

Хмельницький національний університет
Факультет міжнародних відносин і права
Кафедра міжнародних економічних відносин

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Впровадження принципів циркулярної економіки в міжнародних логістичних ланцюгах постачання

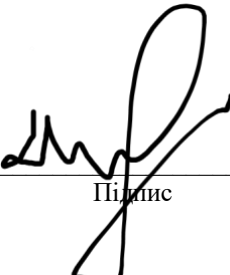
Рівень вищої освіти ДРУГИЙ (МАГІСТЕРСЬКИЙ)

Галузь знань 29 МІЖНАРОДНІ ВІДНОСИНИ
Шифр і найменування

Спеціальність 292 МІЖНАРОДНІ ЕКОНОМІЧНІ ВІДНОСИНИ
Код і найменування

Освітня програма МІЖНАРОДНІ ЕКОНОМІЧНІ ВІДНОСИНИ
Назва

Виконав здобувач
2 курсу, група МЕВм -24-1


Підпис

Євген ПОВАДЮК
ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник:
канд.екон.наук, доц.


Підпис

Ярослава МУДРА
ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
Завідувач кафедри МЕВ,
д.е.н., професор


Підпис

Альона МЕЛЬНИК
ім'я, ПРІЗВИЩЕ

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота Повадюк Є.О. на тему «Впровадження принципів циркулярної економіки в міжнародних логістичних ланцюгах постачання» містить 85 сторінок, 25 таблиць, 8 рисунків, список літератури з 45 найменувань.

Актуальність теми: сучасний етап розвитку глобальної економіки характеризується кардинальними змінами у підходах до використання ресурсів та організації логістичних процесів. Вичерпання природних ресурсів, зростання екологічних вимог та посилення регуляторного тиску створюють нові умови конкуренції, в яких учасники міжнародних ланцюгів постачання змушені переглядати свої стратегічні підходи на засадах циркулярної економіки. Здатність інтегрувати принципи циркулярної економіки у логістичні процеси стає ключовим фактором конкурентоспроможності на ринку міжнародних перевезень.

Мета: обґрунтування теоретичних засад та розробка практичних рекомендацій щодо впровадження принципів циркулярної економіки в міжнародних логістичних ланцюгах постачання.

Завдання: розкрити сутність, еволюцію та концептуальні засади циркулярної економіки; проаналізувати глобальні тренди та регуляторно-правові засади розвитку циркулярної економіки; дослідити теоретичні підходи до інтеграції принципів циркулярної економіки в міжнародні ланцюги постачання; оцінити рівень застосування принципів циркулярної економіки в міжнародних логістичних ланцюгах; визначити бар'єри та ризики реалізації циркулярних підходів; проаналізувати світові практики впровадження циркулярних рішень; розробити стратегічні підходи та методичні інструменти оцінювання ефективності.

Об'єктом дослідження є процеси впровадження принципів циркулярної економіки в міжнародних логістичних ланцюгах постачання.

Предметом дослідження є теоретико-методичні та практичні аспекти інтеграції циркулярних принципів у функціонування міжнародних логістичних систем.

Методи: системний аналіз для дослідження сутності циркулярної економіки, порівняльний аналіз світових практик, статистичний аналіз рівня застосування циркулярних принципів, метод експертних оцінок для визначення бар'єрів імплементації, бенчмаркінг глобальних операторів, SWOT-аналіз конкурентних позицій.

Результати: систематизовано теоретичні підходи до циркулярної економіки в логістиці; проаналізовано сучасний стан впровадження циркулярних принципів у міжнародних ланцюгах постачання; визначено ключові бар'єри та виклики реалізації циркулярних підходів; узагальнено світові практики провідних компаній (Renault, Signify, FedEx, IKEA); розроблено стратегічні рекомендації для учасників міжнародних ланцюгів постачання; запропоновано методичні підходи оцінювання ефективності циркулярних логістичних рішень; обґрунтовано перспективи розвитку циркулярної економіки в системі міжнародних ланцюгів постачання.

Ключові слова: циркулярна економіка, міжнародні ланцюги постачання, зелена логістика, зворотна логістика, замкнені цикли, сталий розвиток, екологічна ефективність, ремануфактуринг, глобальні тренди, регуляторна політика ЄС.

ABSTRACT

The qualification work of Povadiuk Ye.O. on the topic "Implementation of Circular Economy Principles in International Logistics Supply Chains" contains 85 pages, 25 tables, 8 figures, a list of references with 45 items.

Relevance: the current stage of global economy development is characterized by fundamental changes in approaches to resource use and logistics processes organization. Depletion of natural resources, growing environmental requirements, and increasing regulatory pressure create new competitive conditions in which participants of international supply chains must revise their strategic approaches based on circular economy principles. The ability to integrate circular economy principles into logistics processes becomes a key factor of competitiveness in the international transportation market.

Objective: substantiation of theoretical foundations and development of practical recommendations for implementing circular economy principles in international logistics supply chains.

Tasks: reveal the essence, evolution and conceptual foundations of circular economy; analyze global trends and regulatory-legal foundations of circular economy development; investigate theoretical approaches to integrating circular economy principles into international supply chains; assess the level of circular economy principles application in international logistics supply chains; identify barriers and risks of circular approaches implementation; analyze world practices of circular solutions implementation; develop strategic approaches and methodological tools for evaluating efficiency.

The object of the research is the processes of implementing circular economy principles in international logistics supply chains.

The subject of the research is the theoretical-methodological and practical aspects of integrating circular principles into the functioning of international logistics systems.

Methods: systematic analysis for studying the essence of circular economy, comparative analysis of world practices, statistical analysis of circular principles application level, expert assessment method for identifying implementation barriers, benchmarking of global operators, SWOT analysis of competitive positions.

Results: systematized theoretical approaches to circular economy in logistics; analyzed the current state of circular principles implementation in international supply chains; identified key barriers and challenges of circular approaches realization; summarized world practices of leading companies (Renault, Signify, FedEx, IKEA); developed strategic recommendations for international supply chain participants; proposed methodological approaches for evaluating the effectiveness of circular logistics solutions; substantiated prospects for circular economy development in the international supply chain system.

Keywords: circular economy, international supply chains, green logistics, reverse logistics, closed loops, sustainable development, environmental efficiency, remanufacturing, global trends, EU regulatory policy.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ В МІЖНАРОДНІЙ ЛОГІСТИЦІ	7
1.1 Сутність, еволюція та концептуальні засади циркулярної економіки	7
1.2. Глобальні тренди та регуляторно-правові засади розвитку циркулярної економіки	17
1.3 Теоретичні підходи до впровадження циркулярної економіки у міжнародні логістичні ланцюги постачання	21
Висновки до першого розділу	25
РОЗДІЛ 2 СУЧАСНИЙ СТАН ТА ВИКЛИКИ ІМПЛЕМЕНТАЦІЇ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ В МІЖНАРОДНИХ ЛОГІСТИЧНИХ ЛАНЦЮГАХ	27
2.1 Рівень застосування принципів циркулярної економіки в міжнародних логістичних ланцюгах постачання	27
2.2 Обмежувальні чинники та ризики реалізації концепції циркулярної економіки в міжнародному логістичному забезпеченні	31
2.3 Світові практики впровадження циркулярних рішень у логістичних системах	36
Висновки до другого розділу	47
РОЗДІЛ 3 ШЛЯХИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ В МІЖНАРОДНИХ ЛОГІСТИЧНИХ ЛАНЦЮГАХ	49
3.1 Стратегічні підходи учасників міжнародних ланцюгів постачання до впровадження принципів циркулярної економіки	49
3.2 Методичні підходи та інструменти оцінювання ефективності циркулярних логістичних рішень	53
3.3 Прогностичні сценарії та перспективи розвитку циркулярної економіки в системі міжнародних ланцюгів постачання	56
Висновки до третього розділу	69
ВИСНОВКИ	71
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	75

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасний етап розвитку глобальної економіки характеризується кардинальними змінами у підходах до використання ресурсів та організації логістичних процесів. Вичерпання природних ресурсів, зростання екологічних вимог та посилення регуляторного тиску створюють нові умови конкуренції, в яких учасники міжнародних ланцюгів постачання змушені переглядати свої стратегічні підходи до ведення бізнесу на засадах циркулярної економіки.

В умовах глобальної трансформації економічних систем компанії стикаються з безпрецедентними викликами, включаючи необхідність скорочення відходів, оптимізації використання матеріалів, впровадження принципів повторного використання та переробки. Зміни в регуляторному середовищі, зокрема посилення екологічного законодавства ЄС та інших країн, суттєво впливають на структуру та функціонування міжнародних логістичних ланцюгів. Здатність інтегрувати принципи циркулярної економіки у логістичні процеси стає ключовим фактором не лише конкурентоспроможності, але й виживання на ринку міжнародних перевезень.

Теоретичні та практичні аспекти впровадження принципів циркулярної економіки в міжнародних логістичних ланцюгах постачання досліджували такі вітчизняні та зарубіжні науковці як Герасимчук В.Г. [1], який розробив фундаментальні положення щодо сталого розвитку логістичних систем, Крикавський Є.В.[3], який досліджував питання екологізації ланцюгів постачання, Сумець О.М. [5], який зосередився на стратегіях зеленої логістики, Geissdoerfer M.[22], що вивчав концептуальні засади циркулярної економіки, Kirchherr J.[30], які зробили значний внесок у розвиток теорії замкнених циклів у логістиці та управлінні ланцюгами постачання.

Водночас, незважаючи на значний науковий доробок, низка питань залишається недостатньо дослідженою. Зокрема, потребують подальшого

вивчення механізми практичної імплементації циркулярних принципів у міжнародні логістичні ланцюги, методичні підходи до оцінювання ефективності циркулярних логістичних рішень, а також стратегічні підходи учасників ланцюгів постачання до впровадження принципів циркулярної економіки в умовах глобальної невизначеності.

Мета і завдання дослідження. Метою кваліфікаційної роботи є обґрунтування теоретичних засад та розробка практичних рекомендацій щодо впровадження принципів циркулярної економіки в міжнародних логістичних ланцюгах постачання.

Для досягнення поставленої мети було визначено такі **завдання**:

- розкрити сутність, еволюцію та концептуальні засади циркулярної економіки;
- проаналізувати глобальні тренди та регуляторно-правові засади розвитку циркулярної економіки;
- дослідити теоретичні підходи до інтеграції принципів циркулярної економіки в міжнародні ланцюги постачання;
- оцінити рівень застосування принципів циркулярної економіки в міжнародних логістичних ланцюгах постачання;
- визначити бар'єри, обмеження та ризики реалізації циркулярних підходів у міжнародній логістиці;
- проаналізувати світові практики та кейси впровадження циркулярних рішень у логістичних системах;
- розробити стратегічні підходи учасників міжнародних ланцюгів постачання до впровадження принципів циркулярної економіки;
- запропонувати методичні підходи та інструменти оцінювання ефективності циркулярних логістичних рішень.

Об'єктом дослідження є процеси впровадження принципів циркулярної економіки в міжнародних логістичних ланцюгах постачання.

Предметом дослідження є теоретико-методичні та практичні аспекти інтеграції циркулярних принципів у функціонування міжнародних логістичних систем.

Методи дослідження. Теоретичною та методологічною основою дослідження є фундаментальні положення економічної теорії, теорії логістики та управління ланцюгами постачання, концепції сталого розвитку та циркулярної економіки. У процесі дослідження використано такі методи: системний аналіз – для дослідження сутності та структури циркулярної економіки; порівняльний аналіз – для оцінки світових практик впровадження циркулярних рішень; статистичний аналіз – для оцінки рівня застосування циркулярних принципів; метод експертних оцінок – для визначення бар'єрів та можливостей імплементації; графічний метод – для візуалізації результатів дослідження.

Інформаційну базу дослідження становлять законодавчі та нормативно-правові акти України та ЄС у сфері екологічної політики та циркулярної економіки, статистичні дані міжнародних організацій (Eurostat, OECD, Ellen MacArthur Foundation), звіти консалтингових компаній, наукові публікації вітчизняних та зарубіжних вчених, матеріали міжнародних конференцій та форумів.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в обґрунтуванні теоретичних положень та розробці практичних рекомендацій щодо впровадження принципів циркулярної економіки в міжнародних логістичних ланцюгах постачання, зокрема: удосконалено понятійно-категоріальний апарат циркулярної економіки в контексті міжнародної логістики; систематизовано бар'єри та драйвери впровадження циркулярних принципів у міжнародні ланцюги постачання; запропоновано стратегічні орієнтири для учасників міжнародних ланцюгів постачання щодо переходу до циркулярної моделі функціонування.

Апробація результатів дослідження. Основні висновки, положення і результати роботи оприлюднені на міжнародній науково-практичній

конференції «Міжнародні економічні відносини: сталий розвиток та діджиталізація» (м. Хмельницький, 22 трав. 2025 р.).

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що розроблені рекомендації можуть бути використані учасниками міжнародних логістичних ланцюгів постачання для формування стратегій переходу до циркулярної моделі, оцінювання ефективності циркулярних ініціатив, а також органами державної влади для вдосконалення регуляторної політики у сфері циркулярної економіки та зеленої логістики.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи становить 74 сторінок друкованого тексту. Робота містить 23 таблиць, що відображають аналітичні дані, результати розрахунків та систематизовану інформацію. Список використаних джерел налічує 66 найменувань.

РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ В МІЖНАРОДНІЙ ЛОГІСТИЦІ

1.1. Сутність, еволюція та концептуальні засади циркулярної економіки

Концепція циркулярної економіки виникла як відповідь на обмеження традиційної лінійної моделі економіки, яка базується на принципі «видобуток – виробництво – споживання – утилізація». Ця модель, що домінувала протягом індустріальної епохи, призвела до численних екологічних та економічних проблем, включаючи виснаження природних ресурсів, накопичення відходів та забруднення довкілля [11].

Сучасний етап розвитку світової економіки характеризується глибокими трансформаційними процесами, зумовленими зменшенням природних ресурсів, загостренням екологічних проблем та необхідністю переходу до сталих моделей господарювання. У цьому контексті особливої актуальності набуває концепція циркулярної економіки, яка пропонує принципово новий підхід до організації економічної діяльності, заснований на замкнених циклах використання ресурсів, мінімізації відходів та регенерації природних систем. Дослідження сутності, еволюції та концептуальних засад циркулярної економіки є необхідною передумовою для розуміння можливостей її інтеграції в міжнародні логістичні ланцюги постачання.

Традиційна модель економічного розвитку, що домінувала протягом індустріальної та постіндустріальної епохи, базувалася на лінійному принципі «видобути – виробити – використати – викинути» (take-make-use-dispose). Ця модель передбачала безперервне залучення природних ресурсів у виробничий процес, їх трансформацію в готову продукцію, споживання та подальшу утилізацію у вигляді відходів. Лінійна економічна модель виявилася надзвичайно ефективною з точки зору забезпечення економічного зростання та задоволення зростаючих споживчих потреб, однак її фундаментальним

недоліком стало ігнорування обмеженості природних ресурсів та екологічних наслідків виробничої діяльності.

За даними досліджень Римського клубу, при збереженні існуючих темпів споживання поклади багатьох критично важливих для економіки ресурсів можуть бути вичерпані протягом найближчих десятиліть. Зокрема, запаси міді можуть бути вичерпані за 49 років, свинцю – за 64 роки, нафти та природного газу – приблизно за 50 років. Ці прогнози, навіть з урахуванням можливого відкриття нових родовищ, свідчать про невідкладну необхідність переходу до альтернативних моделей економічного розвитку, здатних забезпечити сталий розвиток у довгостроковій перспективі.

Концепція циркулярної економіки виникла як відповідь на обмеження лінійної моделі та пропонує принципово інший підхід до організації економічної діяльності. За своєю сутністю циркулярна економіка є відновлювальною та регенеративною системою, яка прагне наслідувати цикли природи. Її мета полягає у підтриманні цінності та корисності продуктів, компонентів і матеріалів на найвищому рівні якомога довше, тим самим мінімізуючи утворення відходів та зменшуючи потребу в безперервному видобутку обмежених ресурсів.

Історичні витоки концепції циркулярної економіки можна простежити до 1966 року, коли американський економіст Кеннет Боулдінг опублікував есе «Економіка майбутнього космічного корабля Земля» (The Economics of the Coming Spaceship Earth). У цій роботі Боулдінг протиставив два типи економічних систем: «ковбойську економіку» (cowboy economy), що характеризується необмеженим використанням ресурсів та орієнтацією на експансію, та «економіку космічного корабля» (spaceship economy), де Земля розглядається як замкнена система з обмеженими ресурсами, що вимагає циклічного використання матеріалів [22; 30].

Боулдінг стверджував, що замкнена економіка майбутнього вимагає принципово інших економічних принципів порівняно з відкритою економікою минулого. У «економіці космічного корабля» людина повинна знайти своє місце в циклічній екологічній системі, здатній до безперервного відтворення

матеріальних форм, навіть якщо вона не може уникнути енергетичних витрат. Ці ідеї заклали концептуальний фундамент для подальшого розвитку теорії циркулярної економіки та вплинули на формування сучасного розуміння сталого розвитку.

Подальший розвиток концептуальних засад циркулярної економіки пов'язаний з роботами швейцарського архітектора та економіста Вальтера Штаеля. У 1976 році він разом з Женев'євою Редей-Мюлві підготував доповідь для Європейської комісії під назвою «Потенціал заміщення робочої сили енергією» (Potential for Substitution Manpower for Energy), в якій обґрунтовувалася концепція економіки замкненого циклу (loop economy). Ця концепція передбачала стратегії запобігання утворенню відходів, створення регіональних робочих місць, підвищення ресурсоефективності та дематеріалізації промислової економіки [40].

У 1982 році Штаель отримав премію Мітчелла за статтю «Фактор життєвого циклу продукту» (The Product-Life Factor), де він детально описав концепцію замкненого циклу, яка сьогодні відома як циркулярна економіка. Штаель наголошував, що продовження терміну служби товарів є раціональною точкою для початку поступового переходу до сталого суспільства, оскільки це оптимізує загальний життєвий цикл продукції, зменшує виснаження природних ресурсів та, відповідно, скорочує обсяги відходів. Він також запропонував бізнес-модель продажу використання товарів замість їх володіння, яку детально описав у книзі «Економіка продуктивності» (The Performance Economy, 2006) [40].

Значний внесок у розвиток концепції циркулярної економіки зробили американський архітектор Вільям МакДоно та німецький хімік Міхаель Браунгарт, які у 2002 році опублікували книгу «Від колиски до колиски: переосмислення способу виробництва речей» (Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things). На противагу традиційній моделі «від колиски до могили» (cradle to grave), автори запропонували концепцію, в якій продукти проектуються таким чином, щоб після закінчення терміну їх служби вони могли стати

«поживою» для нових продуктів – або як «біологічні поживні речовини», що безпечно повертаються в навколишнє середовище, або як «технічні поживні речовини», що циркулюють у замкнених промислових циклах без втрати якості [32].

Сучасне розуміння циркулярної економіки значною мірою сформувалося завдяки діяльності Фонду Еллен МакАртур (Ellen MacArthur Foundation), заснованого у 2010 році. Фонд визначає циркулярну економіку як системне рішення для вирішення глобальних викликів, таких як зміна клімату, втрата біорізноманіття, утворення відходів та забруднення навколишнього середовища. Згідно з підходом Фонду, циркулярна економіка базується на трьох принципах, що визначаються дизайном: ліквідація відходів та забруднення, циркуляція продуктів і матеріалів (при їх найвищій цінності) та регенерація природи [18].

Перший принцип – ліквідація відходів та забруднення – передбачає проектування продуктів, матеріалів та інфраструктури таким чином, щоб вони поверталися в економіку після використання. Хоча переробка є важливим кроком, проектування речей з самого початку для циркулярної системи дозволяє запобігти утворенню відходів взагалі. Це вимагає фундаментального перегляду підходів до дизайну продукції, управління ланцюгами постачання та моделей споживання.

Другий принцип – циркуляція продуктів і матеріалів – реалізується через підтримку, повторне використання та відновлення продуктів. Якщо продукти більше не можуть використовуватися, їх можна розібрати, переробити та, як крайній захід, утилізувати. Біологічні продукти можуть бути компостовані для повернення в природу. Таким чином, обмежені матеріали залишаються в економічному обороті якомога довше, зменшуючи потребу у видобутку первинних ресурсів.

Третій принцип – регенерація природи – означає перехід від моделі, що лише мінімізує шкоду, до моделі, що активно відновлює природні системи. Циркулярна економіка підтримує природні процеси, дозволяючи земельним і водним ресурсам відновлюватися та процвітати. Цей принцип визнає, що

економіка є підсистемою природного середовища і не може функціонувати ізольовано від нього [17].

Важливим елементом концептуального апарату циркулярної економіки є принципи ієрархії поводження з ресурсами та відходами. Найбільш відомою є модель «3R», що включає скорочення (Reduce), повторне використання (Reuse) та переробку (Recycle). Ця модель, витoki якої можна простежити ще до 1970-х років, встановлює пріоритетність дій: насамперед слід скорочувати споживання ресурсів, потім повторно використовувати продукти та матеріали, і лише в останню чергу вдаватися до переробки.

З часом модель «3R» була розширена до більш комплексних систем. Зокрема, професор сталого підприємництва та колишній міністр довкілля Нідерландів Жаклін Крамер розробила «принцип 10R», який охоплює весь життєвий цикл продукту від початкового дизайну: Refuse (відмова), Rethink (переосмислення), Reduce (скорочення), Reuse (повторне використання), Repair (ремонт), Refurbish (відновлення), Remanufacture (повторне виробництво), Repurpose (перепрофілювання), Recycle (переробка) та Recover (відновлення енергії). Ця ієрархія встановлює пріоритетність стратегій: чим раніше в ланцюжку застосовується захід, тим більший його внесок у циркулярність економіки.

Концепція циркулярної економіки інтегрує елементи низки суміжних теоретичних підходів. Промислова екологія (industrial ecology) забезпечує системний підхід до розуміння матеріальних та енергетичних потоків у промислових системах, акцентуючи увагу на взаємозв'язках між різними виробничими процесами та можливостях створення промислового симбіозу, коли відходи одного підприємства стають ресурсом для іншого. Біомімікрія пропонує наслідувати природні процеси та системи при проектуванні промислових процесів та продуктів. «Блакитна економіка» (Blue Economy) Гюнтера Паулі доводить, що бізнес-моделі, засновані на принципах природних екосистем, можуть бути не лише екологічно, а й економічно ефективними.

В українській науковій літературі існують різноманітні підходи до визначення сутності циркулярної економіки. Черевко Г.В. визначає циркулярну економіку як «економічну концепцію і модель економіки, за якої продукти, матеріали та сировина залишаються в економіці якомога довше, а утворення відходів мінімізується, раціоналізуючи використання ресурсів та обмежуючи негативний вплив на навколишнє природне середовище як єдине на нашій планеті джерело ресурсів» [6]. Зварич І.Я. розглядає циркулярну економіку як «модель економічного розвитку, спрямовану на підтримку сталого зростання без завдання шкоди навколишньому середовищу та підвищення ролі соціальних орієнтирів розвитку суспільства» [2].

Узагальнюючи різноманітні підходи до визначення циркулярної економіки, можна виділити дев'ять основних напрямків її інтерпретації: як розділ економіки, парадигма, стратегія, модель, система, екологічна можливість, технологія рециклінгу, інструмент «зеленої» економіки та вид господарської діяльності. Кожен з цих підходів акцентує увагу на певних аспектах циркулярної економіки, разом формуючи комплексне розуміння цієї концепції.

Циркулярна економіка глибоко взаємопов'язана з концепцією сталого розвитку та узгоджується із 17 Цілями сталого розвитку ООН. Зокрема, вона безпосередньо сприяє досягненню Цілі 12 «Відповідальне споживання та виробництво», а також має значний потенціал для реалізації цілей у сферах чистої енергії, сталої промисловості та інновацій, сталих міст та громад, боротьби зі зміною клімату та збереження морських та наземних екосистем.

Важливою характеристикою циркулярної економіки є її розгляд як частини Четвертої промислової революції. Цифровізація, автоматизація процесів, розвиток Інтернету речей та штучного інтелекту створюють нові можливості для відстеження матеріальних потоків, оптимізації використання ресурсів та забезпечення прозорості ланцюгів постачання. Ці технологічні інновації є критично важливими для практичної реалізації принципів циркулярної економіки в глобальному масштабі.

Окремим напрямком розвитку концепції є циркулярна біоекономіка, яка поєднує принципи циркулярної економіки з використанням відновлюваних біологічних ресурсів. Ця інноваційна концепція спрямована на максимізацію цінності, отриманої з біомаси, при одночасній мінімізації утворення відходів, заохоченні ефективного використання ресурсів та сприянні сталому розвитку. Валоризація відходів та каскадне використання біомаси є ключовими стратегіями циркулярної біоекономіки.

Циркулярне будівництво є ще одним важливим секторальним напрямком циркулярної економіки, що втілює принципи сталого розвитку, ефективного використання ресурсів і зменшення відходів у будівельній промисловості. Враховуючи, що будівельна галузь є одним з найбільших споживачів природних ресурсів та джерел відходів, впровадження циркулярних принципів у цьому секторі має значний потенціал для досягнення глобальних цілей сталого розвитку.

Реалізація принципів циркулярної економіки вимагає впровадження інноваційних бізнес-моделей, що відрізняються від традиційних моделей, орієнтованих на продаж продукції. Серед ключових циркулярних бізнес-моделей можна виділити: продаж послуг замість товарів (product-as-a-service), де споживач платить за використання продукту, а не за його володіння; моделі спільного використання (sharing economy); моделі продовження життєвого циклу продукту через ремонт, відновлення та модернізацію; моделі повернення ресурсів через переробку та повторне використання матеріалів.

