

# ПРАКТИКА ВИКОРИСТАННЯ БЛОКЧЕЙН-ТЕХНОЛОГІЇ В МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ КОНТЕЙНЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ

©2024 ПЕТРЕНКО О. І., АЛЕКСЄЄВА О. О.

УДК 656.6:347.4  
JEL: R49

## Петренко О. І., Алексєєва О. О. Практика використання блокчейн-технології в мультимодальних контейнерних перевезеннях

У даному дослідженні основний акцент робиться на ролі мультимодальних контейнерних перевезень у глобальній логістиці та транспорті. Мета статті полягає в розгляді важливих аспектів та викликів, пов'язаних із цією формою транспортування, включно з питаннями ефективності, регулювання та перспектив подальшого розвитку цієї сфери та її інфраструктури. У статті розглянуто різні визначення поняття «мультимодальні перевезення»; наведено авторське бачення поняття «мультимодальні контейнерні перевезення»; описано основні учасники та ключові фактори, що впливають на мультимодальні перевезення; означено переваги та недоліки мультимодальних контейнерних перевезень; визначено суттєвість цих перевезень для світової торгівлі. Особлива увага приділяється можливостям удосконалення й інноваційним підходам, включно із застосуванням технології блокчейн, для підвищення прозорості, ефективності та безпеки мультимодальних контейнерних перевезень. Наводяться приклади використання блокчейн-технології у практиці світових гравців ринку контейнерних перевезень і напрямки поліпшення їх роботи після її впровадження. Відмічено, що блокчейн-технологія надає можливість створювати розподілену базу даних, яка гарантує стабільність і недоступність даних для маніпуляцій, а це робить її ідеальним інструментом для відстеження вантажів у мультимодальних перевезеннях. Ця технологія забезпечує прозорість, можливість відстеження кожного етапу поставки та автоматизовану перевірку даних, що сприяє уникненню помилок і шахрайства в логістичному процесі. Такий підхід до використання технології блокчейн у логістиці мультимодальних контейнерних перевезень може стати кроком у напрямку створення більш надійних, безпечних та ефективних транспортних мереж. Це відповідає головній меті – поліпшенню та вдосконаленню глобального ланцюга поставок у контексті сучасних викликів та технологічних можливостей.

**Ключові слова:** блокчейн, глобальна логістика, ланцюг поставок, мультимодальні контейнерні перевезення, мультимодальні перевезення, транспорт.

Рис.: 4. Табл.: 1. Бібл.: 16.

**Петренко Ольга Іванівна** – кандидат економічних наук, доцент, завідувачка кафедри бізнес-логістики та транспортних технологій, Державний університет інфраструктури та технологій (вул. Кирилівська, 9, Київ, 04071, Україна)

E-mail: [olga.petrenko.bltt.duit@gmail.com](mailto:olga.petrenko.bltt.duit@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1869-7999>

Researcher ID: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1148153>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57287887300>

**Алексєєва Олександра Олександрівна** – магістрантка, Державний університет інфраструктури та технологій (вул. Кирилівська, 9, Київ, 04071, Україна)

E-mail: [alekseevaoleksanda@gmail.com](mailto:alekseevaoleksanda@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0568-6844>

UDC 656.6:347.4

JEL: R49

## Petrenko O. I., Alekseeva O. O. The Practice of Using Blockchain Technology in Multimodal Container Transportation

In this study, the main emphasis is on the role of multimodal container transportation in global logistics and transport. The aim of the article is to consider important aspects and challenges associated with this form of transportation, including issues of efficiency, regulation and prospects for further development of this sphere and its infrastructure. The article discusses different definitions of the concept of «multimodal transportation»; the authors' vision of the concept of «multimodal container transportation» is presented; the main participants and key factors influencing multimodal transportation are described; the advantages and disadvantages of multimodal container transportation are indicated; significance of these transportations for world trade is determined. Particular attention is paid to opportunities for improvement and innovative approaches, including the use of blockchain technology, to increase the transparency, efficiency and security of multimodal container transportation. Examples of the use of blockchain technology in the practice of world players in the container transportation market and ways to improve their work after its implementation are provided. It is noted that blockchain technology provides an opportunity to create a distributed database that guarantees the stability and inaccessibility of data for manipulation, and this makes it an ideal tool for tracking goods in multimodal transportation. This technology provides transparency, the ability to track every stage of the delivery and automated data verification, which helps to avoid errors and fraud in the logistics process. This approach to the use of blockchain technology in the logistics of multimodal container transportation can be a step towards creating more reliable, secure and efficient transport networks. This is in line with the main goal of improving and perfecting the global supply chain in the context of today's challenges and technological possibilities.

**Keywords:** blockchain, global logistics, supply chain, multimodal container shipping, multimodal transportation, transport.

Fig.: 4. Tabl.: 1. Bibl.: 16.

