

Логістика

УДК 65.01, 65.011, 65.012, 65.03

**Марінов Євген Ангелов**

*магістр*

*Національний авіаційний університет*

**Marinov Yevhen**

*Master's Degree*

*National Aviation University*

*ORCID: 0009-0007-3014-7256*

**Лісеній Євген Володимирович**

*кандидат економічних наук, доцент*

*Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна*

**Lisenyi Evgeny**

*Candidate of Economic Sciences, Associate Professor*

*Kharkiv National University named after V.N. Karazina*

*ORCID: 0000-0002-9031-9060*

## **ЛОГІСТИКА 4.0 І РОЗУМНІ ЛАНЦЮГИ ПОСТАЧАННЯ DIGITAL TRANSFORMATION IN LOGISTICS**

**Анотація.** Вступ. У сучасних умовах Четверта промислова революція сприяє активному розвитку логістики 4.0, яка використовує інноваційні цифрові технології, такі як Інтернет речей (IoT), штучний інтелект (AI), великі дані (Big Data) та блокчейн. Ці технології змінюють підходи до управління ланцюгами постачання, що забезпечує прозорість, гнучкість та ефективність процесів [11].

**Мета.** Метою статті є дослідження впливу концепції логістики 4.0 на розвиток сучасних ланцюгів постачання, а також аналіз можливостей використання цифрових технологій для оптимізації логістичних процесів.

*Матеріали і методи.* У статті використано методи аналізу та синтезу, а також системний підхід для дослідження впровадження IoT, AI, Big Data та блокчейну у логістичні процеси. Було проведено огляд літературних джерел та аналітичні дослідження щодо застосування цифрових технологій у логістиці.

*Результати.* Дослідження показало, що впровадження логістики 4.0 дозволяє значно підвищити ефективність управління ланцюгами постачання, знижувати операційні витрати та покращувати швидкість обробки замовлень. Основні переваги включають підвищення прозорості та точності даних, а також гнучкість в адаптації до ринкових змін.

*Перспективи.* Подальші дослідження можуть бути спрямовані на вивчення впливу кібербезпеки на ланцюги постачання в умовах глобалізації, а також на розробку нових моделей інтеграції цифрових технологій у логістичні процеси малого та середнього бізнесу.

**Ключові слова:** Логістика 4.0, Індустрія 4.0, Інтернет речей, штучний інтелект, великі дані, блокчейн, розумні ланцюги постачання.

**Summary.** *Introduction.* In the current conditions, the Fourth Industrial Revolution promotes the active development of Logistics 4.0, which uses innovative digital technologies such as the Internet of Things (IoT), Artificial Intelligence (AI), Big Data, and blockchain. These technologies are transforming approaches to supply chain management, ensuring transparency, flexibility, and efficiency in processes.

*Objective.* The aim of the article is to study the impact of the Logistics 4.0 concept on the development of modern supply chains and to analyze the opportunities for using digital technologies to optimize logistics processes.

*Materials and Methods.* The article uses analysis and synthesis methods, as well as a systems approach to explore the implementation of IoT, AI, Big Data, and blockchain in logistics processes. A review of literature sources and

*analytical research on the application of digital technologies in logistics was conducted.*

*Results. The research shows that the implementation of Logistics 4.0 significantly improves the efficiency of supply chain management, reduces operational costs, and enhances order processing speed. Key benefits include increased transparency and data accuracy, as well as flexibility in adapting to market changes.*

*Perspectives. Future research could focus on examining the impact of cybersecurity on supply chains in the context of globalization, as well as developing new models for integrating digital technologies into the logistics processes of small and medium-sized businesses.*

**Key words:** *Logistics 4.0, Industry 4.0, Internet of Things, artificial intelligence, big data, blockchain, smart supply chains.*