Економічні переваги циркулярної економіки є багатовимірними. По-перше, вона дозволяє значно скоротити залежність від імпортованих ресурсів та енергоносіїв, що є критично важливим для забезпечення економічної безпеки країн. По-друге, циркулярна економіка створює нові робочі місця в секторах ремонту, відновлення, переробки та повторного використання. По-третє, вона стимулює інновації та технологічний розвиток, оскільки потребує нових підходів до проектування продукції та організації виробничих процесів. По-четверте,

циркулярна модель підвищує конкурентоспроможність підприємств через зниження витрат на сировину та управління відходами.

Водночас перехід до циркулярної економіки пов'язаний з низкою викликів та бар'єрів. До них належать: необхідність значних початкових інвестицій у нові технології та інфраструктуру; потреба в зміні споживчих звичок та підвищенні екологічної свідомості; складність координації дій різних учасників ланцюгів постачання; недостатність регуляторної підтримки та економічних стимулів; технічні обмеження щодо переробки та повторного використання окремих матеріалів. Подолання цих бар'єрів вимагає комплексних зусиль з боку держави, бізнесу та суспільства.

Важливим аспектом циркулярної економіки є її вплив на міжнародні логістичні ланцюги постачання. Традиційні логістичні системи були оптимізовані для лінійної моделі економіки, забезпечуючи ефективне переміщення товарів від виробника до споживача. Перехід до циркулярної моделі вимагає докорінної трансформації логістичних процесів, включаючи організацію зворотних потоків матеріалів, створення інфраструктури для збору та сортування вторинних ресурсів, розвиток систем відстеження життєвого циклу продукції.

Концепція зворотної логістики (reverse logistics) стає ключовим елементом циркулярних ланцюгів постачання. Вона охоплює процеси планування, реалізації та контролю ефективного та економічно обґрунтованого потоку сировини, напівфабрикатів, готової продукції та пов'язаної інформації від точки споживання до точки походження з метою повернення цінності або належної утилізації. Інтеграція зворотної логістики в загальну стратегію управління ланцюгами постачання є необхідною умовою успішного впровадження принципів циркулярної економіки.

Глобалізація економіки створює як можливості, так і виклики для впровадження циркулярних принципів у міжнародній логістиці. З одного боку, глобальні ланцюги постачання дозволяють оптимізувати використання ресурсів у світовому масштабі, забезпечуючи переміщення вторинних матеріалів до місць

їх найефективнішого використання. З іншого боку, складність та географічна розпорошеність глобальних ланцюгів ускладнює організацію зворотних потоків та контроль за дотриманням екологічних стандартів на всіх етапах виробничого циклу.

Таким чином, циркулярна економіка є комплексною концепцією, що еволюціонувала протягом останніх шести десятиліть від теоретичних ідей про обмеженість ресурсів до практичних моделей організації економічної діяльності. Її концептуальні засади базуються на принципах ліквідації відходів та забруднення, циркуляції продуктів і матеріалів та регенерації природних систем. Циркулярна економіка інтегрує досягнення промислової екології, біомімікрії, концепції «Від колиски до колиски» та інших суміжних підходів, формуючи цілісну альтернативу традиційній лінійній моделі економічного розвитку. Розуміння сутності та концептуальних засад циркулярної економіки є необхідною передумовою для дослідження можливостей її впровадження в міжнародних логістичних ланцюгах постачання.

Циркулярна економіка базується на трьох ключових принципах, які визначають її сутність та відрізняють від традиційної лінійної моделі [22, 13].

Відповідно таблиці 1.1, кожен принцип (наприклад, замкнуті цикли, повторне використання, відновлення ресурсів) має свій логістичний вимір: які саме потоки організовуються, які операції виконуються та який очікуваний ефект це дає для стійкості ланцюга (менше відходів, більше повернень, нижчі викиди).

Перший принцип полягає у збереженні та примноженні природного капіталу шляхом контролю над обмеженими ресурсами та балансування потоків відновлюваних ресурсів. Це передбачає мінімізацію використання невідновлюваних ресурсів та максимізацію застосування відновлюваних альтернатив. Другий принцип фокусується на оптимізації використання ресурсів через циркуляцію продуктів, компонентів та матеріалів на найвищому рівні корисності в технічному та біологічному циклах [12].

Принцип циркулярної економіки

Принцип циркулярної економіки	Логістичний вимір (прояв у ланцюгах постачання)	Типові логістичні операції
Замкнуті матеріальні цикли	Організація зворотних потоків продукції та тари	Reverse logistics, повернення упаковки, backhaul
Продовження життєвого циклу продукції	Логістика ремонтів, відновлення, ремануфактуринг	Збір уживаної продукції, доставка на ремонтні центри
Відновлення ресурсів	Логістика переробки та утилізації	Перевезення відходів до переробних потужностей
Спільне використання/сервітизація	Перехід від продажу товару до логіки «продукт-як-послуга»	Логістика лізингу, шерингу, пулінг тари

Джерело: [11; 18].

Технічний цикл включає процеси відновлення, ремонту, повторного використання, рециклінгу та апсайклінгу промислових матеріалів. Біологічний цикл охоплює повернення поживних речовин в природні екосистеми через процеси компостування та біологічного розкладання. Третій принцип передбачає підвищення ефективності системи шляхом виявлення та усунення негативних зовнішніх ефектів, таких як забруднення повітря, води та ґрунту, викиди парникових газів, використання токсичних речовин тощо [2]. Це досягається через впровадження принципів екодизайну, використання безпечних матеріалів та створення систем, які мінімізують утворення відходів на всіх етапах життєвого циклу продукту [11].

Перехід до циркулярної економіки вимагає трансформації традиційних бізнес-моделей та створення нових підходів до генерування вартості [10, 11]. Дослідження виділяють п'ять основних моделей циркулярного бізнесу, кожна з яких реалізує принципи циркулярності по-різному. Модель циркулярного постачання передбачає заміну традиційних ресурсів на повністю відновлювані, рецикльовані або біорозкладні матеріали. Ця модель особливо актуальна для галузей з високою залежністю від дефіцитних матеріалів [24]. Модель відновлення ресурсів зосереджена на утилізації відходів одного виробничого процесу як сировини для іншого, що може включати енергетичну утилізацію,

біологічну переробку органічних відходів або промислового симбіозу [22]. Модель подовження життєвого циклу продукту спрямована на максимізацію тривалості використання товарів через проектування довговічних виробів, надання послуг з ремонту, модернізації та технічного обслуговування [9]. Модель спільного використання базується на максимізації використання продуктів через їх спільне споживання кількома користувачами, включаючи платформи шерингової економіки, системи каршерингу, оренду інструментів та обладнання. Модель «продукт як послуга» передбачає перехід від продажу товарів до надання послуг, коли виробник зберігає право власності на продукт та отримує дохід від його використання [10]. Така модель стимулює виробників створювати довговічні, легко ремонтовані та модернізовані продукти, оскільки вони залишаються відповідальними за них протягом усього життєвого циклу.

1.2. Глобальні тренди та регуляторно-правові засади розвитку циркулярної економіки

Розвиток циркулярної економіки на глобальному рівні характеризується формуванням комплексної нормативно-правової бази, створенням міжнародних ініціатив та зростанням інвестицій у циркулярні рішення [36, 18]. Європейський Союз посідає провідну роль у цьому процесі, встановлюючи амбітні цілі та створюючи регуляторні рамки для переходу до циркулярної економіки.

Розвиток циркулярної економіки у глобальному вимірі відбувається в умовах посилення екологічних обмежень, загострення проблеми виснаження природних ресурсів та актуалізації цілей сталого розвитку. Циркулярна модель господарювання поступово формується як альтернатива традиційній лінійній парадигмі «вилучення ресурсів – виробництво – споживання – утилізація», що виявила свою екологічну та економічну вразливість в умовах зростання обсягів відходів, кліматичних ризиків і нестабільності світових ринків сировини. На сучасному етапі циркулярна економіка розглядається не лише як інструмент зменшення негативного впливу на довкілля, але й як стратегічний напрям

підвищення конкурентоспроможності національних економік, формування нових бізнес-моделей та розширення можливостей для інноваційного розвитку. Її інституціоналізація супроводжується формуванням комплексної нормативно-правової бази, розробленням цільових стратегій, планів дій і програм підтримки, а також створенням міжнародних платформ співпраці, орієнтованих на поширення кращих практик і гармонізацію підходів до впровадження принципів замкнених матеріальних циклів.

У цьому контексті Європейський Союз виступає одним із центральних акторів, який задає високі стандарти регулювання та фактично формує глобальний орієнтир для інших країн. Політика ЄС у сфері циркулярної економіки розвивається в рамках «зеленої» трансформації європейської економіки і тісно пов'язана з реалізацією Європейського зеленого курсу. Прийнятий у 2015 р. План дій з циркулярної економіки заклав системні засади переходу до замкнених циклів, охопивши всі стадії життєвого циклу продукції – від проектування та вибору матеріалів до організації споживання, повернення, ремонту, повторного використання й переробки. Особливу увагу в ньому було приділено секторам із високим ресурсним навантаженням і значними обсягами відходів, зокрема пластмасам, харчовим відходам, будівництву, використанню критичної сировини, біомаси та біопродуктів. Запропоновані заходи передбачали вдосконалення системи управління відходами, розвиток ринку вторинних матеріалів, стимулювання екодизайну та створення умов для розширення відповідальності виробника, що безпосередньо впливає на конфігурацію ланцюгів постачання та логістичну інфраструктуру.

Подальший етап розвитку політики ЄС пов'язаний з ухваленням у 2020 р. оновленого Плану дій з циркулярної економіки, який було інтегровано до Європейського зеленого курсу як один із ключових блоків кліматично-нейтральної економічної моделі. У цьому документі було суттєво посилено цілі щодо підвищення рівня циркулярного використання матеріалів, скорочення споживання первинних ресурсів і зменшення негативного впливу продукції на довкілля протягом усього життєвого циклу. Окремі ініціативи

спрямовуються на запровадження обов'язкових вимог до сталого проектування товарів, підвищення їхньої ремонтпридатності, довговічності та можливості повторного використання, розширення практик повторного перероблення упаковки та зменшення частки одноразових виробів. Значну увагу приділено праву споживачів на ремонт, посиленню інформаційної прозорості щодо екологічних характеристик продукції, а також удосконаленню механізмів розширеної відповідальності виробника, які зобов'язують компанії враховувати витрати на збирання, переробку й утилізацію своєї продукції в межах ланцюга постачання.

Для країн, що інтегруються до європейського економічного простору, зазначені документи відіграють роль не лише внутрішнього регулятора ЄС, а й зовнішнього орієнтира, оскільки їхні положення поступово переносяться в систему технічного регулювання, митних вимог, стандартів якості та екологічних критеріїв доступу на ринок. Це означає, що глобальні тренди циркулярної економіки прямо впливають на параметри міжнародних ланцюгів постачання: підприємства вимушені адаптувати логістичні процеси до вимог простежуваності, підвищувати частку вторинних матеріалів у продукції та упаковці, організовувати системи збору та повернення товарів, впроваджувати цифрові рішення для моніторингу матеріальних потоків і оцінки їхнього впливу на довкілля.

У грудні 2015 року Європейська Комісія прийняла перший План дій щодо циркулярної економіки, який визначив стратегічні напрями переходу до циркулярної моделі. План охоплював весь життєвий цикл продуктів: від проектування та виробництва до споживання, ремонту та повторного використання [13]. Особлива увага приділялася ключовим секторам економіки, таким як пластмаси, харчові відходи, критично важливі сировинні матеріали, будівництво, біомаса та біопродукти. У березні 2020 року ЄС представив оновлений План дій щодо циркулярної економіки як один з основних блоків Європейського зеленого курсу [13]. Новий план є більш амбітним та комплексним, встановлюючи конкретні цілі щодо зменшення споживання

ресурсів та подвоєння показника циркулярного використання матеріалів до 2030 року. План передбачає законодавчі ініціативи щодо сталого проектування продуктів, права на ремонт, розширеної відповідальності виробника та боротьби з передчасним виходом товарів з ладу.

Нідерланди стали першою країною, що прийняла комплексну національну програму циркулярної економіки у 2016 році з амбітною метою досягти повністю циркулярної економіки до 2050 року [13]. Проміжна ціль передбачає скорочення використання первинних сировинних матеріалів на 50% до 2030 року. Голландська стратегія фокусується на п'яти пріоритетних секторах: біомаса та продукти харчування, пластмаси, виробництво, будівництво та споживчі товари. Франція прийняла Дорожню карту циркулярної економіки у 2018 році, яка включає 50 заходів у чотирьох основних напрямках: краще виробництво, краще споживання, краще управління відходами та мобілізація всіх учасників [13]. Закон про боротьбу з відходами та циркулярну економіку від 2020 року встановлює конкретні цілі, включаючи заборону знищення непроданих непродовольчих товарів та впровадження системи депозиту для пластикових пляшок.