**Petrenko Olga I.** – PhD (Economics), Associate Professor, Head of the Department of Business-Logistics and Transport Technologies, State University of Infrastructure and Technologies (9 Kyrylivska Str., Kyiv, 04071, Ukraine)

E-mail: [olga.petrenko.bltt.duit@gmail.com](mailto:olga.petrenko.bltt.duit@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1869-7999>

Researcher ID: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1148153>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57287887300>

**Alekseeva Olesandra O.** – Master's Student, State University of Infrastructure and Technologies (9 Kyrylivska Str., Kyiv, 04071, Ukraine)

E-mail: [alekseevaoleksanda@gmail.com](mailto:alekseevaoleksanda@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0568-6844>

**В**антажні перевезення є ключовим аспектом управління ланцюгом поставок, особливо в економіці, яка все більше глобалізується. Збільшення обсягів і відстаней міжнародної торгівлі, а отже, транспортування товарів, зробило типові унімодальні перевезення неоптимальним рішенням.

Мультимодальні контейнерні перевезення, які передбачають використання декількох видів транспорту (наприклад, суден, поїздів і вантажівок) для переміщення контейнерів від місця відправлення до місця призначення, стали важливим аспектом світової торгівлі. Однак, як і будь-яка складна система, вона стикається з різними викликами та проблемами. Однією з проблем цього виду перевезень є те, що при використанні більше одного виду транспорту зв'язок і плідна співпраця між замовником і виконавцем втрачається через велику кількість дій.

Останніми роками було проведено чималу кількість досліджень стосовно розвитку мультимодальних контейнерних перевезень. Серед науковців потрібно виділити таких, як: О. Орловська, О. Стрелко, Ю. Бердніченко, І. Ковальський, Ф. Бересфорд, І. Віс, С. Дарабан, Х. Карло, Г. Кириченко, А. Котенко, В. Ніценко, А. Пасічник, К. Рудберген, П. Стефанеску, Р. Томпсон, Д. Чен, О. Соколовська, О. Летичевський та інші.

Так, О. Соколовська у статті [1] розглядає стратегію мультимодальних контейнерних перевезень до 2030 року, проводячи аналіз ринків на базі даних попередніх років, а також робить прогноз розвитку ринку в майбутньому. У роботі було розглянуто сценарії розвитку ринку та варіанти поліпшення роботи.

О. Летичевським і С. Горбатюком у [2] розглянуто роль використання блокчейн-систем у логістиці. Описано проблеми ланцюгів поставок і варіанти їх вирішення за допомогою блокчейн-систем. Також наведено одну з існуючих систем і здійснено аналіз платформи на базі отриманих даних.

У роботі [3] розглянуто головні аспекти застосування блокчейн-систем при мультимодальних перевезеннях, а саме, їхній статус при формуванні таких ланцюгів поставок і формування стратегій впровадження систем у логістичні ланцюги поставок.

Незважаючи на те, що існує багато напрацювань щодо розвитку мультимодальних контейнерних перевезень, недостатньо уваги приділено аналізу практики використання блокчейн-технології для вирішення проблем мультимодальних контейнерних перевезень, що вимагає подальших досліджень.

Основним завданням даної наукової роботи стало проведення аналізу сучасного стану мультимодальних контейнерних перевезень, визначення

впливу їх ключових аспектів на світову логістику та торгівлю, а також дослідження практики використання технології блокчейн для вирішення проблем мультимодальних контейнерних перевезень.

Існують різні визначення поняття «мультимодальні перевезення», але зупинимося тільки на деяких із них.

Згідно із визначенням транспортної компанії UPS, мультимодальні перевезення – це процес переміщення вантажу з місця на місце за допомогою понад одного виду транспорту – вантажівок, залізниці, літака, судна або будь-якої комбінації з них [1].

Закон України «Про мультимодальні перевезення» зазначає, що мультимодальні перевезення – це перевезення вантажів двома або більше видами транспорту, яке організовується під відповідальністю оператора мультимодальних перевезень на основі єдиного договору про мультимодальне перевезення [5].

Ще одним визначенням мультимодальних контейнерних перевезень є поєднання принаймні двох або більше різних видів транспорту, таких як повітряний, морський, залізничний або автомобільний, для переміщення вантажу з однієї точки в іншу за допомогою одного коносаменту для всієї подорожі.

**О**тже, можна сформулювати власне визначення: *мультимодальні контейнерні перевезення* – це транспортування контейнерів із точки відправлення в точку доставки з використанням понад одного виду транспорту із застосуванням лише одного загального транспортного документа – коносаменту.

До мультимодального контейнерного перевезення можуть бути долучені такі компанії, як автомобільні, морські, залізничні, авіаційні.

Автомобільних компаній, що займаються перевезеннями контейнерів та є частиною мультимодальної схеми перевезень, у кожній країні існує безліч. Наприклад, в Україні найпопулярнішими є: Нова Пошта, Укрпошта та Delivery Group. Окрім цього, існує велика множина автомобільних агентів, що можуть допомогти з перевезенням, наприклад Dynamic Logistics Services, UPS Inc та XPO Logistics, що працюють на території Сполучених Штатів Америки та Європи. Основна структура поділу ринку у 2022 р. виглядала таким чином (рис. 1).

Якщо говорити про морські перевезення, то основними морськими контейнерними компаніями світу є: MSC, Maersk, CMA CGM, ZIM, Evergreen, HMM Co, ONE, Yang Ming і Harap Lloyd. Основна структура поділу ринку у 2023 р. виглядала таким чином (рис. 2).