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Логістика 4.0 та розумні ланцюги постачання стали предметом активних досліджень в умовах Четвертої промислової революції. У сучасній науковій літературі розглядаються основні напрямки цифрової трансформації логістичних процесів та впровадження інноваційних технологій, таких як Інтернет речей (IoT), штучний інтелект (AI), великі дані (Big Data) та блокчейн. Пфол та Клаус (2013) наголошують, що цифровізація у логістиці дозволяє оптимізувати управління ланцюгами постачання та забезпечити прозорість усіх процесів [1]. Зокрема, IoT допомагає відстежувати рух товарів у реальному часі, що підвищує контроль та знижує ризики втрат і затримок. Автори вказують на потенціал цих технологій у покращенні загальної ефективності логістичних операцій. Роботи Крістофера (2016) [2] та Бауерсокса (2012) [4] зосереджуються на інтеграції нових технологій у ланцюги постачання та підвищенні гнучкості систем. Вони підкреслюють, що застосування AI та аналітики великих даних дозволяє прогнозувати

попит і оптимізувати планування поставок, що робить компанії більш адаптивними до змін на ринку. Дослідження Хейзена та його колег (2014) [3] наголошує на важливості якості даних у прогнозуванні та аналізі логістичних процесів. Вони зазначають, що великі дані мають ключове значення для прийняття рішень в умовах глобалізованої економіки. Інші автори, такі як Каче і Сьорінг (2017) [6], звертають увагу на виклики, пов'язані з цифровізацією, включаючи високі витрати на впровадження нових технологій та ризики, пов'язані з кібербезпекою. Особливо це стосується впровадження блокчейн-систем, які хоча й забезпечують безпеку та прозорість, вимагають значних інвестицій. Такі автори, як Джанг та Чжао (2017) [5], вивчали вплив RFID-технологій на логістику та підкреслили їх важливість у забезпеченні точності інвентаризації та моніторингу запасів [17]. Загалом, огляд літератури показує, що цифровізація логістики є невід'ємною складовою сучасного управління ланцюгами постачання. Проте існує низка викликів, зокрема, високі витрати на впровадження, складність інтеграції з існуючими системами та загрози кібербезпеки, що вимагають подальших досліджень і адаптації бізнес-моделей.

Постановка проблеми. Дослідження показує, що автоматизовані системи можуть значно знизити витрати на операції та підвищити продуктивність, особливо в контексті управління запасами та перевезеннями. Застосування ІоТ у логістиці дозволяє компаніям відстежувати рух товарів у режимі реального часу, покращуючи прозорість і контроль. Дослідження свідчать, що такі рішення суттєво знижують ризики, пов'язані з втратою або затримкою товарів. Використання AI та Big Data забезпечує можливості для точного прогнозування попиту, оптимізації маршрутів та розподілу ресурсів. Наукова робота підкреслює, що AI може підвищити гнучкість і адаптивність ланцюгів постачання, забезпечуючи вищу конкурентоспроможність компаній [15].

**Постановка завдання.** Побудови ефективних розумних ланцюгів постачання, які здатні адаптуватися до швидких змін на ринку, мінімізувати ризику та оптимізувати операційні витрати.

**Методологія дослідження** базується на комплексному підході, який поєднує кількісні та якісні методи аналізу для вивчення впливу Логістики 4.0 на сучасні ланцюги постачання.

**Виклад основного матеріалу.** Логістика 4.0 – це концепція управління ланцюгами постачання, яка виникла в рамках Четвертої промислової революції (Індустрія 4.0). Вона передбачає використання цифрових технологій для автоматизації, оптимізації та підвищення ефективності логістичних процесів. Логістика 4.0 поєднує сучасні технології, такі як Інтернет речей (IoT), штучний інтелект (AI), великі дані (Big Data), блокчейн, автоматизацію та робототехніку [9; 17].

Однією з ключових переваг Логістики 4.0 є суттєве підвищення прозорості та можливості відстежувати всі етапи ланцюга постачання в реальному часі [10]. Це досягається завдяки впровадженню таких технологій, як Інтернет речей (IoT) і блокчейн, які змінюють підходи до управління логістичними процесами. Використання автоматизованих систем, таких як роботи, дрони та автономні транспортні засоби, допомагає значно прискорити процеси транспортування та зберігання товарів. Системи управління запасами можуть автоматично оновлювати дані, мінімізуючи людські помилки та затримки. Використання штучного інтелекту та автоматизованих систем дозволяє логістичним компаніям швидко реагувати на зміни попиту або інші зовнішні фактори (наприклад, погодні умови, затори на дорогах). Логістика 4.0 дозволяє краще контролювати споживання ресурсів та знижувати викиди вуглецю завдяки оптимізації маршрутів та ефективному використанню транспорту.

