

УДК: 338

Фігун Н. В.,
nazar.v.fihun@lpnu.ua, ORCID ID: 0000-0001-5303-8799,
Researcher ID: V-1666-2017,
к.е.н., доц., доцент кафедри маркетингу і логістики, Національний університет “Львівська політехніка”,
м. Львів

Прядко Р. В.,
rostyslav.v.priadko@lpnu.ua, ORCID ID: 0009-0000-1115-0838,
здобувач, Національний університет “Львівська політехніка”, м. Львів

ІНДИКАТОРИ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕВЕРСИВНОЇ ЛОГІСТИКИ В УМОВАХ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ

Анотація. У статті обґрунтовано актуальність формування системи індикаторів ефективності реверсивної логістики в умовах переходу до циркулярної економіки. Швидке зростання обсягів глобальної торгівлі, поширення e-commerce та посилення екологічних норм підвищують частку зворотних потоків, водночас загострюючи трейд-офф між економічною доцільністю та відповідальністю перед довкіллям. Метою дослідження є розробка комплексної моделі оцінювання та оптимізації реверсивної логістики, що поєднує ряд показників, а також визначення стратегічних сценаріїв інтеграції таких процесів у ланцюги постачання. Запропоновано класифікацію дев'яти ключових категорій повернень, деталізовано причини, що формують ймовірність їх виникнення, та обґрунтовано необхідність прогнозування зворотних потоків ще на етапі продажу товару. Систематизовано набір із тринадцяти KPI, серед яких: коефіцієнт повернень, вартість повернення, норми вибуття й відновлення, метрики відносно часу ADR та RIT, час обробки запитів, швидкість відновлення повернутих товарів, рівень задоволення споживачів, екологічний вплив. Застосування запропонованих індикаторів дозволяє побудувати алгоритм, що надає цілісне уявлення про фінансові та екологічні наслідки відповідного рішення. На основі аналізу виділено ключові різновиди стратегій (в межах підприємства, спільне підприємство, аутсорсинг), де виділено переваги і ризики застосування кожної стратегії. Практична цінність результатів підтверджується розробленим алгоритмом оптимізації реверсивних потоків, що охоплює послідовність кроків від ідентифікації KPI до циклу PDCA. Перспективи подальших досліджень пов'язані з емпіричною валідацією запропонованої системи KPI у різних галузях, інтеграцією блокчейн-рішень для прозорого відстеження реверсивних потоків та розробленням інструментів стимулювання підприємств до впровадження моделей повторного використання. Результати дослідження створюють теоретичне та методичне підґрунтя для побудови стійких, економічно ефективних і екологічно відповідальних реверсивних ланцюгів поставок.

Ключові слова: реверсивна логістика, циркулярна економіка, логістичні індикатори, зворотні потоки, логістичні KPI.

Fihun N. V.,
nazar.v.fihun@lpnu.ua, ORCID ID: 0000-0001-5303-8799,
Researcher ID: V-1666-2017,
Ph.D, Associate Professor, Associate Professor of The Department of Marketing and Logistics, Lviv Polytechnic National University, Lviv

Priadko R. V.,
rostyslav.v.priadko@lpnu.ua, ORCID ID: 0009-0000-1115-0838,
Postgraduate, Lviv Polytechnic National University, Lviv

INDICATORS OF EFFICIENCY OF REVERSE LOGISTICS IN THE CONDITIONS OF CIRCULAR ECONOMY

Abstract. The article substantiates the relevance of developing a system of effectiveness indicators of reverse logistics in the context of the transition to a circular economy. The rapid growth of global trade volumes, the expansion of e-commerce and the strengthening of environmental standards increase the share of return flows, while at the same time sharpening the trade-off between economic feasibility and environmental responsibility. The purpose of the study is to develop a comprehensive model for evaluating and optimizing reverse logistics, combining a number of indicators, as well as to determine strategic scenarios for integrating such processes into supply chains. The authors propose a classification of nine key return categories, detail the drivers that form the probability of their occurrence, and justify the

need to predict return flows at the stage of selling the product. A set of thirteen KPIs is systematized, including: return rate, return cost, disposal and recovery rates, ADR and RIT time metrics, request processing time, refurbishment lead time, consumer satisfaction level, and environmental impact. Applying the proposed indicators enables construction of an algorithm that delivers a holistic view of the financial and ecological consequences of the corresponding decision. Based on the analysis, three principal strategic options are distinguished – in-house, joint venture, and outsourcing – with their respective advantages and risks. The practical value of the results is confirmed by the developed algorithm for optimizing reverse flows, which includes a sequence of steps from KPI identification to the PDCA cycle. Prospects for further research are associated with the empirical validation of the proposed KPI system in various industries, the integration of blockchain solutions for transparent tracking of reverse flows, and development of instruments that encourage companies to adopt reuse models. The results of the study create a theoretical and methodological basis for building sustainable, cost-effective and environmentally responsible reverse supply chains.