Німеччина розвиває концепцію циркулярної економіки через Національну програму ресурсоефективності та Закон про економіку замкнутого циклу [12]. Особлива увага приділяється промисловій симбіозі, розширеній відповідальності виробників та створенню індустріальних парків, що функціонують за принципами циркулярності. Німецький досвід демонструє важливість тісної співпраці між промисловістю, науковими установами та державою. Китай впровадив Закон про заохочення циркулярної економіки ще у 2009 році, ставши першою країною з національним законодавством у цій сфері [12]. Китайський підхід характеризується масштабними пілотними проектами в промислових зонах, еко-містах та сільськогосподарських регіонах. Дванадцятий та Тринадцятий п'ятирічні плани Китаю включали конкретні цілі щодо розвитку циркулярної економіки, що призвело до значного прогресу в рециклінгу, енергоефективності та зменшенні забруднення.

Глобальний альянс циркулярної економіки та ефективності використання ресурсів, запущений на Всесвітньому економічному форумі у 2017 році, об'єднує уряди, бізнес та міжнародні організації для прискорення переходу до циркулярної економіки [18]. Альянс сприяє обміну знаннями, розробці політичних рекомендацій та мобілізації інвестицій у циркулярні рішення. Міжнародна організація зі стандартизації розробила низку стандартів, що підтримують принципи циркулярної економіки [28]. Стандарт ISO 14001 щодо систем екологічного управління, ISO 14040 та ISO 14044 щодо оцінки життєвого циклу продукції, а також ISO 59000 серія стандартів з циркулярної економіки, що перебуває в розробці, створюють методологічну базу для впровадження циркулярних практик на підприємствах. Програма ООН з навколишнього середовища активно просуває принципи циркулярної економіки через ініціативу «Lifecycle Initiative», яка надає методологічні інструменти та технічну підтримку країнам у впровадженні підходів, заснованих на оцінці життєвого циклу [18]. Цілі сталого розвитку ООН, зокрема ціль 12 щодо відповідального виробництва та споживання, безпосередньо пов'язані з принципами циркулярної економіки.

1.3 Теоретичні підходи до впровадження циркулярної економіки у міжнародні логістичні ланцюги постачання

Логістика відіграє ключову роль у переході до циркулярної економіки, оскільки саме логістичні системи забезпечують фізичне переміщення матеріалів, продуктів та ресурсів у межах циркулярних ланцюгів створення вартості [16, 23]. Трансформація традиційних лінійних ланцюгів постачання в циркулярні системи вимагає переосмислення базових логістичних концепцій та розробки нових теоретичних підходів.

Концепція замкнутих ланцюгів постачання є фундаментальною теоретичною основою для впровадження принципів циркулярної економіки в логістику [25, 7]. На відміну від традиційних прямих ланцюгів постачання, які закінчуються споживанням продукту, замкнені ланцюги включають зворотні

потоки, що забезпечують повернення використаних продуктів, компонентів або матеріалів назад у виробничий цикл. Теоретична модель замкнутих ланцюгів постачання включає три основні фази: прямий потік, використання продукту та зворотний потік [25]. Прямий потік охоплює традиційні логістичні процеси від постачальників через виробництво до кінцевого споживача. Фаза використання продукту включає період експлуатації, технічного обслуговування та потенційного ремонту. Зворотний потік забезпечує збір використаних продуктів, їх сортування, оцінку стану та спрямування на відповідні процеси відновлення [8].

Важливим аспектом теорії замкнутих ланцюгів є концепція варіантів відновлення вартості, які включають пряме повторне використання, ремонт, відновлення, рециклінг та енергетичну утилізацію [38]. Вибір оптимального варіанту залежить від технічного стану продукту, економічної доцільності різних опцій та екологічних наслідків кожного процесу. Ієрархія відновлення вартості передбачає пріоритетність варіантів, що зберігають найбільшу цінність продукту.

Зворотна логістика становить критично важливий компонент циркулярних ланцюгів постачання, забезпечуючи ефективне управління потоками продукції від кінцевого споживача назад до виробника або переробника [8, 6]. Теоретичні основи зворотної логістики охоплюють планування мережі збору, оптимізацію транспортних маршрутів, управління запасами повернених товарів та координацію між різними учасниками процесу. Ключовою теоретичною проблемою зворотної логістики є невизначеність, яка виникає на кількох рівнях [8]. По-перше, існує невизначеність щодо часу та місця повернення продуктів, оскільки споживачі приймають рішення про повернення незалежно та непередбачувано. По-друге, спостерігається невизначеність щодо кількості та якості повернених продуктів, що ускладнює планування процесів відновлення. По-третє, існує невизначеність щодо попиту на відновлені продукти та рецикльовані матеріали.

Для управління цією невизначеністю розроблені різні теоретичні підходи [8]. Стохастичні моделі запасів адаптують класичні моделі управління запасами до специфіки зворотних потоків, враховуючи випадковий характер повернень. Динамічні моделі маршрутизації оптимізують збір продуктів з урахуванням змінних умов та обмежень. Моделі прогнозування повернень використовують історичні дані та характеристики продуктів для оцінки майбутніх обсягів.

Циркулярний дизайн ланцюгів постачання передбачає системний підхід до проектування логістичних мереж з урахуванням принципів циркулярної економіки на етапі планування [16, 32]. Це включає не лише додавання зворотних потоків до існуючих ланцюгів, а й фундаментальне переосмислення структури та функціонування всієї логістичної системи. Теоретична модель циркулярного дизайну ланцюгів постачання базується на інтеграції прямих та зворотних потоків на всіх рівнях прийняття рішень: стратегічному, тактичному та операційному [16]. На стратегічному рівні визначається структура мережі, включаючи розміщення виробничих потужностей, центрів відновлення, пунктів збору та розподільчих центрів. Тактичний рівень охоплює планування виробництва, управління запасами та розподіл ресурсів між різними процесами. Операційний рівень включає щоденне прийняття рішень щодо маршрутизації, завантаження потужностей та обробки повернень.

Важливим аспектом циркулярного дизайну є концепція модульності та стандартизації [9]. Модульний дизайн продуктів та упаковки спрощує процеси розбирання, ремонту та рециклінгу, що підвищує ефективність зворотних логістичних операцій. Стандартизація компонентів та матеріалів створює можливості для міжгалузевого обміну ресурсами та розвитку вторинних ринків.

Цифровізація логістичних процесів відкриває нові можливості для впровадження принципів циркулярної економіки [37, 31, 15]. Інтернет речей дозволяє відстежувати продукти протягом усього життєвого циклу, збирати дані про умови експлуатації та прогнозувати необхідність технічного обслуговування [37]. Блокчейн-технології забезпечують прозорість ланцюгів постачання та достовірність інформації про походження матеріалів та історію продуктів [15].

Штучний інтелект та машинне навчання знаходять застосування в оптимізації процесів зворотної логістики, прогнозуванні повернень, автоматизації сортування та оцінки стану повернених продуктів [31]. Великі дані дозволяють аналізувати складні патерни в циркулярних ланцюгах постачання, виявляти можливості для покращення та приймати обґрунтовані рішення на основі актуальної інформації [31]. Цифрові платформи створюють нові можливості для координації між учасниками циркулярних ланцюгів постачання, сприяють розвитку вторинних ринків та платформ спільного використання. Технології цифрових двійників дозволяють моделювати та оптимізувати циркулярні потоки до їх фізичної реалізації, зменшуючи ризики та підвищуючи ефективність.

Теоретичні основи створення економічної вартості в циркулярних ланцюгах постачання суттєво відрізняються від традиційних лінійних моделей [6]. Вартість у циркулярній економіці генерується не лише на етапі первинного виробництва та продажу, але й через процеси відновлення, повторного використання та рециклінгу. Це створює множинні точки генерування доходів протягом продовженого життєвого циклу продукту [10]. Економічна модель циркулярних ланцюгів постачання базується на балансі між витратами на організацію зворотних потоків та вигодами від відновлення цінності продуктів і матеріалів. Ключовими факторами економічної ефективності є масштаб операцій, ефективність процесів відновлення, якість повернених продуктів та попит на відновлені товари або рецикльовані матеріали. Важливим теоретичним аспектом є концепція спільної вартості, коли різні учасники ланцюга постачання отримують вигоди від впровадження циркулярних практик [23]. Це може включати економію на матеріалах для виробників, зниження цін для споживачів, нові можливості для бізнесу в сфері відновлення та переробки, а також екологічні вигоди для суспільства в цілому.

Успішне функціонування циркулярних ланцюгів постачання вимагає тісної співпраці між усіма учасниками: виробниками, дистриб'юторами, роздрібними продавцями, споживачами, збирачами відходів, переробниками та регуляторними органами [26, 23]. Теорія координації в циркулярних ланцюгах

розглядає механізми узгодження інтересів та дій різних учасників для досягнення спільних цілей. Ключовим викликом є подолання конфлікту інтересів між учасниками ланцюга [23]. Виробники можуть бути зацікавлені в продажу нових продуктів, тоді як циркулярність вимагає подовження терміну служби існуючих. Роздрібні продавці можуть не бачити безпосередньої вигоди від організації систем повернення. Споживачі можуть бути не мотивовані повертати використані продукти без відповідних стимулів. Теоретичні підходи до вирішення проблем координації включають розробку контрактних механізмів, що узгоджують інтереси учасників, створення систем спільного використання інформації, впровадження схем розподілу витрат та вигод, а також розвиток довгострокових партнерських відносин на основі взаємної довіри та спільних цінностей сталого розвитку [16, 23].

Висновки до першого розділу

1. Циркулярна економіка являє собою принципово нову парадигму економічного розвитку, що базується на трьох фундаментальних принципах: збереження та примноження природного капіталу, оптимізація використання ресурсів через циркуляцію матеріалів та підвищення ефективності системи шляхом усунення негативних зовнішніх ефектів. Еволюція концепції від ранніх робіт 1970-х років до сучасних комплексних підходів демонструє зростання розуміння необхідності системної трансформації економічних моделей.

2. Глобальні тенденції розвитку циркулярної економіки характеризуються формуванням потужної нормативно-правової бази, особливо в Європейському Союзі, де циркулярність стала одним з ключових елементів Європейського зеленого курсу. Національні стратегії провідних країн світу демонструють різноманітність підходів до впровадження циркулярних принципів, проте всі вони об'єднані спільною метою досягнення більш сталої та ресурсоефективної економіки. Теоретичні підходи до впровадження циркулярної економіки в логістику охоплюють широкий спектр концепцій, від замкнених ланцюгів

постачання та зворотної логістики до циркулярного дизайну мереж та цифрових технологій. Ключовим викликом залишається управління невизначеністю, властивою зворотним потокам, та забезпечення ефективної координації між різноманітними учасниками циркулярних ланцюгів.

3. Успішне впровадження циркулярних принципів у логістику вимагає інтеграції економічних, екологічних та соціальних аспектів. Економічна ефективність циркулярних ланцюгів постачання досягається через множинні точки створення вартості протягом продовженого життєвого циклу продуктів, проте це вимагає значних початкових інвестицій та зміни традиційних бізнес-моделей. Цифрові технології відіграють критично важливу роль у реалізації потенціалу циркулярної логістики, забезпечуючи прозорість, відстежуваність та оптимізацію потоків матеріалів і продуктів.

РОЗДІЛ 2 СУЧАСНИЙ СТАН ТА ВИКЛИКИ ІМПЛЕМЕНТАЦІЇ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ В МІЖНАРОДНИХ ЛОГІСТИЧНИХ ЛАНЦЮГАХ

2.1 Рівень застосування принципів циркулярної економіки в міжнародних логістичних ланцюгах постачання

Сучасний етап розвитку глобальної економіки характеризується поступовим переходом від традиційної лінійної моделі виробництва та споживання до циркулярної економічної парадигми. Цей процес особливо активно проявляється у сфері міжнародної логістики, де принципи циркулярності набувають дедалі більшого значення для забезпечення сталого розвитку глобальних ланцюгів постачання. За даними дослідження Ellen MacArthur Foundation, світова економіка станом на 2024 рік є лише на 7,2% циркулярною, що свідчить про зниження показника з 9,1% за останні п'ять років, спричинене переважно зростанням видобутку первинних матеріалів [15].

Аналіз сучасного стану впровадження принципів циркулярної економіки у міжнародних логістичних ланцюгах демонструє значну регіональну диференціацію. Європейський Союз залишається беззаперечним лідером у цьому напрямку, де рівень впровадження циркулярних практик досягає 38% серед провідних компаній. Регіон Азійсько-Тихоокеанського басейну демонструє показник у 27%, тоді як Північна Америка охоплює приблизно 19% ринку циркулярних логістичних рішень [11]. Така географічна варіація створює різні можливості для бізнесу, що оперує на міжнародних ринках.

Ринок циркулярної економіки демонструє стійке та динамічне зростання. За оцінками провідних аналітичних агентств, глобальний ринок циркулярної економіки у 2023 році оцінювався у 556 млрд доларів США і прогнозується досягти 1323,5 млрд доларів США до 2030 року із середньорічним темпом зростання (CAGR) 13,2% [17]. Це свідчить про значний потенціал для подальшого розвитку циркулярних логістичних рішень та їх глибокої інтеграції у глобальні ланцюги постачання.