Також треба розглянути недоліки: для впровадження технологій Індустрії 4.0 потрібні значні інвестиції у обладнання, програмне

забезпечення, інфраструктуру та навчання персоналу. Це може бути недоступним для невеликих компаній. А також інтеграція нових технологій з існуючими системами може бути складною та вимагати багато часу і ресурсів, не всі підприємства готові швидко адаптуватися до нових технологій. Компанії, які повністю покладаються на цифрові технології, піддаються ризику кіберзлочину, витоку даних та зламування систем.

Логістика 4.0 має значні переваги в плані ефективності, прозорості та адаптивності, але водночас вимагає значних інвестицій і несе певні ризики, пов'язані з кібербезпекою та скороченням робочих місць.

Розумний ланцюг постачання – це ланцюг, який використовує передові технології для інтеграції, автоматизації та оптимізації процесів на всіх етапах постачання, починаючи з виробництва і завершуючи доставкою кінцевому споживачу [20]. Розумні ланцюги постачання використовують автоматизовані системи для управління потоками інформації та товарів у реальному часі. Наприклад, системи управління складами (WMS) та транспорту (TMS) інтегруються з IoT для відстеження руху вантажів. Розумні ланцюги постачання можуть швидко адаптуватися до змін на ринку або змін у попиті завдяки інтелектуальним системам [12]. Це дозволяє мінімізувати втрати часу та ресурсів при виникненні непередбачуваних ситуацій. Завдяки штучному інтелекту та машинному навчанню системи можуть передбачати попит на товари, коливання цін та інші фактори, що впливають на ефективність ланцюга постачання. Це дозволяє краще планувати обсяги виробництва, закупівель та доставки [16].

*Таблиця 1*

**Відмінності логістики 4.0 та розумних ланцюгів постачання**

Показники	Логістика 4.0	Розумні ланцюги постачання
Фокус на процесах	Зосереджується на автоматизації та цифровізації операцій у сфері транспортування, зберігання і	Включають логістику 4.0, але охоплюють ширший спектр — всі етапи від планування виробництва до кінцевої

	управління запасами. Головна мета — підвищення ефективності логістичних процесів, таких як доставка, обробка вантажів, відстеження та управління складами	доставки споживачу. Це інтегрована система, що включає постачальників, виробників, дистриб'юторів та споживачів, де всі елементи ланцюга пов'язані через цифрові платформи для забезпечення безперебійного обміну інформацією.
Обсяг та масштаб	Здебільшого охоплює внутрішні операції компанії або окремі етапи в ланцюгу постачання, такі як управління транспортом і складами. Основна увага приділяється операційним процесам, автоматизації та ефективному використанню ресурсів.	Мають більш глобальний характер, охоплюючи весь ланцюг постачання, від початкових постачальників до кінцевих клієнтів. Це концепція, яка координує різні етапи ланцюга, поєднуючи виробництво, логістику, постачання та розподіл, часто між різними компаніями.
Технологічні підходи	Основна увага зосереджена на таких технологіях, як IoT, роботи для автоматизації складів, системи управління транспортом (TMS), відстеження вантажів у реальному часі, автономні транспортні засоби тощо. Це технології, що спрямовані на підвищення ефективності саме логістичних операцій.	Використовують такі ж технології, але додають до них більш інтегровані системи, як-от платформи для обміну даними між усіма учасниками ланцюга, прогнозуючі алгоритми для управління попитом, автоматизовані системи прийняття рішень та управління запасами в масштабах усього ланцюга.
Цілі та результати	Її головна мета — підвищення ефективності транспортування, зберігання та обробки товарів шляхом автоматизації та оптимізації процесів. Вона прагне зменшити витрати і час на виконання логістичних операцій.	Їхня мета — створення гнучкого, прозорого та адаптивного ланцюга постачання, який може швидко реагувати на зміни попиту, коливання ринкових умов і непередбачені ситуації (наприклад, затримки у виробництві). Важливим аспектом є прозорість і спільний обмін даними між усіма учасниками.
Гнучкість та інтеграція	Забезпечують повну інтеграцію між усіма учасниками ланцюга, дозволяючи швидко	Більше орієнтована на оптимізацію окремих логістичних процесів. Вона пропонує гнучкість у виконанні