Key words: reverse logistics, circular economy, logistics indicators, reverse flows, logistics KPIs.

JEL Classification: M10, M11, M20

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1205-2025-82-19>

Постановка проблеми. Розвиток ідей циркулярної економіки обумовлює ряд викликів та нових цілей у глобалізованих бізнес процесах. Попри економічні, геополітичні та природні потрясіння міжнародна торгівля зростає, ланцюги поставок стають комплексними, будучи сформованими із суб'єктів, локалізованих у різних країнах, і поєднаними хмарними технологіями, ефективним плануванням та довірою до партнерів. Із ростом торгівлі, обсяги реверсивних потоків також зростають, що паралельно із ідеями впровадження циркулярної економіки формують жорсткі вимоги та технологічні рішення направлені до зменшення негативного впливу зокрема і логістичних процесів на довкілля. Масштаб проблеми, а відповідно і завдань до вирішення може чітко висвітлити статистика обсягів повернень у США в 2020 році. Ця величина становила 10% у розрізі роздрібного обігу. Окрім цього, вартість повернень, обмеженість ресурсів як людських так і фінансових, технологічних, природних – формують додаткові виклики для реверсивної логістики. Попри глобалізованість економіки, COVID-19 чітко продемонстрував її крихкість, та відсутність спроможності до швидкої адаптації у випадку зупинки одного суб'єкта ланцюга створення доданої вартості [3]. Також, необхідно відзначити і відсутність стратегічної візії у процесах управління поверненнями товарів. Зазвичай повернення розглядають як не доопрацювання якогось із відділів, неефективну роботу з клієнтом тощо. Однак саме ця сфера діяльності компаній може бути ціннісним конкурентним фактором. Необхідно додати також і проблему протиріччя між економічною доцільністю та екологічною відповідальністю у формуванні реверсивних потоків.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Реверсивній логістиці, а також особливостям імплементації циркулярної економіки приділяють увагу багато вітчизняних та іноземних науковців. Так у роботах Rogers та Tibben-Lembke [13] досліджують логістику повернень, а також логістичні операції, які є супутніми у реверсивному потоці. Зокрема, дослідження охоплюють процеси зі збору повернень,

сортування та діагностики якості товару, відновлення, ремонт чи інші операції пов'язані із результатами оцінки товару, а також процеси завершення життєвого циклу шляхом утилізації чи перепродажу товару. Доводиться, що реверсивні процеси це не винятки, як наслідок неефективного ланцюга створення вартості, а системна частина бізнес процесів, обсяги яких суттєво залежать від галузі функціонування. У роботах Srivastava [15] реверсивні логістичні процеси розглядаються як бізнес модель, де повинні враховуватись екологічні, економічні та конкурентні фактори. Зворотний потік – це можливість, а не виклик, і саме завдяки ефективній побудові реверсивних потоків може бути сформовано репутацію бренду, стійкість бізнес процесів, ефективність у логістичних витратах в стратегічному вимірі. Дослідження Mohamed et al. [9] детально висвітлює ключові напрямки досліджень упродовж 2013-2023 років у сфері реверсивної логістики. Було ідентифіковано значне зростання досліджень саме у сфері циркулярної економіки і ролі логістичних реверсивних потоків у ній. Сталий розвиток, а також цифровізація логістичних процесів стали вагомими векторами досліджень в останнє десятиліття у провідних журналах. Rouhani [14] – досліджує вплив сучасних технологій, таких як Індустрія 4.0 на ефективність логістичних процесів загалом, та реверсивної логістики зокрема. Розглядається питання забезпечення стійкості ланцюгів поставок у кризових ситуаціях, а також механізми зменшення ризиків впливу на глобальні логістичні ланцюги поставок. У дослідженні Raji [12] розглядається узгодження реверсивної логістики з цілями та практиками циркулярної економіки. У дослідженні приділяється увага шляхам зменшення відходів, зниження впливу на довкілля, можливостям підвищення екологічної стійкості підприємств, а також шляхам вивільнення додаткових ресурсів – завдяки ефективному впровадженню реверсивної логістики.

