постачання в транспортній логістиці, а також у визначенні шляхів їх практичної інтеграції в сучасну логістичну інфраструктуру.

Завдання дослідження:

- 1) проаналізувати теоретичні основи функціонування блокчейн-технологій і визначити їхні потенційні переваги для транспортно-логістичних процесів;
- 2) дослідити сучасний стан застосування блокчейну в галузі логістики та виявити основні перешкоди, що заважають його впровадженню;
- 3) обґрунтувати напрями та механізми використання блокчейн-технологій для забезпечення прозорості, відстежуваності й безпеки даних у ланцюгах постачання.

#### **Викладення основного матеріалу дослідження**

У сучасних цифрових логістичних системах збереження цілісності даних має вирішальне значення, адже саме достовірність інформації визначає рівень ефективності взаємодії між усіма учасниками ланцюга постачання. Водночас традиційні логістичні платформи часто стикаються з труднощами, пов'язаними з відсутністю довіри, недостатньою прозорістю та обмеженим контролем за обміном даними. Через це учасники логістичних процесів не завжди впевнені в точності отриманої інформації, що ускладнює координацію дій, знижує рівень співпраці та негативно впливає на загальну ефективність роботи логістичної системи [1, с. 170].

Цифрова трансформація економіки охопила всі її сектори, зокрема й логістику та управління ланцюгами постачання. У цьому контексті особливий науковий і практичний інтерес викликають сучасні цифрові технології, серед яких важливе місце посідає блокчейн. Використання цієї технології в транспортній логістиці набуває особливої значущості, адже саме тут перетинаються інтереси великої кількості учасників – власників і відправників чи отримувачів вантажів, логістичних посередників, перевізників, орендодавців і орендарів транспортних засобів, а також державних інституцій. Транзакції, що здійснюються під час транспортування вантажів у межах ланцюга постачання, потребують дотримання таких принципів, як прозорість, ефективність, зменшення витрат, конфіденційність, довіра, автентичність, кооперація, інтеграція, оптимізація та достовірність даних. Саме блокчейн-технології здатні забезпечити реалізацію цих принципів у системах транспортної логістики та управління ланцюгами постачання [2, с. 185].

Цифрова трансформація у сфері логістики є визначальним чинником, який трансформує усталені моделі управління ланцюгами постачання та процесами розподілу продукції. В умовах стрімкого технологічного прогресу та

підвищених вимог до ефективності, точності й оперативності виконання замовлень підприємства змушені адаптувати свою діяльність до нових умов функціонування [3, с. 3].

Завдяки децентралізованій архітектурі блокчейну інформація про товар захищена від хакерських атак та будь-яких несанкціонованих змін. Підробка товару стає неможливою, оскільки кожна одиниця проходить перевірку якості, пакування та інших параметрів. Крім того, система спрощує проведення аудиту на складах підприємства завдяки збереженню повної історії транзакцій та забезпеченню дотримання нормативних вимог [4, с. 398].

Блокчейн ґрунтується на трьох основних принципах: децентралізації, криптографічному захисті та консенсусі. Децентралізація усуває єдиний центр управління, підвищуючи стійкість системи. Криптографічний захист забезпечує незмінність даних, а консенсусні механізми (Proof-of-Work, Proof-of-Stake тощо) гарантують узгодженість транзакцій між учасниками.

У логістиці технологія блокчейн зміцнює довіру між учасниками, забезпечуючи прозорий доступ до єдиної інформаційної бази в реальному часі, що мінімізує затримки та ймовірність помилок. Смартконтракти автоматизують виконання угод без посередників, оптимізуючи процеси й знижуючи витрати. Порівняльну характеристику типів блокчейн-систем у транспортній логістиці наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

**Порівняльна характеристика основних типів блокчейн-систем і їхнього застосування в транспортній логістиці**

Тип блокчейну	Основні характеристики	Потенційне застосування в логістиці	Переваги
Публічний	Відкритий доступ для всіх учасників, використання Proof-of-Work або Proof-of-Stake	Відстеження вантажів у глобальних ланцюгах постачання	Висока прозорість, стійкість до зловмисників
Приватний	Обмежений доступ, контроль учасників, можливість адаптації під потреби компанії	Управління внутрішньою логістикою, складування, корпоративні перевезення	Висока швидкість транзакцій, контроль над даними
Консорціум	Керований групою організацій, гібридні механізми консенсусу	Координація між партнерами в багатокомпанійних ланцюгах	Баланс між прозорістю та контролем, ефективна співпраця

Джерело: власна розробка авторів

Упровадження блокчейн-технологій у логістичні процеси також впливає на економічні показники підприємств. Застосування децентралізованих і автоматизованих систем дозволяє скоротити витрати на аудит, перевірку достовірності документів та взаємодію з посередниками. Крім того, блокчейн сприяє зниженню ризиків фінансових втрат унаслідок шахрайства або помилок у документації, що безпосередньо впливає на рентабельність транспортно-логістичних операцій.