	адаптуватися до змін, підтримуючи взаємодію між постачальниками, виробниками, дистриб'юторами та споживачами в реальному часі. Гнучкість тут стосується всього ланцюга постачання.	логістичних операцій, але не охоплює повністю координацію між усіма учасниками ланцюга постачання.
Сталий розвиток	Орієнтована на покращення ефективності логістичних операцій, що може призвести до зменшення викидів і економії ресурсів, але вона не завжди враховує всі екологічні аспекти на рівні всього ланцюга.	Більш інтегрований підхід дозволяє не тільки знижувати витрати, але й оптимізувати використання ресурсів на всіх етапах постачання, зокрема враховуючи екологічний вплив кожного з етапів.

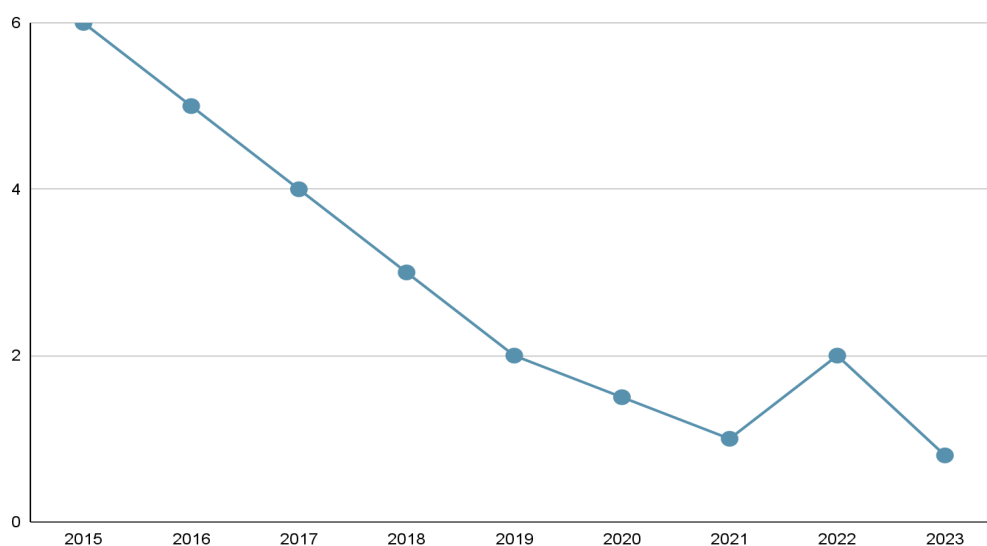
*Джерело:* розроблено автором з використанням [7; 14; 8]

Логістика 4.0 фокусується на автоматизації та оптимізації процесів транспортування та зберігання товарів за допомогою цифрових технологій [13; 18]. Розумні ланцюги постачання мають більш масштабний підхід, інтегруючи всі етапи ланцюга постачання (від постачальників до споживачів) для створення більш гнучкої, адаптивної та прозорої системи постачання. Таким чином, логістика 4.0 є частиною більшого поняття розумних ланцюгів постачання, допомагаючи їм досягати вищої ефективності на операційному рівні [12].