Постановка завдання. До основних завдань дослідження належать: формування системи ключових індикаторів ефективності реверсивної логістики; удосконалення її функціонування

в умовах циркулярної економіки; огляд механізмів мотивації впровадження новітніх підходів у реверсивних логістичних потоках; здійснення аналізу технологічних інновацій у сфері реверсивної логістики.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Реверсивна логістика, згідно визначення Kiperska-Mogoń та Krzyżaniak [5], а також Korzeń, [6] – це управління потоками відходів, охоплюючи як пошкоджену так і не пошкоджену продукцію, яка вважається відходами їхніми власниками, а також пов'язаною із цим потоками інформації: від місця їх формування до місця їх кінцевої дислокації, з метою повторного використання, відновлення або утилізації. Необхідно додати, що попри комплексність визначення, не завжди власники товару під час повернення можуть сприймати товар не придатним до використання і тим самим повертати його до продавця. Причинами повернень також можуть слугувати зміна потреб споживача (зокрема через триваліший час доставки ніж зазвичай), отримання інформації про більш релевантний потребам споживачів товар на ринку, невідповідність реальному виконанню товару та очікуванням. Також, на наш погляд у процесі реверсивного потоку має здійснюватися пошук потенціалу для створення повторної доданої вартості товару, як один із вагомих факторів функціонування циркулярної економіки. Таким чином можна сформулювати ключове завдання реверсивної логістики – недопущення причин виникнення зворотних потоків, а за умови їх неминучості – пошук рішень для максимізації доданої вартості наступних операцій із товаром.

Проектування ефективного зворотного потоку необхідно здійснювати під час створення класичного потоку товарів чи послуг, оскільки саме тоді можна сформулювати ймовірність утворення зворотного потоку відправлення товару до споживача за рахунок:

1. Попередньої історії замовлень.
2. Поведінки під час першого огляду товару.
3. Характеру запитань споживача у консультанта чи касира.
4. Географічної локації споживача.
5. Інформації про ініціатора замовлення (чи забирає товар людина, яка робила замовлення, чи товар забирає довірена особа).
6. Ринкової статистики.

Окрім інформації, яка має стати підґрунтям для прогнозування ймовірності утворення повернень товару, важливим фактором є виділення ключових категорій реверсивних (зворотних) логістичних потоків [4]:

1. Повернення від кінцевого споживача (класична форма повернення, яка займає основну частку всіх зворотних потоків і відбувається, як зазначалося вище через невідповідність очікуванням, дефекти товару, помилковість замовлення, потребу ознайомитися із декількома варіантами товару тощо).

2. Повернення від дистриб'ютора або торговельного партнера (наявність надлишкових запасів, товарів, які з різних причин не були реалізовані, виконання контрактних зобов'язань).

3. Повернення для відновлення або переробки (пошкоджені або вживані товари, які підлягають ремонту, модернізації чи доукомплектуванню).

4. Повернення з метою повторного використання або переробки упаковки (товари, які прийнятні для подальшого застосування, однак можуть мати проблеми із упаковкою).

5. Повернення з метою ремонту або технічного обслуговування (товари, які втратили свою функціональну здатність і можуть бути відремонтовані базуючись на гарантії, інших зобов'язаннях виробника або ж на основі комерційного запиту споживача).

6. Повернення товарів, які не були розпродані (товари, які перебувають на складах, дистриб'юторських центрах, магазинах і повертаються з метою утилізації, переробки, перерозподілу на інші регіони з подальшим продажем).

7. Повернення продукції, у якій завершився чи завершується життєвий цикл (товари, які не можуть бути більше використані, та переробка або їх утилізація може бути реалізована).

8. Повернення, внаслідок неуспішної доставки до замовника (товари, які були не доставлені до клієнта через проблеми з інформацією про замовника, адреси доставки, втратою частини інформації про замовлення, пошкодження товару під час доставки, відсутність отримувача тощо);

9. Повернення товарів, які були орендовані або в лізингу (товари, які повертають після завершення терміну дії угоди оренди, лізингу чи інших угод, які передбачають можливість тимчасового користування товаром).