Іншим аспектом є підвищення екологічної ефективності ланцюгів постачання. Використання блокчейн-технологій у поєднанні з аналітичними системами дозволяє оптимізувати маршрути транспортування, планувати завантаження транспортних засобів і прогнозувати потребу в ресурсах, що зменшує споживання пального та викиди парникових газів. Такий підхід сприяє не лише економічній, але й соціальній відповідальності компаній у сфері транспортної логістики (табл. 2).

Таблиця 2

**Потенційні переваги використання блокчейн-технологій у транспортно-логістичних процесах**

Категорія переваг	Опис	Практичний ефект
Прозорість	Усі учасники отримують доступ до незмінної інформації про вантажі	Підвищення довіри між партнерами, зменшення кількості конфліктів
Безпека даних	Захист від несанкціонованих змін та кібератак	Мінімізація ризиків шахрайства, збереження цілісності інформації
Автоматизація процесів	Виконання смартконтрактів, автоматичне оновлення статусів	Скорочення часу на оформлення документів і контроль виконання угод
Оптимізація ресурсів	Аналіз великих даних, прогнозування потреб та маршрутів	Зниження витрат на транспортування та складування
Відстежуваність	Реєстрація всіх етапів руху товару	Можливість швидкого реагування на порушення або затримки

Джерело: власна розробка авторів

Розглядаючи потенційні обмеження застосування блокчейну в транспортно-логістичних системах, варто виокремити технічні, організаційні та економічні чинники, які можуть стримувати ефективне впровадження цієї технології. Технічні обмеження охоплюють проблеми масштабованості й продуктивності при обробленні великої кількості транзакцій, високі вимоги до обчислювальних ресурсів та енергоспоживання. Організаційні

перешкоди пов'язані з необхідністю інтеграції блокчейну з наявними ERP-системами, стандартизації форматів даних і навчання персоналу. Економічні чинники стосуються високих початкових витрат на впровадження технології, а також потреби в постійному обслуговуванні та підтримуванні мережі.

Попри зазначені обмеження, використання блокчейну в транспортно-логістичних процесах відкриває значний потенціал для підвищення їхньої прозорості, безпеки та ефективності. Технологія забезпечує надійне відстеження вантажів, ідентифікацію товарів і здійснення фінансових операцій, створюючи незмінні записи про переміщення продукції та формуючи цифрові паспорти для перевірки їхньої автентичності. Смартконтракти автоматизують оплату на основі виконання умов доставлення, а цифрові документи зберігаються без ризику несанкціонованих змін. Крім того, блокчейн підтримує відновлення стану системи через резервні копії даних і журнали транзакцій, що зміцнює довіру між усіма учасниками ланцюга постачання [5, с. 90].

Управління інформаційними потоками та оптимізація капіталу, пов'язаного з товарними запасами, є основними завданнями стратегічного управління ланцюгами постачань. Накопичення значних обсягів зерна ускладнює його експорт через інфраструктурні, логістичні та регуляторні перешкоди, тоді як для задоволення внутрішнього попиту виникає потреба в імпорті продукції тваринництва, яку можна виробляти з наявного зерна. Загострення проблем ресурсного дефіциту, глобального потепління та деградації довкілля підкреслює необхідність упровадження нових технологічних рішень. Технологія блокчейн дає змогу виробникам налагоджувати прозорі взаємозв'язки з постачальниками, зміцнювати конкурентні позиції та підвищувати якість послуг, надаючи споживачам достовірну інформацію про продукцію та її походження. Це особливо важливо для ланцюгів постачання свіжих овочів і фруктів, де спостерігаються значні втрати під час транспортування та зберігання. Інтеграція блокчейну з технологіями IoT забезпечує контроль параметрів виробництва та збереження якості молочних продуктів, а в ланцюгах постачання м'яса птиці сприяє підтриманню репутації бренду та зміцненню довіри споживачів [6, с. 363].