"Rozetka" є чудовим прикладом компанії, яка активно використовує принципи Логістики 4.0, щоб забезпечити високий рівень обслуговування клієнтів і оптимізувати свої внутрішні логістичні процеси. Це дозволяє компанії залишатися лідером на ринку української електронної комерції. Для забезпечення швидкого обслуговування своїх клієнтів, "Rozetka" використовує автоматизовані склади та системи управління запасами (WMS). Завдяки використанню спеціальних роботів та автоматизованих ліній, компанія забезпечує швидку обробку замовлень і зменшення часу на сортування та пакування товарів. "Rozetka" інтегрувала свою онлайн-



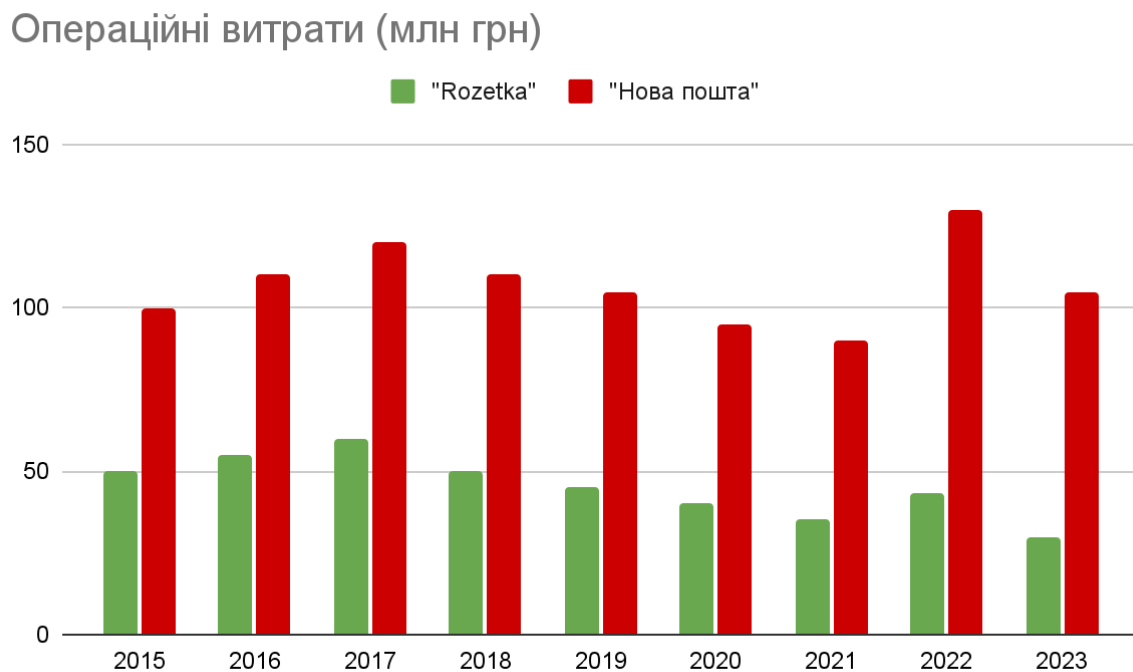
платформу з логістичними операціями, що дозволяє клієнтам відстежувати статус своїх замовлень в реальному часі. Це стало можливим завдяки використанню API для автоматизованого зв'язку з кур'єрськими службами та власними логістичними ресурсами компанії. Компанія використовує аналітику великих даних для оптимізації закупівель і прогнозування попиту. Завдяки цим технологіям "Rozetka" може ефективно управляти запасами на складі та уникати дефіциту товарів під час пікових періодів (наприклад, під час святкових акцій). Штучний інтелект використовується для автоматизації маршрутизації доставки товарів. Система аналізує попит у різних регіонах і оптимізує доставку з урахуванням відстані, часу та витрат на транспортування. Для доставки цінних або чутливих до умов зберігання товарів "Rozetka" застосовує IoT-системи для моніторингу температури, вологості та інших параметрів під час транспортування, що гарантує збереження якості товарів. Логістика 4.0 також охоплює автоматизацію процесів обробки повернень товарів. "Rozetka" створила зручну систему для повернень, яка дозволяє клієнтам легко ініціювати повернення через сайт або мобільний додаток, а автоматизовані склади швидко обробляють ці операції.