Необхідно зазначити, що реалізація ефективних реверсивних логістичних потоків можлива завдяки чіткому розумінню вигод від її втілення [1]. Так, до основних переваг від впровадження ефективних реверсивних потоків належать: скорочення обсягів витрат, які не несуть доданої вартості ні виробнику/продавцю, ні споживачу; відновлення вартості (повністю або частини) завдяки подальшій переробці, відновленню, перепродажу товару; отримання нових джерел прибутку завдяки переробці товару, модифікації його після відновлення, перерозподілу у інші регіони тощо; зменшення відходів, шкідливих викидів в атмосферу; підвищення лояльності до бренду, іміджу, і загалом швидкості обороту [2].

Забезпечення ефективності реверсивної логістики можливе із застосуванням сучасних інформаційних технологій. До основних напрямів технологічної підтримки реверсивних потоків належать:

1. IoT (від англ. *Internet of Things* – Інтернет речей), який може втілюватись за рахунок: датчиків на упаковках, транспорті та складах, що можуть

забезпечувати відслідковування місця розташування товару, та етапу його повернення; механізмів відслідковування зміни температурних режимів доставки товарів, що сприятиме виявленню високої ймовірності повернення ще до її настання (антисипація реверсивного потоку); автоматизація реверсивного потоку у випадку ідентифікації дефектів з товаром чи упаковкою.

2. Блокчейн (від англ. *Blockchain*) технології, яка дозволяє забезпечувати безпеку даних, прозорість і достовірність інформації про історію замовлення, ремонту чи інших операцій пов'язаних із товаром і його переміщенням; зменшує ризики підміни товару чи інші маніпуляції, які є додатковим ризиком реверсивного логістичного потоку; формує сталий реєстр зворотних трансакцій між суб'єктами ланцюга поставок.

3. Великі дані (від англ. *Big Data*) та аналітика дозволяють ефективно створювати портрети споживачів, їхні алгоритми поведінки, ідентифікувати товари, які мають вищі за медіанні значення обсяги повернень і тим самим створювати підходи для антисипації реверсивних потоків ще до початку продажу товару.

4. ERP-системи (від англ. *Enterprise Resource Planning*) – які дозволяють забезпечити вертикальний контроль фінансових, логістичних та складських аспектів реверсивних потоків, дозволяють відстежувати рівень залишкової вартості товарів, а також процес відновлення їх вартості.

5. CRM-системи (від англ. *Customer Relationship Management*) сприяють збору, обробці, а також використанні даних про історію взаємодії із клієнтом, сприяють автоматизації процесів комунікації, а також дозволяють із використанням ШІ інструментів збільшити ефективність взаємодії на всіх стадіях ланцюга поставок як у традиційному, так і у реверсивному напрямку.

Забезпечення ефективності процесів не можливе без чітких показників, контролю їх дотримання, а також адаптивності до змінних ринкових умов. Для формування ключових індикаторів ефективності реверсивної логістики необхідно бути певним, що обраний показник вимірює комерційну цінність прямо чи опосередковано реверсивного потоку. Так, дані щодо повернення чи обмінів товару повинні також оцінюватись і з огляду частки повернень від всіх замовлень клієнта, частоти цих повернень, а також у ретроспективі причин повернень. Ці дані дозволять категоризувати товари, створити групи споживачів, а тим самим розробити різні стратегії обслуговування підвищивши ефективність логістичних процесів.

До основних індикаторів ефективності реверсивної логістики в умовах циркулярної економіки належать:

1. Коефіцієнт повернень (відсоток повернень до відвантажених одиниць).

2. Вартість повернення (враховуючи витрати на логістику та обробку запиту; ці дві категорії варто аналізувати виокремлено).

3. Норма вибуття (відсоток утилізованих товарів до загальної кількості повернень).

4. Норма відновлення (відсоток товарів відновлених до загальної кількості повернень).

5. Показник середньої кількості днів на складі повернень (*ADR*) (сума днів, що кожна одиниця провела на складі повернень, розділена на кількість повернених одиниць).

6. Оборотність товарних запасів повернень (*RIT*) (вартість оброблених повернень за період розділена на середню вартість запасу повернень).