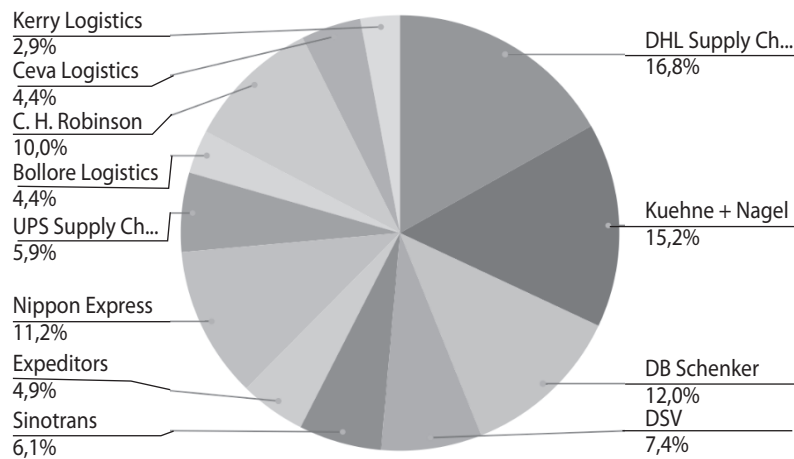


Рис. 1. Топ-10 автомобільних перевізників світу

Джерело: розроблено авторами за даними [6].

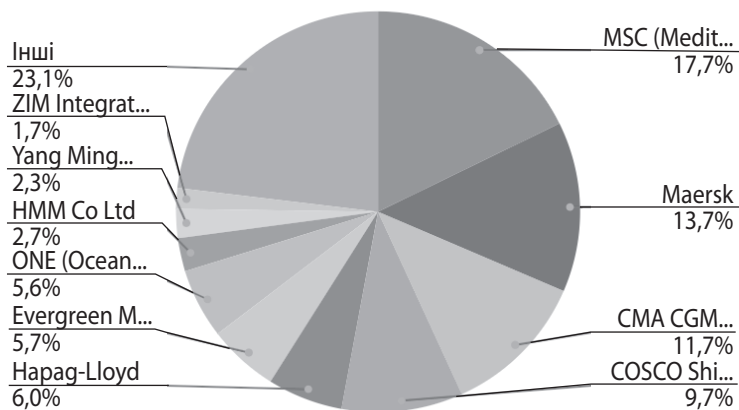


Рис. 2. Топ-10 морських контейнерних компаній світу

Джерело: розроблено авторами за даними [7].

В Україні лише одна компанія, що займається контейнерними перевезеннями залізничним транспортом, тоді як, наприклад, у США їх досить багато. Серед них можна назвати BNSF Railway, Union Pacific Railroad, CSX Transportation та інші. Більшість із них мають домовленості з портами та прямий доступ до терміналів. Такі компанії можна знайти майже в кожній країні світу, адже завдяки залізниці є можливість транспортувати контейнери більш економічно та швидко.

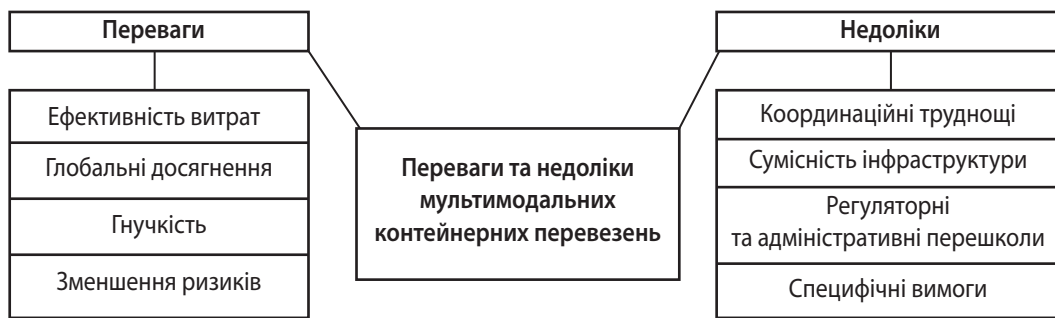
Як відомо, рідко хто наважується транспортувати контейнер небом, адже це дорого та має свої обмеження. Але все ж таки у світі існують компанії, що займаються цим видом перевезень. Для прикладу можна навести топ-10 авіаційних компаній світу – це FedEx Express, UPS Airlines, DHL Aviation, Cargolux, Emirates SkyCargo, Cathay Pacific Cargo, Korean Air Cargo, Singapore Airlines Cargo, Lufthansa Cargo та Qatar Airways Cargo. Всі ці компанії та багато інших працюють із контейнерами

по всьому світу, щоб доставити вантаж у найкоротші терміни.

Мультимодальні контейнерні перевезення мають свої переваги та недоліки [4] (рис. 3).

Однією з ключових *переваг* мультимодальних контейнерних перевезень можна назвати ефективність. Завдяки безперешкодному переміщенню контейнерів між різними видами транспорту оптимізується переміщення товарів, скорочуються затримки та транзитний час. Така мультимодальна гнучкість забезпечує більш плавний і впорядкований процес, що дозволяє товарам швидше та надійніше досягати пунктів призначення.