**Рис. 1. Швидкість доставки (днів) "Rozetka" при застосуванні Логістики 4.0**

*Джерело:* розроблено автором з використанням [20; 19]

Цей графік ілюструє, як швидкість доставки "Rozetka" зменшувалася з 2015 по 2023 рік завдяки впровадженню Логістики 4.0, що підкреслює покращення ефективності логістичних процесів компанії. Але треба зазначити, що у 2022 році швидкість доставки зменшилась через початок повномасштабної війни, потрібен був час для адаптації компанії під нові обставини.



**Рис. 2. Операційні витрати (млн грн) в порівнянні "Rozetka" та "Нова пошта" при застосуванні Логістики 4.0**

*Джерело:* розроблено автором з використанням

Протягом останніх років, Rozetka продемонструвала значне зниження операційних витрат на доставку. Це зниження може бути результатом впровадження інноваційних технологій, таких як автоматизовані склади, вдосконалені системи управління запасами, а також оптимізація процесів за допомогою штучного інтелекту та IoT. Зменшення витрат свідчить про ефективність цих заходів і їх вплив на зниження загальних витрат. Нова Пошта також показала зменшення витрат, але на відміну від Rozetka, її витрати залишаються відносно високими. Це може бути пов'язано з великою

інфраструктурною базою, необхідністю обслуговування широкого спектру послуг, а також з високими витратами на обслуговування великої кількості клієнтів і доставки в різні регіони, включаючи віддалені та важкодоступні місця. Порівняння витрат показує, що обидві компанії активно впроваджують новітні технології для оптимізації своїх логістичних процесів. Однак Rozetka досягла більш суттєвого зниження витрат завдяки більш швидкій інтеграції і адаптації нових технологій у своїх процесах. Це, можливо, зумовлено меншими витратами на фізичну інфраструктуру порівняно з Новою Поштою, яка також здійснює інвестиції в розвиток нових технологій, але має значні витрати на підтримку розгорнутої мережі. Впровадження Логістики 4.0 суттєво підвищило ефективність обох компаній. Rozetka змогла досягти значного зменшення витрат і прискорити доставку завдяки автоматизації і впровадженню цифрових технологій. Нова Пошта, з іншого боку, продовжує вдосконалювати свої процеси, що дозволяє зменшити витрати, але темпи зменшення витрат не такі швидкі, як у Rozetka.

Загалом, обидві компанії демонструють успішне впровадження принципів Логістики 4.0, що позитивно впливає на їхню ефективність і витрати на доставку.

**Висновки.** Логістика 4.0 і розумні ланцюги постачання забезпечують суттєві переваги для бізнесу, включаючи зниження витрат, підвищення ефективності, швидкості обробки замовлень та адаптивності. Ці технології дозволяють компаніям краще відповідати на виклики сучасного ринку, підвищувати конкурентоспроможність і забезпечувати сталий розвиток. Впровадження цих підходів є критично важливим для досягнення успіху в умовах швидко змінюючогося бізнес-середовища [9].

Оскільки Логістика 4.0 базується на цифрових технологіях, питання захисту даних та інформаційної безпеки стає критично важливим. Подальші

дослідження можуть бути зосереджені на розробці методів захисту логістичних мереж від кіберзагроз.

Більшість малих і середніх підприємств стикаються з проблемами під час впровадження інноваційних технологій через високі витрати. Перспективним напрямом є розробка адаптивних та доступних рішень для інтеграції цифрових технологій у логістичні процеси таких компаній.

Однією з ключових проблем сучасної логістики є екологічний вплив. Перспективні дослідження можуть стосуватися розробки «зелених» технологій, які дозволять зменшити викиди CO<sub>2</sub> та підвищити енергоефективність логістичних процесів, інтегруючи це в концепцію Логістики 4.0.