7. Час обробки запиту на повернення (середній час від звернення до прийняття рішення на повернення).

8. Швидкість відновлення повернутих товарів (середній час від відновлення/ремонту до перепродажу).

9. Рівень задоволення клієнта обслуговуванням (за результатами опитування щодо повернень).

10. Категорії повернень (обсяг повернень за певною причиною/категорією із поділом за ABC аналізом).

11. Екологічний вплив (індикатори впливу на довкілля додаткових операцій із товаром з настанням реверсивного потоку, зокрема: обсяги CO₂ викидів на один повернений товар та відсоток відходів, що пішли на переробку).

12. Частка повернутої вартості (частка початкової вартості, яку вдалось повернути у грошовому вимірі).

13. Витрати на повернення розділені на обсяг відновленої вартості (*Cost-to-Value Ratio*).

Узагальнюючи, всі індикатори ефективності роботи реверсивної логістики можна категоризувати за чотирма напрямками: економічні; операційні; клієнтські; екологічні. Ключові індикатори ефективності реверсивної логістики висвітлено на рис. 1.

Застосування індикаторів ефективності реверсивної логістики дозволить створити передумови для аналітичного оцінювання побудованих процесів у реверсивному потоці товарів та реагувати на динаміку змін, що є передумовою забезпечення ефективності функціонування сформованих процесів.

Варто зазначити, що індикатори ефективності здатні підсвітити проблемні ділянки функціонування. Проте для системних змін оптимізація реверсивної логістики повинна базуватись на пропонованому на рис. 2 алгоритмі.

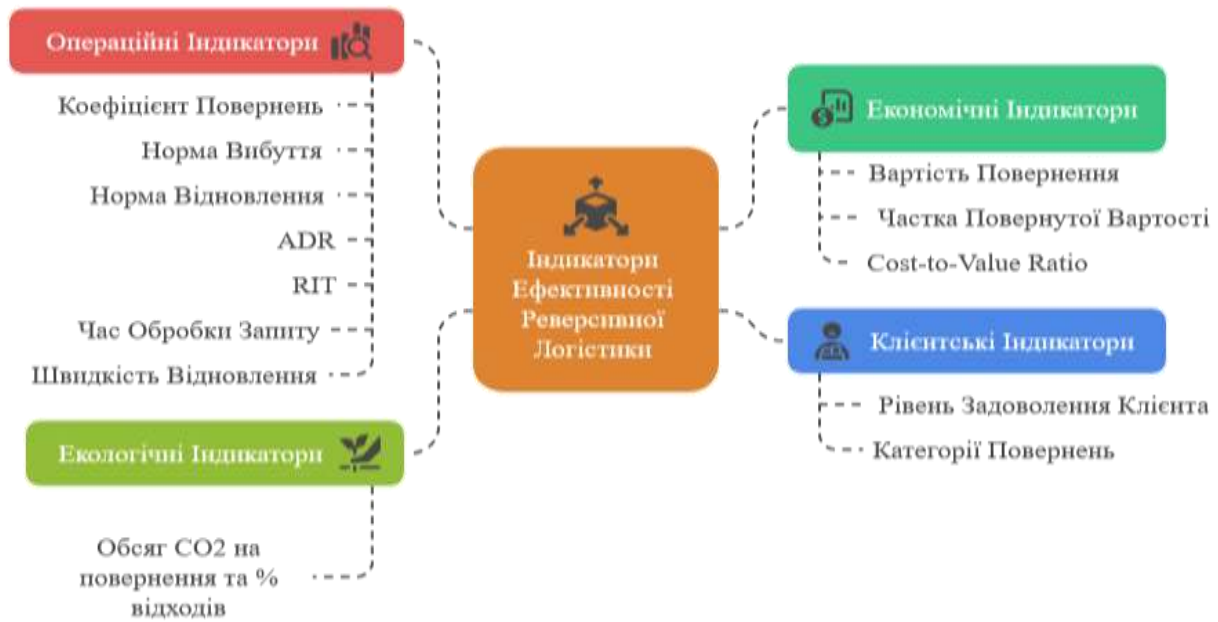


Рис. 1. Ключові індикатори ефективності реверсивної логістики

Джерело: авторська розробка



Рис. 2. Алгоритм оптимізації реверсивної логістики

Джерело: сформував автор

Реалізація відповідних індикаторів та алгоритмів оптимізації реверсивної логістики можлива при застосуванні різних стратегій. До найбільш поширених належать:

1. Всередині компанії: забезпечується контроль за даними, якістю процесів, чутлива інформація не поширюється за межі компанії; ця стратегія доречна для комплексних продуктів, дорого вартісних проектів або ж компанія має достатньо компетенції і ресурсів для налагоджування цифровізації процесів.