Для ефективного управління транспортними послугами необхідна розвинена логістична інфраструктура. Наявність кваліфікованих водіїв та диспетчерів, а також належний технічний стан транспортних засобів і їхня постійна готовність до роботи дозволяють уникнути проблем у наданні транспортно-логістичних послуг. Орієнтація на підвищення якості обслуговування та задоволення потреб клієнтів є важливою для ефективності транспортної системи. Використання сучасних технологій у поєднанні з професійним персоналом сприяє зростанню економічного потенціалу та позитивно впливає на розвиток економіки країни [7, с. 7]. Оскільки транспортна логістика має пріоритетне значення для забезпечення сталого економічного розвитку як на національному, так і на міжнародному рівні, одним із головних напрямів упровадження інноваційних технологій у цій сфері є автоматизація та оптимізація логістичних процесів, а також інтеграція систем контролю й моніторингу транспортних засобів. Використання спеціалізованого програмного забезпечення та систем управління дозволяє прискорити й спростити процеси матеріального планування та координації, а також оперативно й ефективно реагувати на нові виклики [8, с. 35].

Транспортні та логістичні компанії мають вирішальне значення у впровадженні інновацій, особливо у сфері цифровізації та інтелектуалізації глобальних ланцюгів постачання. Разом із розвитком концепції «Економіки 4.0» це зумовлює суттєві зміни в логістичних процесах. Завдяки модернізації логістичних систем транснаціональні компанії змогли зміцнити свої провідні позиції на ринку [9, с. 276].

На сучасному етапі блокчейн використовується в логістиці у різних сферах. Зокрема, великі компанії та транснаціональні корпорації застосовують його для оптимізації управління запасами, забезпечення прозорості міжнародних перевезень та контролю якості продукції. Яскравими прикладами є Maersk та IBM, які реалізували платформу TradeLens для відстеження вантажів у реальному часі. Компанія Walmart використовує блокчейн для контролю ланцюга постачання харчових продуктів, що дозволяє зменшити ризики псування та покращити безпеку споживачів. DHL інтегрує блокчейн із системами IoT для моніторингу умов перевезення чутливих вантажів, зокрема фармацевтичних препаратів, контролюючи температуру, вологість та місце перебування.

Використання цієї технології в транспортній логістиці дає змогу відстежувати маршрут вантажу від виробника до кінцевого споживача, забезпечуючи повну історію переміщень та мінімізуючи ризик підробок. Попри це, упровадження блокчейну стикається з такими труднощами, як висока вартість інтеграції, відсутність єдиних стандартів і регуляторних норм, а також недостатній рівень цифрової грамотності персоналу. Багато компаній, зокрема представники середнього бізнесу, не відмовляються від традиційних методів управління через занепокоєння щодо стабільності, надійності та безпеки впровадження нових цифрових систем. У таблиці 3 наведено основні напрями застосування блокчейну в логістиці та основні перешкоди, що обмежують ефективність його використання.

Таким чином, блокчейн у логістиці демонструє значний потенціал для підвищення ефективності та безпеки ланцюгів постачання. Проте для його широкого впровадження необхідне подолання економічних, технічних та організаційних перешкод, а також створення єдиних стандартів і підвищення цифрової компетентності персоналу. Успішна інтеграція технології дозволить компаніям оптимізувати процеси, зміцнити довіру учасників ринку та забезпечити конкурентні переваги в глобальних ланцюгах постачання.

Таблиця 3

**Основні напрями застосування блокчейну в логістиці та основні перешкоди, що обмежують ефективність його використання**

Напрями застосування блокчейну	Переваги	Основні перешкоди для впровадження
Відстеження вантажів та логістичних операцій	Прозорість, зменшення ризиків шахрайства, контроль маршруту	Високі витрати на інтеграцію, складність стандартизації
Ідентифікація та контроль якості товарів	Надійність даних, підтвердження автентичності продукції	Недостатня цифрова грамотність персоналу, обмежена інтеграція
Автоматизація фінансових транзакцій через смартконтракти	Швидкість і безпека платежів, зниження адміністративних витрат	Побоювання щодо стабільності системи, правові обмеження
Моніторинг критичних параметрів (IoT)	Оптимізація умов транспортування, забезпечення якості	Висока вартість обладнання, складність технічної інтеграції

*Джерело: власна розробка авторів*

Цифровізація логістики є важливим чинником підвищення ефективності та зниження витрат у сучасному бізнес-середовищі. Використання сучасних технологій, таких як системи управління ланцюгами постачання (SCM), автоматизовані складські системи (WMS), IoT, штучний інтелект (далі – ШІ), блокчейн та інші, сприяє поліпшенню прогнозування попиту, оптимізації маршрутів і контролю товарних потоків. Це дозволяє підвищити точність операцій, скоротити витрати на транспортування та зберігання, а також забезпечити прозорість і надійність логістичних процесів, що особливо актуально в умовах глобалізації ринків [10, с. 49].