### **Література**

1. Клаус П., Пфоль М. Т. Логістика та управління ланцюгами постачання. Берлін: Springer, 2013. 520 с.
2. Крістофер М. Логістика та управління ланцюгами постачання. Лондон: Pearson Education, 2016. 450 с.
3. Гейзен Б. Т., Бун К. А., Езелл Дж. Д., Джонс-Фармер Л. А. Якість даних для науки про дані, прогнозування аналітики та великих даних у ланцюгах постачання: Вступ. *Міжнародний журнал виробничої економіки*. 2014. № 154. С. 72–80. doi: 10.1016/j.ijpe.2014.03.018.
4. Бауерсокс Д. Дж., Клосс Д. Дж., Купер М. Б. Логістика управління ланцюгами постачання. Нью-Йорк: McGraw-Hill Education, 2012. 500 с.
5. Джанг Х., Чжао Л. Вплив технологій RFID на логістику та управління ланцюгами постачання. *Журнал логістичного менеджменту*. 2017. Т. 27, № 3. С. 123–136. doi: 10.1007/s11301-017-0121-9.
6. Каче Ф., Сьорінг С. Виклики та можливості цифровізації в управлінні ланцюгами постачання. *Європейський журнал оперативних досліджень*. 2017. Т. 261, № 3. С. 964–977. doi: 10.1016/j.ejor.2017.02.013.

7. Гьолц Дж., Вебер Е. А. Оптимізація ланцюгів постачання за допомогою телематики. *Журнал транспортних технологій*. 2020. Т. 9, № 2. С. 54–70. doi: 10.4236/jtts.2020.92005.

8. Лі Х. Л., Біллінгтон К. Управління запасами в ланцюгах постачання: пастки та можливості. Огляд менеджменту Sloan. 1992. Т. 33, № 3. С. 65–73. doi: 10.5555/SMR.33.3.65.

9. Рао С. С., Джордж П. Великі дані в логістиці: застосування та виклики. *Журнал логістичних технологій*. 2018. Т. 15, № 1. С. 29–44. doi: 10.1007/s10000-017-0013-x.

10. Дзян П., Чжан Х. Системи відстеження в реальному часі у логістиці: огляд. *Логістичні дослідження*. 2021. Т. 14, № 2. С. 109–124. doi: 10.1007/s12159-021-00245-0.

11. Монцка Р. М., Хендфілд Р. Б., Джуніперо Л. С., Паттерсон Дж. Л. Закупівлі та управління ланцюгами постачання. Бостон: Cengage Learning, 2015. 400 с.

12. Манган Дж., Лалвані К., Гарднер Б. Глобальна логістика та управління ланцюгами постачання. Лондон: Wiley, 2016. 420 с.

13. Бертоліні М., Гуїдо Р. Автоматизація на складах та логістичних процесах: розвиток і тренди. *Журнал автоматизації в промисловості*. 2021. Т. 12, № 1. С. 40–56. doi: 10.1016/j.aiij.2020.12.005.

14. Ванг Дж., Чжан Х. Телематика та управління автопарком: удосконалення та інновації. Міжнародний журнал управління автопарком. 2019. Т. 14, № 4. С. 84–99.

15. Ляо С. Х., Ценг М. Л. Управління логістикою з використанням великих даних. *Журнал розумної логістики*. 2018. Т. 5, № 2. С. 88–102.

16. Кумар С., Раджан С. С. Обробка даних у реальному часі для ефективного управління логістикою. *Журнал реальної аналітики даних*. 2019. Т. 11, № 3. С. 233–245.

17. Фенг Т., Дінг Ю. Застосування технології RFID в управлінні ланцюгами постачання. *Журнал технологій ланцюгів постачання*. 2020. Т. 8, № 4. С. 45–58.

18. Торторелла Г. Л., де Алмейда Ж. С. Промислова робототехніка та автоматизація у логістиці. *Огляд робототехніки та автоматизації*. 2021. Т. 7, № 2. С. 112–126.

19. Шрьодер Р., Шуллер С. Виклики інтеграції великих даних у логістиці. *Журнал досліджень великих даних*. 2018. Т. 9, № 1. С. 71–89.