2. Спільне підприємство: втілюється за умови наявності партнера-експерта у затребуваній сфері; за цією стратегією ризики розподіляються між учасниками; доречне застосування за умови виходу

на нові ринки, отримання ліцензій або ж обсяги завдань не відповідають логістичній потужності підприємства.

3. Аутсорсинг: втілюється за умови наявності провайдера послуг із досвідом та наявною інфраструктурою; відсутністю достатніх фінансових ресурсів на капітальні вкладення; швидкістю запуску процесів; мінімізація ризиків операційної діяльності.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Реверсивна логістика є важливим елементом стійкого розвитку логістики в умовах функціонування циркулярної економіки. Впровадження індикаторів ефективності та відповідних алгоритмів оптимізації реверсивних

потоків на підприємствах є необхідним завданням на шляху забезпечення лояльності споживачів та генерування додаткової вартості. Зі зростанням обсягів глобалізації, збільшення ролі есомерсе платформ, зростання кількості маркетплейсів – обсяги повернень будуть зростати і пошук рішень для їх оптимальної реалізації має високу актуальність. Попри перспективність розвитку важливо зазначити, що існують перешкоди на шляху реалізації реверсивної логістики в умовах циркулярної економіки. Зокрема [8]: недостатній рівень ініціативи зі сторони менеджменту; низька прозорість процесів переробки, утилізації чи повторного використання; невелика кількість компаній та експертів, які здатні забезпечити ефективне управління та функціонування реверсивного потоку; недостатній обсяг ресурсів; труднощі із процесами сортування відходів, функціонування пунктів збору; не завжди окупність є прийнятною; незначна активність держави із стимулювання розвитку реверсивної логістики; незначна підтримка зі сторони інших учасників ланцюга поставок.

Таким чином реверсивна логістика в умовах циркулярної економіки попри перспективність розвитку має велику кількість перешкод до впровадження. Шляхи подолання окреслених перешкод можуть бути предметом подальших досліджень аналізованої тематики. Реверсивна ж логістика є вагомим інструментом для формування стійких ланцюгів поставок, а її імплементація потребує глобальної координації процесів, розвитку інфраструктури та стимулювання підприємств до застосування екологічних підходів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Adesoga T. O., Olaiya O. P., Onuma E. P., Ajayi O. O., Olagunju O. D. Review of reverse logistics practices and their impact on supply chain sustainability. *International Journal of Science and Research Archive*. 2024. Vol. 12, № 2. С. 162-168. DOI: 10.30574/ijrsra.2024.12.2.1216.
2. Diener D., Tillman A.-M., Hanssen O. J. Value recovery from the reverse logistics pipeline. Dordrecht : Springer, 2022. 312 p.
3. Hines T. Supply chain strategies: demand driven and customer focused. 3rd ed. New York : Routledge, 2024. 376 p.
4. Jayasinghe M., Wijewickrama A., Gunawardana K. Regulatory compliance challenges in reverse logistics. *Sustainable Production and Consumption*. 2019. Vol. 20. P. 271-283.
5. Kiperska-Moroń D., Krzyżaniak S. Reverse logistics as a tool of sustainable waste management. *LogForum*. 2009. Vol. 5, No. 3. P. 3-15.
6. Korzeń Z. Systemy logistyczne gospodarowania odpadami. Poznań : Instytut Logistyki i Magazynowania, 2001. 248 s.
7. Lau K., Wang Y. Demand uncertainty in remanufacturing and reverse supply. *European Journal of Operational Research*. 2009. Vol. 196, No. 3. P. 795-807.
8. Liu P., Bai X. Exploring barriers to green reverse logistics implementation. *International Journal of Sustainable Engineering*. 2014. Vol. 7, No. 3. P. 243-256.
9. Mohamed M. A., Farah M. A., Jama L. A., Mohamud I. H., Mohamud I. H., Siyad M. A., Malin I. M. A decade of reverse logistics research (2013-2023): a comprehensive bibliometric analysis of trends, influences, and global engagement : preprint / Faculty of Management Science, SIMAD Univ. Mogadishu, 2024. 28 p.
10. Moktadir M. A., Rahman T., Ali S. M. Decision support framework for selecting 3PL partner in reverse logistics. *Transportation Research Part E*. 2020. Vol. 139. 101968.
11. Prajapati H., Kant R., Shankar R. Barriers to the adoption of sustainable practices in Indian manufacturing. *Resources, Conservation and Recycling*. 2019. Vol. 144. P. 151-165.
12. Raji H. The contribution of reverse logistics practices in circular economy principles: a TOWS analysis. *Sustainability*. 2023. Vol. 15, № 19. Art. 14267. DOI: 10.3390/su151914267.
13. Rogers D. S., Tibben-Lembke R. S. An examination of reverse logistics practices. Raleigh : Reverse Logistics Executive Council, 2001. 63 p.
14. Rouhani O. Transportation project evaluation methods/approaches : version 2. 2-nd ed. 2021. 56 p. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.26324.94080>.
15. Srivastava S. K. Network design for reverse logistics. *Omega*. 2008. Vol. 36, No. 4. P. 535-548.