Варто також зазначити, що впровадження інформаційних технологій має вплив не лише на операційну діяльність окремих компаній, а й на загальний економічний розвиток. Інтеграція цифрових рішень сприяє підвищенню продуктивності галузі, створенню нових робочих місць та зміцненню національної конкурентоспроможності. У глобальному масштабі це дозволяє підприємствам ефективно адаптуватися до умов цифрової економіки, зменшуючи розрив між розвиненими країнами та країнами, що розвиваються [11, с. 6].

Найсуттєвішою перешкодою для впровадження цієї технології є консерватизм виробників щодо нововведень, ефективність яких не має безпосереднього матеріального підтвердження. Використання блокчейн-технології потребує глибоких знань сучасних програмних середовищ і принципів їхнього практичного застосування. З огляду на це, важливим завданням є не лише вибір оптимальної платформи для реалізації технології, а й підготовка фахівців, здатних ефективно працювати з відповідними інструментами [12, с. 173].

Важливо забезпечити інтеграцію нових технологій із наявними системами управління та моніторингу, що дозволить зберегти безперервність операцій і мінімізувати проблеми під час переходу на нові платформи. Ефективне впровадження таких рішень потребує не лише технічної сумісності, а й належного рівня підготовки персоналу. Для результативного застосування ШІ необхідне регулярне навчання та підвищення кваліфікації працівників, що передбачає організацію курсів, семінарів і тренінгів, спрямованих на опанування сучасних технологій і методів роботи з ШІ [13, с. 772].

Оскільки технології ШІ швидко розвиваються, вони відкривають нові можливості для різних галузей, зокрема морських перевезень. Одним із перспективних напрямів їхнього використання є цифрові двійники (digital twins) – віртуальні моделі фізичних об'єктів, які дають змогу відтворювати й аналізувати їхню поведінку в реальному часі. Застосування цифрових двійників суден і маршрутів забезпечує проведення симуляцій та оптимізацію перевезень з урахуванням різних сценаріїв, що сприяє зниженню ризиків і підвищенню ефективності морської логістики [14, с. 37].

Митна логістика як практична діяльність охоплює комплекс функцій, що складаються з логістичних операцій, спрямованих на досягнення визначених цілей. До них належить забезпечення ефективного та швидкого переміщення товарів через митний кордон, а також зниження витрат на митні процедури при дотриманні вимог і норм. Усі ці функції спрямовані на оптимізацію роботи всіх учасників митного процесу під час переміщення вантажів та підтримку ефективної зовнішньоторговельної діяльності [15, с. 179].

Смартконтракти дозволяють автоматично виконувати фінансові або логістичні операції після настання певних умов, що підвищує швидкість обробки даних та знижує ймовірність людської помилки. Інтеграція з IoT забезпечує збір даних про стан вантажу, умови транспортування, температуру та вологість, що дозволяє підтримувати якість продуктів у реальному часі. Платформи на базі блокчейну дозволяють об'єднувати всі ці дані в єдину систему, де кожен учасник має доступ до актуальної та достовірної інформації.

Отже, використання блокчейн-технологій у ланцюгах постачання сприяє підвищенню ефективності, надійності та прозорості логістичних процесів. Упровадження таких рішень дозволяє компаніям знизити витрати, підвищити довіру між учасниками ланцюга й забезпечити відповідність вимогам безпеки та якості. Застосування інтегрованих механізмів, таких як смартконтракти, цифрові паспорти товарів та датчики IoT, робить блокчейн ефективним інструментом управління сучасними складними логістичними системами. У перспективі розвиток стандартів та платформ на базі блокчейну сприятиме масштабуванню цих технологій та їх більш широкому застосуванню в глобальних ланцюгах постачання.