Наступною перевагою є економічність. Мультимодальні перевезення часто дозволяють досягти економії завдяки ефекту масштабу, використовуючи сильні сторони різних видів транспорту. Наприклад, судна можуть економічно перевозити великі обсяги на великі відстані, тоді як вантажівки та поїз-



**Рис. 3. Переваги та недоліки мультимодальних контейнерних перевезень**

**Джерело:** авторська розробка.

ди краще долають коротші відстані або більш ефективно забезпечують доставку «останньої милі».

Крім того, мультимодальні перевезення підвищують гнучкість. Використовуючи різні методи транспортування, компанії можуть обрати найбільш екологічно чисті варіанти для кожного етапу подорожі. Це може привести до скорочення викидів, що робить ланцюжок поставок більш екологічним.

**П**роте, незважаючи на свої переваги, мультимодальні контейнерні перевезення пов'язані з певними проблемами.

Координація між різними видами транспорту, сумісність інфраструктури та адміністративні складнощі (наприклад, різні правила та документація) можуть створювати перешкоди. Забезпечення плавного переходу з одного виду транспорту на інший, мінімізація перебоїв і оптимізація маршрутів вимагають ефективного планування та координації.

**Складність і координація:** інтеграція різних видів транспорту вимагає безперервної координації між різними зацікавленими сторонами, включно з перевізниками, терміналами та регуляторними органами. Ефективне управління цими складнощами може бути непростим завданням.

**Сумісність інфраструктури:** відмінності в стандартах інфраструктури різних видів транспорту можуть створювати проблеми для безперешкодного переходу товарів з одного виду транспорту на інший. Забезпечення сумісності та ефективного взаємозв'язку має вирішальне значення.

**Регуляторні та адміністративні перешкоди:** у різних регіонах діють різні правила, митні процедури та вимоги до документації. Подолання цих правових та адміністративних складнощів через кордони може бути складним завданням.

**Управління ризиками:** мультимодальні перевезення пов'язані з додатковими ризиками, такими як пошкодження вантажу, крадіжка, неправильне поводження, зміна стану, екстремальні погодні умови. Ці події впливають на всіх учасників лан-

цюга поставок, спричиняючи затримки, погіршення якості продукції та величезні фінансові втрати.

Технологічні досягнення, такі як вдосконалення систем відстеження, аналіз даних і автоматизація, значно підвищили ефективність і надійність мультимодальних перевезень. Інтеграція цих технологій допомагає здійснювати моніторинг у режимі реального часу, краще управляти запасами та проводити прогнозний аналіз, пом'якшуючи деякі проблеми.

**З**агалом, мультимодальні контейнерні перевезення відіграють вирішальну роль у світовій торгівлі та логістиці, пропонуючи збалансований підхід, який оптимізує ефективність, рентабельність та екологічну стійкість. З розвитком технологій і поліпшенням координації ця схема перевезень, імовірно, стане ще більш невід'ємною частиною глобального ланцюга поставок.

У ХХІ столітті, в епоху цифровізації, все ще існують застарілі методи формування ланцюгів доставки та компанії, які вірять у те, що для того, щоб сформував гарне мультимодальне перевезення, достатньо вести весь облік у листах і за допомогою дзвінків.

За такого підходу до формування схем мультимодальних перевезень уникнути ризиків або швидко їх вирішити досить важко. Такий метод ведення обліку та статусу вантажу призводить до того, що якийсь етап може бути загубленим або погано обговореним, при затримці на якомусь з етапів може відбутися плутанина, і учасники наступного етапу перевезення можуть не знати про зміни.

Більшість ризиків при мультимодальних контейнерних перевезеннях припадає на досить слабе спілкування транспортної компанії або відповідальної особи з митницею та перевізниками. Дуже часто ризик запізнення з доставкою вантажу до потрібної точки розглядається лише у випадку запізнення до трьох днів, що є неправильним. Адже такі ризики, як втрата контейнера під час шторму



чи нападу піратів, вивантаження контейнера в неправильному порту також можуть бути, і при їх виникненні в більшості випадків контакт між сторонами губиться.

Вирішенням проблем при виконанні мультимодальних контейнерних перевезень є більш суворий режим стеження за вантажем, оптимізація ланцюгів доставок, тобто проведення ланцюга через оптимізовану платформу логістичних компаній.

**У** сучасному світі вже знайшли варіанти для поліпшення та прискорення формування та відстеження мультимодальних контейнерних перевезень. Таким варіантом вирішення проблеми є використання блокчейн-систем (технологій).

Якщо спиратися на визначення від Amazon, то можна побачити, що технологія блокчейн – це вдосконалений механізм бази даних, який дає змогу організувати відкритий обмін інформацією в рамках бізнес-мережі [9].

Як визначили S. Seebacher, R. Schüritz [10], блокчейн – це розподілена база даних, яка спільно використовується між одноранговою мережею та узгоджена з нею. Він складається із пов'язаної послідовності блоків (одиниці зберігання транзакцій), що містять транзакції з мітками часу, які захищені криптографією з відкритим ключем («хешем») і перевірені мережевою спільнотою. Коли елемент додається до блокчейну, його неможливо змінити, що перетворює блокчейн на незмінний запис минулої діяльності.