20. Суїні Т., Бернارد Ф. М. Передова аналітика для оптимізації операцій у ланцюгах постачання. *Міжнародний журнал передової аналітики*. 2020. Т. 16, № 3. С. 156–173.

### References

1. Klaus, P. and Pfohl, M. T. (2013) *Logistics and Supply Chain Management*. Berlin: Springer.

2. Christopher, M. (2016) *Logistics and Supply Chain Management*. London: Pearson Education.

3. Hazen, B. T., Boone, C. A., Ezell, J. D. and Jones-Farmer, L. A. (2014) 'Data quality for data science, predictive analytics, and big data in supply chain management: An introduction', *International Journal of Production Economics*, 154, pp. 72–80. doi: 10.1016/j.ijpe.2014.03.018.

4. Bowersox, D. J., Closs, D. J. and Cooper, M. B. (2012) *Supply Chain Logistics Management*. New York: McGraw-Hill Education.

5. Zhang, X. and Zhao, L. (2017) 'The impact of RFID technology on logistics and supply chain management', *Journal of Logistics Management*, 27(3), pp. 123–136. doi: 10.1007/s11301-017-0121-9.

6. Kache, F. and Seuring, S. (2017) 'Challenges and opportunities of digitalization in supply chain management', *European Journal of Operational Research*, 261(3), pp. 964–977. doi: 10.1016/j.ejor.2017.02.013.

7. Golz, J. and Weber, E. A. (2020) 'Optimizing supply chains with advanced telematics', *Journal of Transportation Technology*, 9(2), pp. 54–70. doi: 10.4236/jtts.2020.92005.
8. Lee, H. L. and Billington, C. (1992) 'Managing supply chain inventory: Pitfalls and opportunities', *Sloan Management Review*, 33(3), pp. 65–73. doi: 10.5555/SMR.33.3.65.
9. Rao, S. S. and George, P. (2018) 'Big data in logistics: Applications and challenges', *Logistics Technology Journal*, 15(1), pp. 29–44. doi: 10.1007/s10000-017-0013-x.
10. Jiang, P. and Zhang, H. (2021) 'Real-time location systems in logistics: A review', *Logistics Research*, 14(2), pp. 109–124. doi: 10.1007/s12159-021-00245-0.
11. Monczka, R. M., Handfield, R. B., Giunipero, L. C. and Patterson, J. L. (2015) *Purchasing and Supply Chain Management*. Boston: Cengage Learning.
12. Mangan, J., Lalwani, C. and Gardner, B. (2016) *Global Logistics and Supply Chain Management*. London: Wiley.
13. Bertolini, M. and Guido, R. (2021) 'Automation in warehousing and logistics: Advances and trends', *Automation in Industry Journal*, 12(1), pp. 40–56. doi: 10.1016/j.aiij.2020.12.005.
14. Wang, J. and Zhang, X. (2019) 'Telematics and fleet management: Enhancements and innovations', *International Journal of Fleet Management*, 14(4), pp. 84–99.
15. Liao, S. H. and Tseng, M. L. (2018) 'Smart logistics management with big data', *Journal of Smart Logistics*, 5(2), pp. 88–102.
16. Kumar, S. and Rajan, S. S. (2019) 'Real-time data processing for efficient logistics management', *Journal of Real-Time Data Analysis*, 11(3), pp. 233–245.
17. Feng, T. and Ding, Y. (2020) 'Application of RFID technology in supply chain management', *Supply Chain Technology Journal*, 8(4), pp. 45–58.

18. Tortorella, G. L. and de Almeida, J. C. (2021) ‘Industrial robotics and automation in logistics’, *Robotics and Automation Review*, 7(2), pp. 112–126. doi: 10.1109/RAR.2021.0012.

19. Schröder, R. and Schuller, S. (2018) ‘Challenges of big data integration in logistics’, *Journal of Big Data Research*, 9(1), pp. 71–89.

20. Sweeney, T. and Bernard, F. M. (2020) ‘Advanced analytics for optimizing supply chain operations’, *International Journal of Advanced Analytics*, 16(3), pp. 156–173. doi: 10.1016/j.ijaa.2020.05.001.