Таблиця 4

## Основні функції технології блокчейн та відповідні механізми їх реалізації в ланцюгах постачання

Функції	Механізми реалізації	Основні технології	Очікуваний ефект	Приклади застосування
Прозорість	Ресстрація всіх транзакцій у блоках, надання доступу всім учасникам ланцюга	Блокчейн-платформи, смартконтракти	Зменшення ризиків шахрайства, підвищення довіри між учасниками ланцюга	Контроль переміщення вантажів у транспортних компаніях
Відстежуваність	Створення цифрових паспортів товарів, інтеграція з IoT та сенсорами	IoT, цифрові двійники, QR-коди	Контроль якості та походження товарів, швидке виявлення проблем	Моніторинг свіжих продуктів та фармацевтичних препаратів
Безпека даних	Децентралізоване зберігання, криптографічне шифрування, використання смартконтрактів	Криптографія, блокчейн, смартконтракти	Захист від несанкціонованих змін, автоматизація виконання угод	Автоматизовані платежі та договори між постачальниками та перевізниками
Оптимізація логістичних процесів	Автоматичне відстеження маршрутів, прогнозування попиту, контроль запасів	ШІ, машинне навчання, аналітика даних	Зниження витрат на зберігання та транспортування, підвищення ефективності	Планування маршрутів доставки та управління складськими запасами
Підвищення рівня довіри споживачів	Забезпечення відкритого доступу до інформації про продукт	Блокчейн, цифрові паспорти товарів	Покращення репутації бренду, підвищення лояльності клієнтів	Перевірка автентичності органічних та преміальних товарів

Джерело: власна розробка авторів

## Висновки

Використання блокчейн-технологій у ланцюгах постачання забезпечує новий рівень прозорості, відстежуваності та безпеки. Децентралізоване зберігання даних і незмінність записів знижують ризик шахрайства та підвищують рівень довіри між учасниками. Інтеграція з технологіями IoT дає змогу контролювати рух і стан товарів у реальному часі, підвищуючи точність та оперативність логістики.

Смартконтракти автоматизують виконання фінансових і договірних зобов'язань, скорочуючи час транзакцій і адміністративні витрати. Це особливо важливо для складних ланцюгів постачання з великою кількістю учасників.

Блокчейн також зміцнює довіру споживачів завдяки відкритому доступу до інформації про походження та якість продукції, оптимізує маршрути доставки й зменшує втрати. Такий підхід підвищує економічну ефективність підприємств і їхню конкурентоспроможність, перетворюючи технологію на стратегічний інструмент розвитку логістики.

Подальші дослідження у сфері використання блокчейн-технологій для прозорості ланцюгів постачання в транспортній логістиці можуть зосередитися на розробленні стандартів безпеки й методик оцінювання економічної ефективності впровадження блокчейн-рішень у різних сегментах логістики.

## Список використаної літератури

- Рябчун Ю., Компанець Д., Хроленко В., Попович Н. Застосування блокчейн-технологій в забезпеченні цілісності даних у логістичних системах. *Управління розвитком складних систем*. 2025. № 62. С. 170–176. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2025.62.170-176>
- Колодізева Т. О. Перспективи впровадження блокчейн-технологій в транспортну логістику та управління ланцюгами поставок. *Бізнес-Інформ*. 2023. № 6. С. 184–190. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2023-6-184-190>
- Марінов Є., Лісеній Є. Цифрова трансформація в логістиці. *Економіка та суспільство*. 2024. № 66. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-66-53>
- Химич В. В., Білоконь Т. М. Використання блокчейн в складській логістиці. *Маркетинг і логістика в системі менеджменту: виклики цифрової глобалізації: тези доп. XV Міжнар. наук.-практ. конф., пам'яті проф. Є. Крикавського* (м. Львів, 17–18 жовтня 2024 р.). Львів, 2024. С. 398–399. URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/attachments/2024/oct/36215/abstractsoftheconferenceml20241111.pdf> (дата звернення: 15.10.2025).
- Якимішин Л. Я. Інновації у логістиці: вплив технологій на ефективність та конкурентоспроможність підприємства. *Маркетингові та логістичні технології: інновації для забезпечення ефективності бізнес-процесів*: монографія. Тернопіль, 2024. С. 88–98. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/46773> (дата звернення: 15.10.2025).
- Школьній О. О. Розвиток інноваційних технологій в аграрній логістиці. *Менеджмент XXI століття: проблеми і перспективи: матеріали XIV Всеукр. наук.-практ. конф.* (м. Умань, 17 жовтня 2024 р.). Умань, 2024. С. 362–364. URL: <https://lib.udau.edu.ua:8443/server/api/core/bitstreams/1bac7e4b-6168-4480-8d5f-7185cf7c17a1/content#page=362> (дата звернення: 15.10.2025).