У своїй статті R. Cole, M. Stevenson, J. Aitken називають систему блокчейн – «без довіри» [11]. Це означає, що вам не потрібно довіряти певним учасникам перевезення. Формування маршруту відбувається через алгоритми системи, що надає змогу розподілити роль схвалення транзакцій між кількома учасниками мережі.

Це є однією з найпримітивніших функцій системи, тоді як саме довіру в користувача має викликати те, що доступ до платформи має лише перевіре-

ний та ідентифікований виконавач послуг. Переваги та недоліки блокчейн-системи наведено в *табл. 1*.

Відстеження за допомогою блоків, що несуть детальну інформацію стосовно стану вантажу, наявність часових поміток та іншої важливої інформації, за словами K. Francisco, D. Swanson [12], можуть викликати в клієнта довіру завдяки прозорості. Можливість у будь-який час вільно переглянути статус вантажу, завдяки тому, що всі етапи роботи автоматизовані та відцифровані, додає клієнту впевненості в позитивному завершенні перевезення. Також автори звертають увагу на те, що можливість прозоро вести мультимодальне перевезення позитивно впливає на психологічно-поведінковий стан людини.

Ще однією позитивною характеристикою такої системи є використання однієї платформи для формування та ведення вантажу, використання її сховища для документації та те, що вся потрібна інформація на майбутнє знаходиться лише на одній єдиній платформі.

Наступною перевагою є можливість аналітики даних. Платформи блокчейн дають можливість проведення аналітичних робіт мультимодальних перевезень на базі тієї інформації, що була додана. В будь-який час можна просто, натиснувши декілька кнопок, побачити плюси та мінуси того чи іншого маршруту.

**Ф** ормування мультимодальних контейнерних перевезень не є легкою справою. Для того, щоб сформувати таку схему та маршрут, потрібно пройти чимало етапів – від пошуку клієнтів до розрахунково-фінансових операцій.

Для кращого розуміння всіх етапів формування такого маршруту варто більш детально розглянути їх:

- 1) проведення навантажувально-розвантажувальних робіт;
- 2) підготовка товару до відправлення;
- 3) надання інформації;

**Таблиця 1**

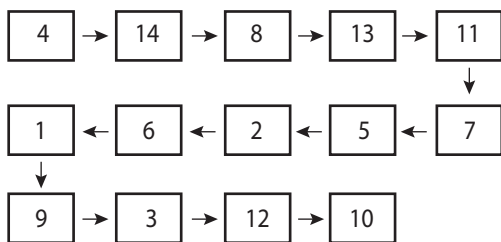
**Переваги та недоліки блокчейн-системи в логістиці**

Переваги	Недоліки
Прозорість і відстежуваність	Проблеми масштабування
Підвищена безпека	Проблеми інтеграції
Децентралізація	Регуляторні та правові проблеми
Ефективність і зниження витрат	Енергоспоживання
Смарт-контракти	Відсутність стандартизації
Покращене ведення обліку	Сприйняття та впровадження
Аналітика даних	Вартість, час та обмін інформацією

**Джерело:** складено за даними [9].

- 4) пошук клієнта;
- 5) укладання договору перевезення;
- 6) оформлення документів;
- 7) вибір перевізника;
- 8) вибір виду транспорту;
- 9) проведення перевезення;
- 10) розрахунок за послуги;
- 11) розробка маршруту;
- 12) доставка та прийом отримувачем;
- 13) вибір транспортного засобу;
- 14) підтвердження замовлення.

На основі зазначеного списку можна сформувати схему мультимодальних контейнерних перевезень, як це наведено на *рис. 4*.



**Рис. 4. Схема формування мультимодальних контейнерних перевезень**

**Джерело:** розроблено авторами за даними [10].

Раніше всі ці етапи займали дуже багато часу, оскільки перевірити все вручну, написати та зателефонувати в кожен відому транспортну компанію займало чимало часу. Формування такого ланцюга мультимодального контейнерного перевезення могло сягати декількох днів.

**П**опри те, що всі ці системи є оптимальним вирішенням проблем відстеження та виконання ланцюгів мультимодальних контейнерних перевезень, вони мають свої проблеми та недоліки.

Однією з таких проблем є відсутність стандартів. Кожна платформа сформована під якусь окрему компанію, тому вона має свої стандарти та етапи ланцюгів доставки. Через те, що блокчейн-системи лише набирають оберти, стандарти їх роботи все ще не прописані на законодавчому рівні. У майбутньому, коли такі платформи наберуть більшої популярності, можливо, їх внесуть у закони країн по всьому світу.

Наступними проблемами, які не менш важливі, є вартість, час та обмін інформацією. Розглянемо кожен аспект окремо.

*Вартість* – створення такої платформи коштує недешево, адже потрібно сформувати схему платформи, за допомогою висококваліфікованих

спеціалістів створити систему, а потім спробувати її впровадити в логістичний світ.