Важливим індикатором розвитку циркулярної економіки є ринок реверсивної логістики, який є ключовим елементом циркулярної моделі. Глобальний ринок реверсивної логістики оцінювався у 768,6 млрд доларів США у 2023 році та прогнозується зрости до 1166,8 млрд доларів США до 2032 року із CAGR 4,8% [14]. Північна Америка домінує на цьому ринку з часткою 48,72% у 2023 році, що пояснюється розвиненою інфраструктурою електронної комерції та високим рівнем повернень товарів.

Таблиця 2.1

Динаміка розвитку глобального ринку циркулярної економіки та суміжних секторів

Сегмент ринку	2023 р., млрд дол. США	2030-32 р., млрд дол. США	CAGR, %	Лідер
Циркулярна економіка	556,0	1323,5	13,2	ЄС
Реверсивна логістика	768,6	1166,8	4,8	США
Цифрова циркулярна економіка	2,8	8,4	20,2	США
Зелена логістика, трлн	1,16	2,5	9,5	ЄС

Джерело: узагальнено на основі [14; 35].

Як свідчать дані таблиці 2.1, найдинамічніше зростання демонструє сегмент цифрової циркулярної економіки із CAGR 20,2%, що пояснюється активним впровадженням технологій штучного інтелекту, блокчейну та Інтернету речей (IoT) у процесі управління ланцюгами постачання. Загальний обсяг ринку зеленої логістики досяг 1,16 трлн дол. США у 2023 році, що підкреслює масштаб трансформаційних процесів у галузі.

Рівень застосування циркулярних принципів у корпоративному секторі демонструє неоднорідну картину. За даними дослідження Fortune 500, близько 64% виробничих компаній зі списку впроваджують циркулярні принципи у свої основні операції [32]. Водночас аналіз USA Circularity Index 2024 показує, що лише 35% компаній зі списку Fortune 100 активно трансформують свої

організації з лінійних на циркулярні моделі, а тільки 5% компаній встановили конкретні цільові дати для досягнення цілей циркулярної економіки [37].

Особливу роль у впровадженні циркулярних принципів відіграє автомобільний сектор, який інвестував понад 127 млрд дол. США у циркулярні ініціативи починаючи з 2023 року, зосереджуючись на моделях «транспортний засіб як послуга» та ремануфактурингу компонентів [11]. Компанії BMW та Ford активно впроваджують принципи циркулярного дизайну для мінімізації відходів, забезпечуючи можливість повторного використання або переробки матеріалів.

Економічні переваги впровадження циркулярних стратегій є суттєвими. Дослідження демонструють, що компанії, які впроваджують стратегії циркулярної економіки, досягають середнього зростання маржі прибутку на 23% протягом перших трьох років [11]. Ellen MacArthur Foundation прогнозує, що циркулярні бізнес-моделі можуть генерувати 1 трлн дол. США економії матеріалів щорічно до 2030 року, одночасно створюючи 100 тис нових робочих місць.

Таблиця 2.2

Показники циркулярності матеріалів (CMUR) у країнах-лідерах ЄС (2024 р.)

Країна	CMUR, %	Зміна з 2010 р., в.п.	Рейтинг ЄС
Нідерланди	28,3	+6,2	1
Бельгія	23,1	+8,4	2
Італія	21,6	+10,2	3
Естонія	20,8	+11,5	4
Франція	19,3	+4,8	5
Німеччина	13,4	+2,1	8
Середнє по ЄС-27	12,2	+1,5	–

Джерело: складено автором на основі [38].

Аналіз даних таблиці 2.2 демонструє значну диференціацію між країнами-членами ЄС щодо рівня циркулярності економіки. Нідерланди та Бельгія вже

досягли показників, що перевищують цільовий рівень ЄС на 2030 рік (24%), що свідчить про досяжність таких показників за умови цілеспрямованої політики та системних інвестицій. Найбільший відносний приріст CMUR продемонстрували Латвія, Хорватія та Мальта, які більш ніж утричі збільшили свої показники за період 2010-2024 років.

Європейський Союз встановив важливі цілі щодо підвищення циркулярності економіки в рамках Плану дій з циркулярної економіки та Чистої промислової угоди. Показник циркулярного використання матеріалів (CMUR) у ЄС станом на 2024 рік становить 12,2%, що є збільшенням на 1,5 в.п. порівняно з 2010 роком [38]. Метою ЄС є подвоєння цього показника до 24% до 2030 року, однак поточний прогрес є недостатнім для досягнення цієї амбітної мети.

У контексті міжнародних логістичних ланцюгів постачання ключову роль відіграє реверсивна логістика – процес управління зворотним потоком товарів від кінцевого споживача до виробника або дистриб'ютора для ремонту, відновлення, переробки або утилізації. За даними опитування Maersk 2024 року серед понад 500 глобальних логістичних керівників, циркулярна економіка посідає 9-те місце серед топ-15 трендів у логістиці [39].

Прогнози щодо зростання обсягів відходів підкреслюють актуальність циркулярних рішень. Очікується, що обсяг відходів у світі досягне 2,59 млрд тонн до 2030 року із зростанням на 30% до 2050 року [39]. Без збільшення циркулярності та при збереженні поточних рівнів споживання, за розрахунками Всесвітньої ради бізнесу зі сталого розвитку, до 2050 року знадобляться екологічні ресурси 2,3 планет.

Компанії, що диверсифікували джерела матеріалів, включаючи перероблений вміст, зазнали на 63% менше перебоїв у ланцюгах постачання під час геополітичних подій 2023-2024 років порівняно з тими, що залежали виключно від первинних матеріалів [32]. Це демонструє стратегічну цінність циркулярних практик для підвищення стійкості бізнесу. Страхові компанії пропонують зниження премій на 8-12% для компаній, що демонструють надійні практики циркулярної економіки.

Важливим аспектом є рівень впровадження принципів циркулярного дизайну в корпоративному секторі. За даними USA Circularity Index 2024, близько 50% компаній починають впроваджувати принципи циркулярного дизайну, однак лише 41% компаній комплексно враховують викиди в ланцюгах постачання [37]. Це свідчить про необхідність системного підходу до трансформації логістичних операцій та подальшого розвитку інтегрованих рішень.

Регуляторне середовище відіграє визначальну роль у прискоренні впровадження циркулярних принципів у логістичних ланцюгах. Регламент ЄС про екодизайн для сталих продуктів (ESPR) набув чинності у липні 2024 року і є цільовим підходом Європейської Комісії до більш екологічно стійких та циркулярних продуктів [40]. Директива про розширення прав споживачів для зеленого переходу забезпечує надання споживачам повної інформації про довговічність та ремонтпридатність товарів.

Серія стандартів ISO 59000 щодо циркулярної економіки, за прогнозами, досягне глобального впровадження до 2027 року, створюючи стандартизовані підходи, аналогічні системам управління якістю ISO 9001 [11]. Це сприятиме гармонізації метрик та звітності з циркулярної економіки, зменшуючи складність дотримання вимог для транснаціональних логістичних операцій.

Інвестиції венчурного капіталу у стартапи циркулярної економіки досягли 14,3 млрд дол. США у 2024 році, що становить зростання на 286% порівняно з рівнем 2022 року [32]. Цей приплив капіталу прискорює інновації у технологіях переробки, матеріалознавстві та платформах циркулярних бізнес-моделей. Компанії з сильними показниками циркулярної економіки отримують доступ до капіталу за процентними ставками на 1,2-1,8% нижчими за середні по галузі.

2.2 Обмежувальні чинники та ризики реалізації концепції циркулярної економіки в міжнародному логістичному забезпеченні

Незважаючи на зростаючий інтерес до циркулярної економіки та її потенційні переваги, впровадження циркулярних підходів у міжнародних

логістичних ланцюгах стикається із численними бар'єрами та обмеженнями системного характеру. Дослідження показують, що перехід до циркулярних бізнес-моделей відбувається повільно і не у очікуваних масштабах [31]. Ідентифікація та систематизація цих бар'єрів є критично важливою для розробки ефективних стратегій їх подолання.

Фінансові бар'єри є одними з найбільш значущих перешкод для впровадження циркулярних практик у міжнародній логістиці. Високі початкові інвестиційні витрати на створення інфраструктури реверсивної логістики, перепроєктування продуктів та впровадження нових технологій створюють значний фінансовий тягар для компаній, особливо для малого та середнього бізнесу [41]. Перенаправлення ланцюгів постачання для включення перероблених матеріалів вимагає значних капітальних вкладень та довгострокового планування. Табл.2.3.

Таблиця 2.3

Класифікація бар'єрів впровадження реверсивної логістики

Категорія	Основні прояви	Вплив на логістичні операції
Фінансові	Високі початкові інвестиції; відсутність фінансових стимулів; тривалий термін окупності; обмежений доступ до капіталу	Обмеження розвитку інфраструктури; скорочення інвестицій у нові технології; затримка модернізації
Управлінські	Недостатня увага керівництва; відсутність стратегічних планів; опір організаційним змінам	Низький пріоритет циркулярних ініціатив; фрагментарність впровадження; відсутність координації
Технологічні	Неефективні технології переробки; обмежена відстежуваність; недостатня автоматизація процесів	Низька ефективність операцій; високі операційні витрати; втрата матеріальної цінності
Інфраструктурні	Відсутність мережі збору; недостатні потужності переробки; логістичні обмеження	Неможливість масштабування; географічна обмеженість охоплення
Регуляторні	Невизначеність законодавства; суперечливі вимоги різних юрисдикцій; відсутність стандартів	Правова невизначеність; складність міжнародних операцій; ризики невідповідності
Ринкові	Низький попит на вторинні матеріали; цінова конкуренція з первинними; споживчі упередження	Обмежений ринок збуту; цінова нестабільність; низька маржинальність

Джерело: систематизовано автором на основі [31-33].

Вплив на короткострокову рентабельність є суттєвим бар'єром для багатьох компаній. Широкий спектр роздрібних продуктів та текстилю є нафтопохідними, що прив'язує вартість первинних матеріалів до цін на нафту. При порівняно низьких цінах на нафту та відсутності політичних важелів для створення стимулів до альтернативних матеріалів, підтримання лінійних систем виробництва залишається кращим фінансовим рішенням для багатьох компаній у короткостроковій перспективі [15].

Управлінські бар'єри включають недостатню увагу з боку вищого керівництва до питань реверсивної логістики та циркулярної економіки. Дослідження показують, що реверсивна логістика часто розглядається компаніями як недооцінена частина ланцюга постачання через мінімальний інтерес топ-менеджменту, недостатні часові зобов'язання та зміну функціональних пріоритетів на користь традиційних операцій [41]. Відсутність інтегрованого корпоративного дизайну ланцюга постачання, орієнтованого на реверсивну логістику, є критичним системним обмеженням.

Технологічні бар'єри проявляються у недостатньому розвитку систем відстежування та трасування товарів, що повертаються. Основні проблеми включають складність відстеження матеріалів для реверсивної логістики, оскільки після продажу продукти розсіюються серед споживачів, а децентралізована, фрагментована система відновлення перестає надавати достатні дані для виробників та дизайнерів, що ускладнює планування циркулярних поставок [15].

Бар'єри освіти та сприйняття персоналу є суттєвим обмеженням для впровадження циркулярних практик. Відсутність розуміння концепцій циркулярної економіки створює перешкоди для прогресу ініціатив всередині компаній. Існує загальне хибне уявлення, що циркулярність – це те саме, що переробка, що призводить до переконання співробітників у достатності лише переробки для створення циркулярної економіки [15]. Це обмежує впровадження більш комплексних підходів, таких як ремануфактуринг та повторне використання.

Оцінка критичності бар'єрів реверсивної логістики за галузями

Бар'єр	Автомобілі	Електроніка	Текстиль	E-commerce
Брак фінансових ресурсів	Високий	Середній	Високий	Середній
Недостатня експертиза	Середній	Високий	Високий	Середній
Слабка державна політика	Середній	Високий	Середній	Низький
Неефективні технології	Низький	Високий	Високий	Низький
Відсутність тиску громади	Низький	Середній	Низький	Високий
Складність зворотної логістики	Високий	Середній	Високий	Середній

Джерело: адаптовано на основі [42; 44]

Дані таблиці 2.4 свідчать про секторальну специфіку бар'єрів впровадження реверсивної логістики. У текстильній галузі критичними є фінансові обмеження та недостатня експертиза, що пояснюється складністю процесів переробки різних типів тканин. У секторі електроніки домінують технологічні бар'єри та недостатня державна політика щодо утилізації електронних відходів. Автомобільна галузь стикається з високою складністю організації зворотної логістики через габарити та різноманітність компонентів.

Ризики впровадження циркулярних підходів у міжнародній логістиці включають операційні, фінансові та репутаційні компоненти. Операційні ризики пов'язані з невизначеністю якості та кількості зворотних потоків матеріалів, що ускладнює планування виробництва та управління запасами. Варіабельність стану повернених товарів створює додаткові виклики для стандартизації процесів відновлення та переробки.

Репутаційні ризики набувають особливого значення в контексті зростаючої уваги споживачів до екологічності. Бренди стикаються з ризиком репутаційної шкоди від несталих практик утилізації, що робить імперативним пошук другого життя для продуктів та прозору комунікацію цих зусиль [44]. Дослідження споживачів показують, що 73% глобальних споживачів враховують екологічний вплив при прийнятті рішень про покупку, а 58% готові платити

преміальні ціни за бренди з автентичною прихильністю до циркулярної економіки [32].