7. Марінов Є. А. Інноваційні технології у транспортній логістиці: економічний потенціал і виклики впровадження. *Академічні візії*. 2024. № 30. URL: <https://academy-vision.org/index.php/av/article/view/1367> (дата звернення: 15.10.2025).
8. Головіна О. Сучасні технології в управлінні транспортною логістикою. *International Science Journal of Management, Economics & Finance*. 2023. № 2 (3). С. 35–42. DOI: 10.46299/j.isjmef.202302023.04
9. Македон В., Михайленко О. Вплив економіки 4.0 на глобальні логістичні операції транснаціональних корпорацій. *Економічний простір*. 2024. № 189. С. 276–282. DOI: <https://doi.org/10.32782/2224-6282/189-49>
10. Канцедал Н., Лега О., Морозов Є. Цифровізація логістики: нові технології для покращення управління та оптимізації. *Економічний простір*. 2025. № 199. С. 45–51. DOI: <https://doi.org/10.30838/EP.199.45-51>
11. Цимбалістова О., Черніхова О. Роль і значення інформаційних технологій у впровадженні логістичної методики управління. *Економіка та суспільство*. 2024. № 70. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-70-117>
12. Потапова Н. Технології блокчейн в інформаційній логістиці. *Прикладні аспекти сучасних міждисциплінарних досліджень: Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції* (м. Вінниця, 18 листопада 2022 р.). Вінниця, 2022. С. 172–174. URL: <https://jpasmd.donnu.edu.ua/article/view/12954> (дата звернення: 15.10.2025).
13. Коростін О. Аналіз викликів та можливостей застосування штучного інтелекту в управлінні морськими вантажними потоками. *Наука і техніка сьогодні. Серія «Техніка»*. 2024. № 7(35). С. 762–775. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-7\(35\)-762-775](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-7(35)-762-775)
14. Коростін О. Оптимізація маршрутів морських перевезень за допомогою штучного інтелекту: аналіз можливостей та викликів. *Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво*. 2024. № 56. С. 31–38. DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2024-56-03>
15. Коробкова О. М., Коробкова З. С. Митна логістика при організації міжнародних перевезень вантажів. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2024. Т 35 (74). № 3. С. 177–182. DOI: <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2024.3.2/27>

#### References

1. Riabchun, Yu., Kompanets, D., Khrolenko, V., & Popovych, N. (2025) Zastosuvannia blokchein-tekhnologii v zabezpechenni tsilisnosti danykh u lohistrychnykh systemakh [Application of blockchain technologies to ensure data integrity in logistics systems]. *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system*, no. 62, pp. 170–176. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2025.62.170-176>
2. Kolodzieieva, T. O. (2023) Perspektyvy vprovadzhennia blokchein-tekhnologii v transportnu lohistyku ta upravlinnia lantsiuhamy postavok [Prospects for implementing blockchain technology in transport logistics and supply chain management]. *Biznes-Inform*, no. 6, pp. 184–190. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2023-6-184-190>
3. Marinov, Ye., & Lisenyi, Ye. (2024) Tsyfrova transformatsiia v lohistytsi [Digital transformation in logistics]. *Ekonomika ta suspilstvo*, no. 66. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-66-53>
4. Khymych, V. V., & Bilokon, T. M. (2024) Vykorystannia blokchein v skladskii lohistytsi [Using blockchain in warehouse logistics]. *Marketynh i lohistyka v systemi menedzhmentu: vyklyky tsyfrovoi hlobalizatsii: tezy dop. XV Mizhnar. nauk.-prakt. konf., pamiati prof. Ye. Krykavskoho* (m. Lviv, 17–18 zhovtnia 2024 r.) (pp. 398–399). Lviv. Retrieved from <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/attachments/2024/oct/36215/abstractsoftheconferenceml20241111.pdf>
5. Yakymyshyn, L. Ya. (2024) Innovatsii u lohistytsi: vplyv tekhnologii na efektyvnist ta konkurentospromozhnist pidpriemstva [Innovations in logistics: the impact of technologies on enterprise efficiency and competitiveness]. In *Marketynhovi ta lohistrychni tekhnologii: innovatsii dlia zabezpechennia efektyvnosti biznes-protsesiv: monohrafiia* (pp. 88–98). Ternopil. Retrieved from <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/46773>
6. Shkolnyi, O. O. (2024) Rozvytok innovatsiinykh tekhnologii v aharnii lohistytsi [Development of innovative technologies in agricultural logistics]. *Menedzhment XXI stolittia: problemy i perspektyvy: materialy XIV Vseukr. nauk.-prakt. konf.* (m. Uman, 17 zhovtnia 2024 r.) (pp. 362–364). Uman. Retrieved from <https://lib.udau.edu.ua:8443/server/api/core/bitstreams/1bac7e4b-6168-4480-8d5f-7185cf7c17a1/content?page=362>
7. Marinov, Ye. A. (2024) Innovatsiini tekhnologii u transportni lohistytsi: ekonomichniy potentsial i vyklyky vprovadzhennia [Innovative technologies in transport logistics: Economic potential and implementation challenges]. *Akademychni vizii*, no. 30. Retrieved from <https://academy-vision.org/index.php/av/article/view/1367>
8. Holovina, O. (2023) Suchasni tekhnologii v upravlinni transportnoiu lohistrykoiu [Modern technologies in transport logistics management]. *International Science Journal of Management, Economics & Finance*, vol. 2, no. 3, pp. 35–42. <https://doi.org/10.46299/j.isjmef.202302023.04>
9. Makedon, V., & Mykhailenko, O. (2024) Vplyv ekonomiky 4.0 na hlobalni lohistrychni operatsii transnatsionalnykh korporatsii [The impact of Industry 4.0 on global logistics operations of transnational corporations]. *Ekonomichnyi prostir*, no. 189, pp. 276–282. <https://doi.org/10.32782/2224-6282/189-49>