*Час* – на створення такої системи йде від року до п'яти. Стільки часу знадобиться на те, щоб ідея, яка вже була, змогла сформуватись у план дій і, з урахуванням всіх етапів формування та створення, втілилася в дію.

*Обмін інформацією* – з одного боку, дуже зручно, що на платформі завжди можна знайти агентів для різних етапів ланцюга. Але багато кого лякає те, що можна обрати лише тих агентів, що співпрацюють з цією платформою. Якщо платформа є популярною, то з нею співпрацює велика кількість компаній, але є більш закриті платформи, де не така велика кількість агентів. Обмін інформацією на таких платформах відбувається всередині системи, і комунікація та оновлення доходять дуже швидко, проте саме закритість лякає багатьох.

Такі великі компанії, як DSV, намагаються сформувати та створити власні платформи для покращення та полегшення відслідковування всіх етапів ланцюга замовлення [11].

**Р**озробка блокчейн-систем – це цікавий та інноваційний проект, який така велика компанія, як DHL, змогла втілити в життя. DHL Blockchain – це цифрова платформа, розроблена в результаті співпраці між DHL і спеціалістів сфери, спрямована на трансформацію та модернізацію глобальних торгових операцій за допомогою технології блокчейн і цифрових рішень. Їхній досвід у технології блокчейн і прагнення надавати першокласні рішення роблять їх цінним гравцем у цій галузі [15].

Блокчейн система DHL спрямована на використання переваг децентралізації, незмінності та прозорості, які пропонує ця технологія. Завдяки глибокому розумінню екосистеми блокчейну інженери розробляють кастомні протоколи, смарт-контракти та децентралізовані застосунки, пристосовані до конкретних випадків використання [16].

Команда, ймовірно, використовуватиме найсучасніші алгоритми консенсусу, такі як Proof-of-Stake (PoS) або Proof-of-Work (PoW), щоб забезпечити безпеку та цілісність системи блокчейн. Вони також зосередились на масштабованості та інтероперабельності, що забезпечить безперешкодну інтеграцію з наявними платформами та мережами.

Компанії робить все для того, щоб впровадити якісь аспекти, що можуть поліпшити їх роботу [12]. Ось кілька прикладів:

1. *Швидша та економніша логістика у світовій торгівлі* – використання загальної системи на основі блокчейну створює прозорість для всіх учасників ланцюга поставок,

оскільки вони можуть переглядати прогрес товарів, статус митних документів та інші дані (наприклад, спільне підприємство Maersk/IBM). Ключові торгові документи, такі як коносамент, можуть бути оцифровані за допомогою учасників, які видають передачу та отримання оригіналу документа через мережу блокчейн (наприклад, електронний коносамент ZIM). Загальногалузеве впровадження матиме значний вплив, зменшивши затримки, шахрайство та витрати по всьому ланцюгу поставок.

2. *Поліпшення відстежуваності та прозорості товарів по всьому ланцюгу поставок*, від місця походження до кінцевого терміну експлуатації, стане можливим завдяки технології блокчейн. Кілька ініціатив відстежують походження товарів, починаючи від того, як вони були виготовлені, і закінчуючи тим, як ними управляють. Ці дані зберігаються постійно та поширюються децентралізованими мережами, що уможливає всебічне відстеження, яке виходить за рамки поточних можливостей. Користувачі можуть перевірити, чи продукти є автентичними і чи відповідають потребам (наприклад, пілотний проект Walmart з відстеження продуктів харчування).
3. *Автоматизація комерційних процесів за допомогою смарт-контрактів на основі блокчейну* може значно збільшити час оплати та зменшити кількість помилок при виставленні рахунків шляхом миттєвої оплати, як тільки виконані узгоджені умови (наприклад, ініціювання як тільки палета прибуває в потрібне місце). Ключовими сферами застосування в майбутньому будуть платежі між машинами.

Важливо зазначити, що хоча блокчейн мають потенційні переваги, впровадження блокчейн-систем DHL або будь-якою іншою компанією залежатиме від таких факторів, як доцільність, масштабованість і загальногалузеве впровадження.

Отже, у підсумку хотілося б відзначити прогнозування розвитку мультимодальних контейнерних перевезень на наступні декілька років. Для прогнозування траєкторії розвитку мультимодальних контейнерних перевезень потрібно врахувати різні тенденції та фактори, що формують галузь, а саме:

1. *Технологічна інтеграція* – очікується, що подальший розвиток технологій сприятиме подальшій оптимізації мультимодальних перевезень. Інновації в системах відстежен-

ня, Інтернет речей, блокчейн для безпечного документообігу, оптимізація логістики на основі штучного інтелекту й автономних транспортних засобів можуть значно підвищити ефективність і надійність.