Особливу увагу слід приділити ризикам, пов'язаним з міжнародними операціями та регуляторною невідповідністю. Згідно даних Європейської Комісії, 18 країн ЄС знаходяться під загрозою невиконання цільового показника переробки муніципальних відходів на рівні 55% до 2025 року; 13 країн ризикують не досягти скорочення муніципальних відходів на полігонах до 10% до 2035 року; 19 країн ризикують не виконати цільовий показник переробки пластикової упаковки 50% до 2025 року [40]. Табл.2.5

Таблиця 2.5

Ризики країн ЄС щодо досягнення цілей циркулярної економіки

Цільовий показник	Термін	Країн під загрозою
Переробка муніципальних відходів 55%	2025	18 з 27
Переробка пластикової упаковки 50%	2025	19 з 27
Переробка упаковки 65%	2025	15 з 27
Зниження полігонного захоронення до 10%	2035	13 з 27

Джерело: складено на основі [40].

Брак кваліфікованих працівників та навчання персоналу може призводити до численних помилок, що спричиняють неефективність послуг і є суттєвим викликом для зростання у секторі реверсивної логістики [45]. Необхідність інвестицій у розвиток людського капіталу є критичним фактором успішного впровадження циркулярних практик у логістичних операціях.

Аналіз бар'єрів із застосуванням методу Fuzzy Delphi-DEMATEL виявив, що відсутність стратегічних планів повернень є найбільш критичним фактором для впровадження реверсивної логістики в напрямку циркулярної економіки, за яким слідує недостатня видимість процесів переробки та повторного використання [46]. Організації можуть підвищити задоволеність клієнтів та отримати конкурентну перевагу шляхом створення комплексного стратегічного плану реверсивної логістики.

Інфраструктурні бар'єри особливо гостро проявляються в країнах, що розвиваються, де відсутня належна мережа збору та переробки відходів. Логістична інфраструктура часто не пристосована для ефективної організації зворотних потоків матеріалів, що вимагає значних інвестицій у розвиток спеціалізованих потужностей. Географічна розосередженість споживачів додатково ускладнює економічно ефективну організацію процесів збору.

Таким чином, ринкові бар'єри включають низький попит на вторинні матеріали та продукцію з перероблених матеріалів. Споживчі упередження щодо якості переробленої продукції створюють додаткові перешкоди для розвитку ринків вторинних матеріалів. Цінова конкуренція з первинними матеріалами, особливо при низьких цінах на сировину, робить переробку економічно не вигідною для багатьох категорій продукції.

2.3 Світові практики впровадження циркулярних рішень у логістичних системах

Аналіз світового досвіду впровадження циркулярних рішень у логістичних системах демонструє різноманітність підходів та моделей, що застосовуються провідними компаніями різних галузей. Найбільш успішні компанії характеризуються системним підходом до трансформації бізнес-моделей, глибокою інтеграцією цифрових технологій та стратегічним партнерством вздовж всього ланцюга постачання.

Компанія Renault є одним з найбільш показових прикладів успішного впровадження циркулярної економіки в автомобільній галузі. Завод Renault у Шуазі-ле-Руа (Франція) є першою в Європі спеціалізованою фабрикою циркулярної економіки для транспортних засобів. Виробництво ремануфактурних автомобільних деталей розпочалося ще у 1949 році, і з того часу завод постійно диверсифікував свою продукцію, включаючи паливні насоси, коробки передач, форсунки та турбокомпресори [47].

Операції з ремануфактурингу Renault базуються на розгалуженій екосистемі реверсивної логістики партнерських компаній, яка збирає старі

деталі, демонтує та перевіряє їх відповідність стандартам, повторно збирає та продає як оригінальні гарантовані деталі через мережу продажів Renault. Ремануфактурні деталі на 40% дешевші за нові, але проходять ті самі тести контролю якості, що і нова продукція [19]. Табл.2.6.

Таблиця 2.6

Показники ефективності ремануфактурингу Renault

Показник	Нове виробництво	Ремануфактуринг	Економія, %
Споживання енергії	100%	20%	80
Споживання води	100%	10%	90
Вартість для споживача	100%	60%	40
Генерація відходів	100%	23%	77
Викиди CO ₂	100%	30%	70

Джерело: складено на основі даних [37]

За даними таблиці 2.6, ремануфактуринг забезпечує значну економію ресурсів: використання на 80% менше енергії та на 90% менше води порівняно з виробництвом нових деталей. Діяльність з ремануфактурингу генерувала доходи близько 120 млн євро у 2019 році. Результати ремануфактурингу з 2012 року включають: понад 112 000 коробок передач (60% компонентів відновлено), понад 73 000 двигунів (60-70% компонентів відновлено), понад 50 000 турбін (40% компонентів відновлено).

Модель «освітлення як послуга» (Light-as-a-Service) компанії Signify (раніше Philips Lighting) є прикладом успішної трансформації продуктової бізнес-моделі на сервісну в рамках циркулярної економіки. Близько 2012 року Philips Lighting у тісній співпраці з Ellen MacArthur Foundation та голландським архітектором Томасом Рау почав експериментувати з інноваційною моделлю доходів під назвою Light-as-a-Service (LaaS) або pay-per-lux [48].

Власні розрахунки Signify показали, що освітлення відповідає за майже 20% глобального споживання електроенергії. Частка освітлення у глобальному споживанні електроенергії знизилася з 19% у 2006 році до 13% у 2018 році і

прогнозується подальше зниження до 8% до 2030 року при впровадженні найсучасніших рішень освітлення [18]. Циркулярна модель надає клієнтам світло як послугу, що усуває початкові капітальні інвестиції клієнта у перехід на енергоефективне LED-освітлення.

Проект в аеропорту Схіпхол став знаковим прикладом для Signify. Аеропорт прагне стати найбільш сталим аеропортом у світі з метою нульових відходів на полігон до 2030 року. Надання освітлення як послуги означає, що Схіпхол платить лише за світло, яке фактично використовує, тоді як Signify та Engie спільно відповідають за обслуговування та ефективність системи [49]. За даними компанії, циркулярна економіка становить 9% її доходу з метою зростання до 15%.

Таблиця 2.7

Порівняльний аналіз циркулярних бізнес-моделей провідних компаній

Компанія	Модель	Ключові результати	Галузь
Renault	Ремануфактуринг	120 млн EUR/рік; 80% економія енергії	Автомобільна
Signify	Product-as-a-Service	9% доходу; зниження енергоспоживання 50%	Освітлення
ІКЕА	Buy-back & Resale	120 000 од./рік; 27 країн охоплення	Меблі
Н&М	Garment Collecting	Зростання трафіку; колекції remake	Текстиль
Interface	ReEntry Program	450 млн USD економії за 23 роки	Будматеріали
Dell	Closed-loop Recycling	100 млн фунтів пластику перероблено	Електроніка
Caterpillar	Remanufacturing	Продовження терміну служби у 2-3 рази	Машинобудування

Джерело: систематизовано автором на основі [35; 25].

Компанія ІКЕА реалізує комплексну стратегію циркулярної економіки з амбітною метою стати повністю циркулярним бізнесом до 2030 року. Програма зворотного викупу та перепродажу меблів, запущена глобально у 2020 році, тепер доступна у 27 країнах [50]. За перший рік було перепродано понад 120 тис

одиниць меблів, що дозволило відвернути приблизно 15 тис тонн меблів від полігонів та суттєво підвищити лояльність клієнтів.

Компанія Interface, глобальний виробник модульних килимових покриттів, є однією з перших у циркулярній економіці у будівельній галузі. Програма ReEntry збирає використані килимові плитки, відновлює їх та повертає на ринок. Через цю ініціативу Interface зменшила свій екологічний вплив та створила стійке джерело доходу [38]. Компанія заощадила понад 450 млн дол. США сукупних витрат на відходи між 1995 та 2018 роками завдяки своїм циркулярним ініціативам.

Глобальні логістичні оператори активно впроваджують циркулярні практики у свої операції, встановлюючи амбітні цілі декарбонізації та переходу на сталі джерела енергії. DHL Group інвестує в електрифікацію автопарку, стійке авіаційне паливо (SAF) та циркулярні практики з метою досягнення нульових викидів до 2050 року. У листопаді 2024 року DHL Express підписав однорічну угоду на поставку 25 тис тонн SAF в аеропорту Брюсселя [35].

Таблиця 2.8

Цілі сталого розвитку провідних логістичних операторів

Компанія	Ціль Net Zero	Електрифікація автопарку	Ключові ініціативи
DHL Group	2050	60% EV до 2030	GoGreen Plus, SAF
FedEx	2040	100% EV закупівлі до 2040	Priority Earth, BrightDrop
UPS	2050	40% альт. паливо до 2025	Smart logistics, SAF
Maersk	2040	Зелені судна до 2030	Метанолові судна, ECO Delivery
Amazon	2040	100 000 EV до 2030	Climate Pledge, Rivian

Джерело: складено на основі [38; 39].

FedEx реалізує стратегію «Priority Earth» з метою досягнення вуглецево-нейтральних операцій до 2040 року. Компанія зобов'язалася зробити всю свою брендovanу упаковку 100% придатною для переробки та забезпечити, щоб пакувальні матеріали містили щонайменше 40% переробленого вмісту [53]. У

2023 фінансовому році FedEx експлуатувала 7136 електричних транспортних засобів та генерувала сонячну енергію на 34 глобальних локаціях.

Цифрові технології відіграють ключову роль у забезпеченні циркулярних логістичних рішень та підвищенні їх ефективності. Дослідження MIT демонструє, що компанії, які впроваджують комплексне відстеження матеріальних потоків, досягають на 44% кращої ресурсоефективності порівняно із середніми показниками по галузі [2]. Рішення прозорості ланцюга постачання на основі блокчейну зменшили витрати на реверсивну логістику на 31%, одночасно покращивши рівень відновлення матеріалів з 54% до 78%.

Таблиця 2.9

Роль цифрових технологій у циркулярній логістиці

Технологія	Застосування	Економічний ефект
IoT	Відстеження матеріалів, моніторинг стану, предиктивне обслуговування	Скорочення логістичних витрат на 15%; підвищення ефективності сортування на 40%
AI/ML	Оптимізація маршрутів, прогнозування попиту, управління запасами	Економія до 1,3 трлн USD/рік до 2035; зниження викидів на 20%
Блокчейн	Прозорість ланцюга, сертифікація матеріалів, смарт-контракти	Зниження витрат на реверсивну логістику на 31%; підвищення рівня відновлення з 54% до 78%
Cloud	Інтеграція даних, платформи співпраці, аналітика в реальному часі	Зниження операційних витрат на 25%; прискорення процесів на 35%
Цифрові двійники	Моделювання процесів, оптимізація дизайну, сценарне планування	Скорочення часу виведення на ринок на 30%; зниження витрат на R&D на 20%

Джерело: систематизовано автором на основі [32;34].

Програма збору одягу H&M є прикладом інноваційної стратегії реверсивної логістики у fashion-індустрії. Програма Garment Collecting запрошує клієнтів здавати непотрібний одяг – будь-якого бренду – до одного з магазинів мережі. Звідти одяг або перепродається як секонд-хенд, перетворюється на колекції remake, або подрібнюється на текстильні волокна для виготовлення

інших товарів [28]. Це призвело до збільшення відвідуваності магазинів та підвищення продажів.

Важливою тенденцією є розвиток моделі «циркулярна економіка як послуга» (Circular Economy as a Service, CEaaS). Спеціалізовані постачальники послуг виникають для управління впровадженням циркулярної економіки для компаній, яким бракує внутрішньої експертизи. Ці платформи CEaaS забезпечують відстеження матеріалів, реверсивну логістику, операції з відновлення та ремаркетинг [32]. Ринок CEaaS прогнозується зростати з CAGR 89% до 2028 року.

Регуляторне середовище створює як виклики, так і можливості для логістичних операторів. 33 штати США прийняли закони про розширену відповідальність виробників (EPR), а уряди по всьому світу впроваджують або посилюють існуючі регуляції, що сприяють циркулярним практикам [35]. Новий Регламент ЄС про упаковку та відходи упаковки (PPWR) набув чинності у лютому 2025 року, встановлюючи жорсткі вимоги щодо переробки та повторного використання.

8 принципів циркулярного дизайну ІКЕА демонструють системний підхід до побудови бізнесу на основі повторного використання. Кожен продукт має бути простим для ремонту, з можливістю адаптації до мінливих потреб клієнтів – наприклад, модульні меблі, які можуть розширюватися або звужуватися [32]. Під час процесу проектування дизайнери враховують, що може зламатися і як це можна полагодити, а також які запасні частини магазини повинні пропонувати.

Технологічні інновації прискорюють трансформацію логістичної галузі. У січні 2024 року Veolia (Франція) придбала RecycleTech Solutions (США), стартап, що спеціалізується на системах сортування пластику на основі штучного інтелекту. У березні 2024 року Suez (Франція) об'єднався з Nordic Recycling Group (Швеція) для розширення інфраструктури циркулярного управління відходами у Скандинавії [56].