REFERENCES

1. Adesoga, T. O., Olaiya, O. P., Onuma, E. P., Ajayi, O. O. And Olagunju, O. D. (2024), Review of reverse logistics practices and their impact on supply chain sustainability, *International Journal of Science and Research Archive*, vol. 12, № 2, pp. 162-168. DOI: 10.30574/ijrsra.2024.12.2.1216.
2. Diener D., Tillman, A.-M. And Hanssen, O. J. (2022), Value recovery from the reverse logistics pipeline, Springer, Dordrecht, 312 p.
3. Hines T. (2024), Supply chain strategies: demand driven and customer focused. 3rd ed., Routledge, New York, 376 p.
4. Jayasinghe M., Wijewickrama A. And Gunawardana K. (2019), Regulatory compliance challenges in reverse logistics, *Sustainable Production and Consumption*, vol. 20, pp. 271-283.
5. Kiperska-Moroń D. And Krzyżaniak S. (2009), Reverse logistics as a tool of sustainable waste management, *LogForum*, vol. 5, No. 3, pp. 3-15.
6. Korzeń Z. (2001), Systemy logistyczne gospodarowania odpadami, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań, 248 s.
7. Lau K. And Wang Y. (2009), Demand uncertainty in remanufacturing and reverse supply, *European Journal of Operational Research*, vol. 196, No. 3, pp. 795-807.

8. Liu P. And Bai X. (2014), Exploring barriers to green reverse logistics implementation, *International Journal of Sustainable Engineering*, vol. 7, No. 3, pp. 243-256.
9. Mohamed, M. A., Farah, M. A., Jama, L. A., Mohamud, I. H., Mohamud, I. H., Siyad, M. A. And Malin, I. M. (2024), A decade of reverse logistics research (2013-2023): a comprehensive bibliometric analysis of trends, influences, and global engagement : preprint, Faculty of Management Science, SIMAD Univ., Mogadishu, 28 p.
10. Moktadir, M. A., Rahman T. And Ali, S. M. (2020), Decision support framework for selecting 3PL partner in reverse logistics, *Transportation Research Part E*, vol. 139, 101968.
11. Prajapati H., Kant R. And Shankar R. (2019), Barriers to the adoption of sustainable practices in Indian manufacturing, *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 144, pp. 151-165.
12. Raji H. (2023), The contribution of reverse logistics practices in circular economy principles: a TOWS analysis, *Sustainability*, vol. 15, № 19, Art. 14267. DOI: 10.3390/su151914267.
13. Rogers, D. S. And Tibben-Lembke, R. S. (2001), An examination of reverse logistics practices, Reverse Logistics Executive Council, Raleigh, 63 p.
14. Rouhani O. (2021), Transportation project evaluation methods/approaches : version 2. 2-nd ed. 56 p. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.26324.94080>.
15. Srivastava, S. K. (2008), Network design for reverse logistics, *Omega*, vol. 36, No. 4, pp. 535-548.

Стаття надійшла до редакції 08 квітня 2025 року