2. *Розвиток інфраструктури* – інвестиції в інфраструктуру, таку як порти, залізничні мережі та інтермодальні термінали, відіграватимуть вирішальну роль. Поліпшення сполучуваності інфраструктури сприятиме більш плавному переходу між різними видами транспорту, зменшенню затримок і підвищенню загальної ефективності.
3. *Динаміка світової торгівлі* – зміни в торговельних угодах та економічні коливання можуть впливати на світову торгівлю. Зміни в торговельних маршрутах через геополітичну напруженість, торговельні угоди або економічну політику можуть вплинути на попит на конкретні мультимодальні транспортні коридори.
4. *Регуляторні зміни* – зміни в торговельному законодавстві, митних процедурах і стандартах безпеки в різних регіонах можуть вплинути на ефективність і рентабельність мультимодальних перевезень. Гармонізація нормативних актів або впровадження нових стандартів може вплинути на операції.

## ВИСНОВКИ

Мультимодальні контейнерні перевезення є важливою складовою сучасного логістичного середовища та глобальної торгівлі. У зв'язку з цим перспективи розвитку цієї галузі сягають кількох напрямків. Зокрема, важливими факторами для подальшого вдосконалення є впровадження технології блокчейн у логістику, постійне вдосконалення комунікацій між учасниками логістичних ланцюгів, а також інтеграція новітніх технологій та підходів.

За допомогою технології блокчейн можна підвищити прозорість, безпеку та ефективність у відстеженні та управлінні мультимодальними контейнерними перевезеннями. Новітні технології, такі як штучний інтелект, Інтернет речей та аналітика даних, також можуть бути інтегровані для оптимізації цих перевезень. Наприклад, використання штучного інтелекту для прогнозування попиту та оптимізації маршрутів, застосування розумних датчиків для моніторингу умов доставки вантажу, інтеграція розумних контейнерів та інтерфейсів для забезпечення більшої автоматизації та керуваності мультимодальних перевезень тощо.

Тому кількісне визначення ефекту від впровадження блокчейн-технологій або інших новітніх технологій у діяльність учасників мультимодаль-



них контейнерних перевезень може стати важливим напрямком подальших наукових досліджень із цієї тематики. ■

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Соколовська О. Є. Організація мультимодальних контейнерних перевезень як складової сталого розвитку транспортної системи України. *Наукові технології*. 2021. № 3. С. 292–304. DOI: <https://doi.org/10.18372/2310-5461.51.16000>
2. Летичевський О. О., Горбатюк С. О. Децентралізовані системи в логістиці: огляд використання та проблеми безпеки. *Проблеми програмування*. 2020. № 1. С. 55–73. DOI: <https://doi.org/10.15407/pp2020.01.055>
3. Безверха Р. П. Застосування Blockchain технологій при мультимодальних перевезеннях // Політ. Сучасні проблеми науки : тези доповідей XXI Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених. Київ : НАУ, 2021. С. 262–263. URL: [https://er.nau.edu.ua/bitstream/NAU/50489/1/Безверха\\_Р\\_П\\_Застосування%20Blockchain%20технологій%20при%20мультимодальних%20перевезеннях.pdf](https://er.nau.edu.ua/bitstream/NAU/50489/1/Безверха_Р_П_Застосування%20Blockchain%20технологій%20при%20мультимодальних%20перевезеннях.pdf)
4. What is Multimodal Transport? UPS Supply Chain Solutions. URL: <https://www.ups.com/de/en/supplychain/resources/glossary-term/multimodal-transport.page>
5. Закон України «Про мультимодальні перевезення» від 17.11.2021 р. № 1887-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1887-20#Text>
6. Jaroslowski P.-B. The Top 10 Largest Trucking Companies of 2022 by Revenue. *Freight Caviar*. URL: <https://www.freightcaviar.com/top-10-largest-trucking-companies-of-2022-by-revenue/>
7. Toeffie A., Sarmmah S. Top 10 shipping companies in 2024. URL: <https://www.container-xchange.com/blog/shipping-container-companies/>
8. Hu Yu. An evaluation on performance of container multimodal transportation system based on AHP-Entropy method : Master degree. URL: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/329168/FNB%20-huyujie-%20TFGM-1.pdf>
9. What is Blockchain Technology? URL: <https://aws.amazon.com/what-is/blockchain/?aws-products-all.sortby=item.additionalFields.productNameLowercase&aws-products-all.sort-order=asc>
10. Seebacher S., Schüritz R. Blockchain Technology as an Enabler of Service Systems: A Structured Literature Review. In: *Exploring Services Science. IESS 2017. Lecture Notes in Business Information Processing*. 2017. Vol. 279. P. 12–23. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-56925-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-56925-3_2)
11. Cole R., Stevenson M., Aitken J. Blockchain technology: Implications for operations and supply chain management. *Supply Chain Management*. 2019. Vol. 24. Iss. 4. P. 469–483. DOI: <https://doi.org/10.1108/SCM-09-2018-0309>