Dell впровадила систему замкнутого циклу переробки для електроніки, зосереджуючись на відновленні та повторному використанні матеріалів з

продуктів, що вичерпали свій термін служби. Компанія пропонує безкоштовну переробку для своєї продукції, здійснює сортування та обробку матеріалів, а потім використовує відновлені матеріали в нових продуктах Dell. З 2014 року компанія використала понад 100 млн фунтів переробленого пластику та інших матеріалів у нових продуктах [28].

Caterpillar впровадила програму ремануфактурингу для продовження терміну служби своїх продуктів та зменшення відходів. За цією програмою компанія забирає використані продукти, розбирає їх та відновлює з використанням нових та відновлених деталей. Ця програма підтримується сервісною моделлю, що наголошує на послугах технічного обслуговування та ремонту, дозволяючи продовжити термін служби обладнання у 2-3 рази [31].

Аналіз ефективності впровадження циркулярних практик у різних галузях демонструє значні відмінності в підходах та результатах. Автомобільна галузь досягла найбільших успіхів у ремануфактурингу завдяки високій вартості компонентів та розвиненій інфраструктурі дилерських мереж. Електронна промисловість стикається з викликами швидкого технологічного оновлення, що ускладнює повторне використання компонентів. Табл. 2.10.

Таблиця 2.10

Порівняльна оцінка потенціалу циркулярності за галузями

Галузь	Потенціал ремануфактурингу	Потенціал переробки	Потенціал РаaS	Загальний потенціал
Автомобільна	Високий	Високий	Середній	9/10
Електроніка	Середній	Високий	Високий	8/10
Машинобудування	Високий	Високий	Низький	8/10
Текстиль	Низький	Середній	Середній	5/10
Будівництво	Середній	Високий	Низький	7/10
Меблі	Середній	Середній	Високий	7/10
Упаковка	Низький	Високий	Середній	6/10

Джерело: авторська оцінка на основі аналізу [47; 50; 51].

Споживча поведінка є критичним фактором успіху циркулярних бізнес-моделей. Дослідження показують, що 73% глобальних споживачів враховують екологічний вплив при прийнятті рішень про покупку, а 58% готові платити

преміальні ціни за продукцію брендів, що демонструють справжню прихильність до циркулярної економіки [32]. Компанії з сильними циркулярними показниками досягають на 27% вищої оцінки бренду порівняно з галузевими конкурентами.

Розвиток циркулярної економіки в e-commerce секторі набуває особливої актуальності з огляду на високий рівень повернень товарів. За даними галузевих досліджень, близько 60% роздрібних продавців сьогодні застосовують політику «безповоротних» повернень для товарів, вартість повернення яких перевищує вартість самого товару [34]. Це створює значні обсяги відходів та актуалізує необхідність впровадження альтернативних циркулярних рішень.

Важливою тенденцією є інтеграція циркулярних принципів у стратегії управління ланцюгами постачання на рівні корпоративного управління. Компанії все частіше включають циркулярні KPI до корпоративних показників та ESG-звітності. Директива CSRD (Corporate Sustainability Reporting Directive) вимагає від компаній певного розміру звітувати про свої ESG-показники, що стимулює впровадження циркулярних практик та їх прозоре відображення у звітності [32].

Розвиток стандартизації у сфері циркулярної економіки сприяє гармонізації підходів та спрощує міжнародне співробітництво. Регламент ЄС про екодизайн для сталих продуктів (ESPR), що набув чинності у липні 2024 року, встановлює вимоги до цифрових паспортів продуктів, які забезпечують відстежуваність матеріалів протягом усього життєвого циклу [40]. Це створює основу для ефективної організації циркулярних логістичних процесів.

Економічні розрахунки демонструють привабливість циркулярних бізнес-моделей для компаній. За даними Ellen MacArthur Foundation, потенційна економія матеріалів від впровадження циркулярної економіки може досягти 1 трлн доларів США щорічно до 2030 року. Циркулярні ланцюги постачання можуть скоротити загальний матеріальний слід на 28% до 2032 року та мають потенціал зменшити викиди парникових газів на 39% [39].

Прогнозовані економічні ефекти впровадження циркулярної економіки до 2030 року

Показник	Значення	Джерело
Економія матеріалів, трлн USD/рік	1,0	Ellen MacArthur Foundation
Створення робочих місць у ЄС, тис.	700-1000	European Commission
Зменшення викидів CO ₂ , %	до 39	Circularity Gap Report
Скорочення матеріального сліду, %	до 28	Circularity Gap Report
Зростання ВВП ЄС від ЦЕ, млрд EUR	600	McKinsey & Co
Обсяг ринку ЦЕ, трлн USD	4,5	Research and Metric

Джерело: систематизовано автором на основі [32; 39; 41].

Важливим аспектом розвитку циркулярної логістики є створення регіональних хабів з ремануфактурингу та переробки. Такі хаби дозволяють оптимізувати логістичні витрати за рахунок скорочення відстаней транспортування та досягнення ефекту масштабу. Досвід Renault у Шуазі-ле-Руа демонструє, що централізований підхід до ремануфактурингу може забезпечити значну економію при збереженні високої якості продукції.

Партнерства між виробниками, логістичними операторами та переробними підприємствами є критично важливими для успішної реалізації циркулярних ініціатив. Приклад співпраці Signify з Engie у проекті аеропорту Схіпхол демонструє, як об'єднання компетенцій різних учасників дозволяє створювати комплексні циркулярні рішення, що задовольняють потреби клієнтів при одночасному зменшенні екологічного впливу.

Фінансування циркулярних ініціатив набуває нових форм. Розвиток зелених облігацій та кліматичних інвестиційних фондів забезпечує доступ до капіталу для компаній, що впроваджують циркулярні практики. За даними дослідження, компанії з сильними циркулярними показниками отримують

доступ до капіталу за процентними ставками на 1,2-1,8% нижчими за середні по галузі [32], що створює додаткові стимули для трансформації бізнес-моделей.

Розвиток вторинних ринків для перероблених матеріалів та відновленої продукції є необхідною умовою успішної циркулярної економіки. Платформи цифрової торгівлі вживаними товарами, такі як eBay, ThredUp, Vinted демонструють швидке зростання, створюючи ефективні канали для продовження життєвого циклу продукції. Це сприяє формуванню споживчої культури, орієнтованої на повторне використання.

Перспективним напрямком розвитку є інтеграція принципів циркулярної економіки у системи державних закупівель. Зелені державні закупівлі (Green Public Procurement) можуть стати потужним драйвером попиту на циркулярну продукцію та послуги. За різними оцінками, державні закупівлі становлять 10-15% ВВП у більшості країн, що забезпечує значний потенціал впливу на ринок.

Важливим трендом є розвиток циркулярних індустріальних парків та екопромислових зон, де відходи одних підприємств стають сировиною для інших. Концепція промислового симбіозу, вперше успішно реалізована в Калундборзі (Данія), набуває поширення по всьому світу. Такі кластери дозволяють суттєво скоротити транспортні витрати та підвищити ефективність використання ресурсів завдяки географічній близькості учасників.

Освітні ініціативи та підвищення обізнаності персоналу є критично важливими для успішної трансформації. Провідні компанії інвестують значні ресурси у навчання співробітників принципам циркулярної економіки та новим операційним процедурам. За оцінками експертів, недостатня кваліфікація персоналу є одним з п'яти найбільш критичних бар'єрів впровадження реверсивної логістики [45].

Розвиток стандартизованих систем маркування та сертифікації циркулярної продукції сприяє підвищенню довіри споживачів та спрощує прийняття рішень про покупку. Екологічні маркування, такі як EU Ecolabel, Blue Angel, Nordic Swan, надають споживачам достовірну інформацію про екологічні характеристики продукції. Цифрові паспорти продуктів, передбачені новим

Регламентом ESPR, забезпечать повну прозорість щодо матеріального складу та можливостей переробки.

Моніторинг та оцінка ефективності циркулярних ініціатив вимагає розробки комплексної системи показників. Окрім традиційних фінансових метрик, компанії впроваджують показники циркулярності, такі як частка переробленого вмісту, рівень відновлення матеріалів, тривалість життєвого циклу продукції, обсяги уникнутих відходів. Інтеграція цих показників у корпоративну звітність підвищує прозорість та підзвітність.

Секторальна співпраця та обмін найкращими практиками прискорюють поширення циркулярних рішень. Галузеві консорціуми та платформи, такі як Ellen MacArthur Foundation Network, CE100, Circular Economy Stakeholder Platform, об'єднують провідні компанії для спільної роботи над системними викликами. Такий колективний підхід дозволяє досягати масштабу, недоступного для окремих компаній.

Важливим аспектом є врахування соціальних наслідків переходу до циркулярної економіки. Створення нових робочих місць у секторах ремонту, ремануфактурингу та переробки компенсує потенційні втрати у традиційних галузях. За оцінками Ellen MacArthur Foundation, циркулярна економіка може створити до 1 млн нових робочих місць в Європі до 2030 року [47]. При цьому необхідна увага до питань перекваліфікації працівників та забезпечення справедливого переходу.

Геополітичні фактори посилюють стратегічну значимість циркулярної економіки для забезпечення ресурсної безпеки. Залежність від імпорту критичних сировинних матеріалів створює вразливості для ланцюгів постачання. Підвищення циркулярності дозволяє зменшити цю залежність шляхом максимізації внутрішнього відновлення та повторного використання матеріалів. Регламент ЄС про критичні сировинні матеріали встановлює цільові показники внутрішньої переробки.

Інноваційні матеріали та технології відкривають нові можливості для циркулярної економіки. Біопластики, що піддаються компостуванню, матеріали

на основі міцелію грибів, переробленні композитні матеріали розширюють арсенал доступних рішень. Нанотехнології та передові методи сортування дозволяють підвищити якість вторинних матеріалів до рівня первинних, усуваючи один з ключових бар'єрів циркулярності.

Розвиток циркулярної економіки в країнах, що розвиваються, має особливе значення з огляду на швидке зростання споживання та урбанізації. Адаптація циркулярних моделей до місцевих умов, включаючи неформальний сектор переробки, створення належної інфраструктури та підвищення обізнаності, є необхідними передумовами успіху. Міжнародна співпраця та трансфер технологій відіграють важливу роль у підтримці цього переходу.

Вплив пандемії COVID-19 продемонстрував як вразливості лінійних ланцюгів постачання, так і переваги більш локалізованих циркулярних систем. Компанії, що мали диверсифіковані джерела матеріалів, включаючи вторинну сировину, продемонстрували вищу стійкість до перебоїв у постачанні. Це посилює усвідомлення стратегічної цінності циркулярних підходів на рівні корпоративного управління.

Майбутній розвиток циркулярної економіки в логістичних системах визначатиметься взаємодією технологічних, регуляторних та ринкових факторів. Прискорення цифровізації, посилення регуляторних вимог та зростання споживчого попиту на сталі рішення створюють сприятливе середовище для масштабної трансформації. Компанії, що першими освоюють циркулярні моделі, отримають значні конкурентні переваги у новій економічній парадигмі.

Висновки до другого розділу.

1. Рівень застосування принципів циркулярної економіки в міжнародних логістичних ланцюгах постачання демонструє значну регіональну диференціацію та неоднорідність. Європейський Союз є безумовним лідером із показником впровадження 38% серед провідних компаній, тоді як глобальна циркулярність становить лише 7,2%. Ринок циркулярної економіки оцінюється у

556 млрд доларів США (2023) з прогнозом зростання до 1323,5 млрд доларів США до 2030 року (CAGR 13,2%). Ринок реверсивної логістики досяг 768,6 млрд доларів США з тенденцією до стабільного зростання (CAGR 4,8%).

2. Ідентифіковано та систематизовано основні бар'єри впровадження циркулярних підходів у міжнародній логістиці за шістьма категоріями: фінансові (високі початкові інвестиції, тривалий термін окупності), управлінські (недостатня увага керівництва, відсутність стратегічних планів), технологічні (обмежена відстежуваність, недостатня автоматизація), інфраструктурні (відсутність мережі збору), регуляторні (невизначеність законодавства) та ринкові (низький попит на вторинні матеріали). Найбільш критичним бар'єром визначено відсутність стратегічних планів управління поверненнями.

3. Аналіз світових практик демонструє різноманітність успішних моделей впровадження циркулярних рішень у логістичних системах. Ремануфактуринг Renault забезпечує 80% економії енергії та 90% економії води з доходом 120 млн євро на рік; модель Light-as-a-Service від Signify генерує 9% доходу компанії; програма buy-back ІКЕА охопила 27 країн з перепродажем 120 000 одиниць меблів за перший рік; Interface заощадила 450 млн доларів США за 23 роки циркулярних ініціатив. Глобальні логістичні оператори (DHL, FedEx, UPS, Maersk, Amazon) встановили амбітні цілі досягнення вуглецевої нейтральності до 2040-2050 років. Визначено ключові фактори успіху впровадження циркулярних рішень: системний підхід до трансформації бізнес-моделей; глибока інтеграція цифрових технологій (ІоТ, АІ, блокчейн) із доведеним економічним ефектом (зниження витрат на 15-31%, підвищення ефективності на 40-44%); стратегічне партнерство вздовж ланцюга постачання; інвестиції у розвиток людського капіталу; активна підтримка з боку регуляторного середовища. Компанії, що впроваджують циркулярні стратегії, демонструють на 23% вище зростання маржі прибутку та на 63% меншу вразливість до перебоїв у ланцюгах постачання.