10. Kantsedal, N., Leha, O., & Morozov, Ye. (2025) Tsyfrovizatsiia lohistyky: novi tekhnolohii dlia pokrashchennia upravlinnia ta optymizatsii [Logistics digitalization: New technologies for management and optimization]. *Ekonomichnyi prostir*, no. 199, pp. 45–51. <https://doi.org/10.30838/EP.199.45-51>

11. Tymbalistova, O., & Chernikhova, O. (2024) Rol i znachennia informatsiinykh tekhnolohii u vprovadzhenni lohistychnoi metodyky upravlinnia [The role and importance of information technologies in implementing logistic management methodology]. *Ekonomika ta suspilstvo*, no. 70. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-70-117>

12. Potapova, N. (2022) Tekhnolohii blokchein v informatsiinii lohistytsi [Blockchain technologies in information logistics]. *Prykladni aspekty suchasnykh mizhdystsyplinarnykh doslidzhen: Materialy I Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii* (m. Vinnytsia, 18 lystopada 2022 r) (pp. 172–174). Vinnytsia. Retrieved from <https://jpasmd.donnu.edu.ua/article/view/12954>

13. Korostin, O. (2024) Analiz vyklykiv ta mozhlyvosti zastosuvannia shtuchnoho intelektu v upravlinni morskymy vantazhnymy potokamy [Analysis of challenges and opportunities of AI in managing maritime cargo flows]. *Nauka i tekhnika sohodni. Seriiia «Tekhnika»*, vol. 7, no. 35, pp. 762–775. [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-7\(35\)-762-775](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-7(35)-762-775)

14. Korostin, O. (2024) Optymizatsiia marshrutiv morskyykh perevezen za dopomohoioiu shtuchnoho intelektu: analiz mozhlyvosti ta vyklykiv [Optimization of maritime transportation routes using artificial intelligence: Analysis of opportunities and challenges]. *Kompiuterno-intehrovani tekhnolohii: osvita, nauka, vyrobnytstvo*, no. 56, pp. 31–38. <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2024-56-03>

15. Korobkova, O. M., & Korobkova, Z. S. (2024) Mytna lohistyka pry orhanizatsii mizhnarodnykh perevezen vantazhiv [The role of customs logistics in international transportation]. *Vcheni zapysky TNU imeni V. I. Vernadskoho. Seriiia: Tekhnichni nauky*. vol. 35 (74), no. 3, pp. 177–182. <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2024.3.2/27>

Дата першого надходження рукопису до видання: 15.11.2025  
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 12.12.2025  
Дата публікації: 31.12.2025