12. Francisco K., Swanson D. The Supply Chain Has No Clothes: Technology Adoption of Blockchain for Supply Chain Transparency. *Logistics*. 2018. Vol. 2. Iss. 1. DOI: <https://doi.org/10.3390/logistics2010002>
13. Tamplin T. Blockchain Advantages and Disadvantages. URL: <https://www.financestrategists.com/wealth-management/blockchain/blockchain-advantages-and-disadvantages/>
14. Павленко О. В. Сучасний стан питання по формуванню раціональної схеми обслуговування замовлень на доставку вантажів транспортно-експедиторським підприємством // Підвищення надійності машин і обладнання : матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (м. Кропивницький, 15–17 квітня 2020 р.). Кропивницький : ЦНТУ, 2020. С. 233–235. URL: <https://dspace.kntu.kr.ua/server/api/core/bitstreams/a3cd73e2-db6b-4f27-8f2a-ceb6bfec2fb2/content>
15. Blockchain in Logistics. 2018. URL: <https://www.dhl.com/content/dam/dhl/global/core/documents/pdf/glo-core-blockchain-trend-report.pdf>
16. Blockchains. Trend Overview. DHL. URL: <https://www.dhl.com/global-en/home/insights-and-innovation/thought-leadership/trend-reports/blockchain-logistics.html>

## REFERENCES

- “Blockchain in Logistics”. 2018. <https://www.dhl.com/content/dam/dhl/global/core/documents/pdf/glo-core-blockchain-trend-report.pdf>
- “Blockchains. Trend Overview”. DHL. <https://www.dhl.com/global-en/home/insights-and-innovation/thought-leadership/trend-reports/blockchain-logistics.html>
- Bezverkha, R. P. “Zastosuvannia Blockchain tekhnolohii pry multymodalnykh perevezenniakh” [Application of Blockchain Technologies in Multimodal Transportation]. *Polit. Suchasni problemy nauky* (2021): 262–263. [https://er.nau.edu.ua/bitstream/NAU/50489/1/Безверха\\_Р\\_П\\_Застосування%20Blockchain%20технологій%20при%20мультимодальних%20перевезеннях.pdf](https://er.nau.edu.ua/bitstream/NAU/50489/1/Безверха_Р_П_Застосування%20Blockchain%20технологій%20при%20мультимодальних%20перевезеннях.pdf)
- Cole, R., Stevenson, M., and Aitken, J. “Blockchain technology: Implications for operations and supply chain management”. *Supply Chain Management*, vol. 24, no. 4 (2019): 469–483. DOI: <https://doi.org/10.1108/SCM-09-2018-0309>
- Francisco, K., and Swanson, D. “The Supply Chain Has No Clothes: Technology Adoption of Blockchain for Supply Chain Transparency”. *Logistics*, vol. 2, no. 1 (2018). DOI: <https://doi.org/10.3390/logistics2010002>
- Hu, Yu. “An evaluation on performance of container multimodal transportation system based on AHP-Entropy method : Master degree”. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/329168/FNB%20-huyujie-%20TFGM-1.pdf>



- Jaroslawski, P.-B. "The Top 10 Largest Trucking Companies of 2022 by Revenue. Freight Caviar". <https://www.freightcaviar.com/top-10-largest-trucking-companies-of-2022-by-revenue/>
- [Legal Act of Ukraine] (2021). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1887-20#Text>
- Letychevskiy, O. O., and Horbatiuk, S. O. "Detsentralizovani systemy v lohistytsi: ohliad vykorystannia ta problemy bezpeky" [Decentralized Systems in Logistics: A Review of Uses and Security Issues]. *Problemy prohramuvannia*, no. 1 (2020): 55-73. DOI: <https://doi.org/10.15407/pp2020.01.055>
- Pavlenko, O.V. "Suchasnyi stan pytannia po formuvanniu ratsionalnoi skhemy obsluhovuvannia zamovlen na dostavku vantazhiv transportno-ekspedytorskym pidpriemstvom" [The Current State of the Issue of Forming a Rational Scheme for Servicing Orders for the Delivery of Goods by a Transport and Forwarding Company]. *Pidvyshchennia nadiinosti mashyn i obladnannia* (2020): 233-235. <https://dspace.kntu.kr.ua/server/api/core/bitstreams/a3cd73e2-db6b-4f27-8f2a-ceb6bfec2fb2/content>
- Seebacher, S., and Schuritz, R. "Blockchain Technology as an Enabler of Service Systems: A Structured Literature Review". *Exploring Services Science. IESS 2017. Lecture Notes in Business Information Processing*, vol. 279 (2017): 12-23. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-56925-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-56925-3_2)
- Sokolovska, O. Ye. "Orhanizatsiia multymodalnykh konteynernykh perevezen yak skladovoi staloho rozvytku transportnoi systemy Ukrainy" [Organization of Multimodal Container Transportation as a Component of Sustainable Development of the Transport System of Ukraine]. *Naukovi tekhnologii*, no. 3 (2021): 292-304. DOI: <https://doi.org/10.18372/2310-5461.51.16000>
- Tamplin, T. "Blockchain Advantages and Disadvantages". <https://www.financestrategists.com/wealth-management/blockchain/blockchain-advantages-and-disadvantages/>
- Toeffie, A., and Sarmmah, S. "Top 10 shipping companies in 2024". <https://www.container-xchange.com/blog/shipping-container-companies/>
- "What is Blockchain Technology?" <https://aws.amazon.com/what-is/blockchain/?aws-products-all.sortby=item.additionalFields.productNameLowercase&aws-products-all.sort-order=asc>
- "What is Multimodal Transport?" UPS Supply Chain Solutions. <https://www.ups.com/de/en/supplychain/resources/glossary-term/multimodal-transport.page>