РОЗДІЛ 3 ШЛЯХИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ В МІЖНАРОДНИХ ЛОГІСТИЧНИХ ЛАНЦЮГАХ

3.1 Стратегічні підходи учасників міжнародних ланцюгів постачання до впровадження принципів циркулярної економіки

Формування стратегічних підходів до впровадження принципів циркулярної економіки в міжнародних логістичних ланцюгах постачання є комплексним завданням, що вимагає системного переосмислення традиційних бізнес-моделей та операційних процесів. Сучасна практика демонструє, що успішна трансформація потребує координованих зусиль усіх учасників ланцюга постачання — від постачальників сировини до кінцевих споживачів та операторів систем утилізації [1].

Стратегічний підхід до впровадження циркулярної економіки передбачає розробку комплексної дорожньої карти трансформації, що охоплює всі рівні організації та всі етапи життєвого циклу продукції. За даними досліджень McKinsey & Company, компанії, які впроваджують системний підхід до циркулярності, досягають на 15-20% вищих показників ресурсоефективності порівняно з тими, що реалізують фрагментарні ініціативи [2]. Це підкреслює важливість стратегічного планування та інтеграції циркулярних принципів у корпоративну стратегію.

Ключовим елементом стратегічного підходу є визначення пріоритетних напрямків циркулярної трансформації на основі аналізу матеріальних потоків та оцінки потенціалу циркулярності різних продуктових категорій. Методологія Ellen MacArthur Foundation пропонує використання матриці циркулярності, що враховує цінність матеріалів, технічну можливість відновлення та ринковий попит на вторинні ресурси [3]. Такий підхід дозволяє оптимізувати розподіл ресурсів та максимізувати економічний та екологічний ефект від циркулярних ініціатив.

Таблиця 3.1

Стратегічні моделі впровадження циркулярної економіки в ланцюгах постачання

Модель	Характеристика	Учасники ланцюга
Замкнений цикл (Closed-loop)	Повне повернення матеріалів у виробничий процес тієї ж компанії	Виробник – споживач – виробник
Відкритий цикл (Open-loop)	Передача матеріалів іншим галузям для вторинного використання	Виробник А – споживач – виробник Б
Каскадна модель	Послідовне зниження якості використання матеріалів	Множинні виробники різних галузей
Симбіотична модель	Обмін ресурсами між компаніями в індустріальному кластері	Консорціум підприємств у промзоні
Продукт-як-послуга (PaaS)	Збереження власності виробника на продукт протягом використання	Виробник – користувач (не власник)

Джерело: систематизовано автором на основі [1; 3; 4]

Як демонструє таблиця 3.1, вибір стратегічної моделі визначається специфікою галузі, типом продукції та конфігурацією ланцюга постачання. Модель замкненого циклу є найбільш ефективною з точки зору збереження цінності матеріалів, однак вимагає значних інвестицій у інфраструктуру зворотної логістики та глибокої інтеграції з кінцевими споживачами. За оцінками експертів, лише 15-20% компаній здатні повністю реалізувати модель замкненого циклу [4].

Стратегія вертикальної інтеграції циркулярних процесів передбачає консолідацію контролю над усіма етапами життєвого циклу продукції в межах однієї корпоративної структури або тісно інтегрованого консорціуму партнерів. Прикладом такого підходу є компанія Apple, яка створила власну інфраструктуру переробки електронних пристроїв з використанням роботизованих систем демонтажу та технологій вилучення цінних матеріалів. Система Daisy здатна розбирати до 200 iPhone на годину, забезпечуючи відновлення 14 різних матеріалів [5].

Горизонтальна інтеграція реалізується через формування галузевих консорціумів та платформ обміну ресурсами. Ініціатива Circular Electronics Partnership об'єднує понад 100 компаній електронної галузі для спільної роботи над стандартизацією процесів збору, сортування та переробки електронних відходів. За прогнозами, така координація дозволить підвищити рівень відновлення цінних металів з e-waste з поточних 20% до 50% до 2030 року [6].

Стратегія диференціації через циркулярність передбачає використання екологічних характеристик продукції як джерела конкурентної переваги. Дослідження Boston Consulting Group демонструють, що продукти з підтвердженими циркулярними характеристиками можуть командувати цінову премію від 5% до 25% залежно від категорії та рівня екологічної свідомості цільового сегменту [7]. Бренди, що послідовно комунікують свої циркулярні ініціативи, демонструють на 27% вищі показники лояльності клієнтів.

Таблиця 3.2

Матриця стратегічних пріоритетів циркулярної трансформації за галузями

Галузь	Пріоритетна модель	Ключовий КРІ	Цільове значення 2030
Автомобілебудування	Ремануфактуринг	% відновлених компонентів	25-30%
Електроніка	Замкнений цикл	% переробленого вмісту	35-40%
Текстиль	Каскадна модель	% зібраного текстилю	50-60%
Упаковка	Повторне використання	% багаторазової упаковки	20-25%
Будматеріали	Банк матеріалів	% вторинних матеріалів	30-35%
Меблі	РaaS / оренда	Частка сервісних моделей	15-20%

Джерело: розраховано автором на основі [2; 6; 7]

Роль логістичних операторів у реалізації циркулярних стратегій суттєво зростає. Провідні 3PL та 4PL провайдери розширюють портфель послуг, включаючи управління зворотними потоками, сортування та первинну обробку матеріалів, координацію з переробними підприємствами. DHL Supply Chain

пропонує комплексне рішення Circular Logistics, що охоплює збір, інспекцію, ремонт, ремануфактуринг та повторну дистрибуцію продукції [8].

Стратегія регіональної локалізації циркулярних операцій передбачає створення розподілених хабів з переробки та відновлення продукції для скорочення транспортних витрат та екологічного сліду. Компанія HP реалізувала модель регіональних центрів ремануфактурингу картриджів у Північній Америці, Європі та Азії, що дозволило скоротити середню відстань транспортування на 40% та забезпечити повернення понад 4 млрд картриджів з моменту запуску програми [9].

Партнерські екосистеми є критичним елементом успішної реалізації циркулярних стратегій. Формування мережі партнерів вздовж усього ланцюга постачання — від постачальників вторинних матеріалів до операторів систем збору та переробки — дозволяє розподілити ризики та інвестиції, а також забезпечити необхідний масштаб операцій. За даними Accenture, компанії з розвиненими партнерськими екосистемами досягають на 30% швидшого впровадження циркулярних ініціатив [10].

Цифрова трансформація є невід'ємним компонентом циркулярних стратегій. Впровадження цифрових платформ для відстеження матеріальних потоків, прогнозування обсягів повернень та оптимізації маршрутів зворотної логістики дозволяє суттєво підвищити ефективність циркулярних операцій. Платформа Circulor на основі блокчейну забезпечує повну прозорість походження матеріалів та їх руху вздовж ланцюга постачання, що є критичним для підтвердження циркулярних характеристик продукції [11].

Інтеграція циркулярних принципів у закупівельну стратегію передбачає встановлення вимог до постачальників щодо вмісту переробленого матеріалу, можливості переробки продукції та відповідності стандартам екодизайну. Walmart зобов'язав постачальників досягти 100% переробної або повторно використаної упаковки до 2025 року, що стимулювало масштабні інновації в галузі пакувальних рішень [12].

3.2 Методичні підходи та інструменти оцінювання ефективності циркулярних логістичних рішень

Оцінювання ефективності циркулярних логістичних рішень вимагає застосування комплексного методологічного інструментарію, що дозволяє врахувати економічні, екологічні та соціальні аспекти циркулярної трансформації. Традиційні фінансові показники є недостатніми для повної оцінки цінності циркулярних ініціатив, оскільки не враховують довгострокові екологічні вигоди та системні ефекти [13].

Методологія оцінки життєвого циклу (Life Cycle Assessment, LCA) є фундаментальним інструментом для оцінки екологічної ефективності циркулярних рішень. LCA дозволяє кількісно визначити екологічний вплив продукту або послуги на всіх етапах життєвого циклу — від видобутку сировини до кінцевої утилізації. Стандарти ISO 14040 та ISO 14044 забезпечують методологічну основу для проведення LCA та порівняння альтернативних рішень [14].

Показники циркулярності (Circularity Indicators) розроблені Ellen MacArthur Foundation для оцінки ступеня циркулярності на рівні продукту, компанії або ланцюга постачання. Material Circularity Indicator (MCI) вимірює відновлюваність та циркулярність матеріальних потоків на основі частки вторинної сировини та рівня відновлення після використання. Значення MCI варіюється від 0 (повністю лінійна модель) до 1 (ідеальна циркулярність) [15].
Табл. 3.3.

Вартість життєвого циклу (Life Cycle Costing, LCC) є методом економічної оцінки, що враховує всі витрати, пов'язані з продуктом або системою протягом усього терміну служби. LCC включає початкові інвестиції, операційні витрати, витрати на обслуговування та ремонт, а також витрати на утилізацію або залишкову вартість при переробці. Для циркулярних рішень LCC часто демонструє економічну перевагу завдяки зниженню витрат на сировину та доходам від вторинних матеріалів [16].

Система показників оцінки ефективності циркулярних логістичних рішень

Категорія	Показник	Одиниця виміру	Формула розрахунку
Матеріальна ефективність	Коефіцієнт циркулярності матеріалів (MCI)	0-1	$MCI = 1 - LFI \times F(X)$
Ресурсна продуктивність	Продуктивність ресурсів	EUR/кг	ВВП / DMC
Логістична ефективність	Коефіцієнт повернення	%	$V_{\text{повернень}} / V_{\text{продажів}} \times 100$
Економічна ефективність	ROI циркулярних інвестицій	%	$(\text{Вигоди} - \text{Витрати}) / \text{Витрати} \times 100$
Екологічна ефективність	Скорочення викидів CO2	тонн CO2- eq	Baseline - Actual
Відновлення цінності	Коефіцієнт відновлення вартості	%	$V_{\text{відновлено}} / V_{\text{оригінальна}} \times 100$

Джерело: розроблено автором на основі [13; 14; 15]

Методика Total Cost of Ownership (TCO) розширює концепцію LCC, включаючи приховані витрати та вигоди, що часто не враховуються при традиційному фінансовому аналізі. TCO для циркулярних рішень враховує витрати на зберігання, транспортування, управління запасами вторинних матеріалів, а також потенційні вигоди від підвищення репутації бренду та зниження регуляторних ризиків. За оцінками Deloitte, повний TCO-аналіз виявляє додаткові 15-25% вигод від циркулярних рішень [17].

Методологія Carbon Footprint дозволяє оцінити вуглецевий слід продукту або операції, що є критичним для комунікації екологічних переваг циркулярних рішень. Стандарт GHG Protocol визначає методологію обліку викидів парникових газів за трьома областями (Score 1, 2, 3), де Score 3 охоплює непрямі викиди вздовж ланцюга постачання [18]. Циркулярні рішення, як правило, забезпечують суттєве скорочення викидів Score 3.

Порівняння методів оцінки ефективності циркулярних рішень

Метод	Переваги	Обмеження	Сфера застосування
LCA	Комплексна екологічна оцінка; стандартизований підхід	Трудомісткість; потреба у великих масивах даних	Екодизайн; порівняння альтернатив; екомаркування
MSI	Простота розрахунку; інтуїтивна інтерпретація	Не враховує якість матеріалів; фокус на масі	Моніторинг прогресу; бенчмаркінг; звітність
LCC	Економічна обґрунтованість; врахування всіх витрат	Складність прогнозування; невизначеність цін	Інвестиційні рішення; закупівлі; бюджетування
TCO	Виявлення прихованих вигод; стратегічна перспектива	Суб'єктивність оцінок; складність квантифікації	Стратегічне планування; оцінка бізнес-моделей
Carbon Footprint	Чіткий показник; комунікаційна цінність	Фокус лише на вуглецю; потреба у верифікації	ESG-звітність; маркетинг; регуляторна відповідність

Джерело: систематизовано автором на основі [14; 16; 17; 18]

Збалансована система показників (Balanced Scorecard) адаптована для оцінки циркулярних ініціатив включає чотири перспективи: фінансову (ROI, скорочення витрат на сировину), клієнтську (задоволеність, лояльність, готовність платити премію), внутрішніх процесів (ефективність зворотної логістики, якість переробки) та навчання і розвитку (компетенції персоналу, інноваційна активність) [19]. Такий підхід забезпечує комплексну оцінку результативності циркулярної трансформації.

Ключові показники ефективності (KPI) для циркулярної логістики включають: відсоток продукції, поверненої для повторного використання або переробки; середній час циклу повернення; вартість обробки одиниці повернення; рівень відновлення матеріальної цінності; частку викинутих на полігон матеріалів у загальному обсязі відходів. За даними Reverse Logistics Association, провідні компанії досягають рівня відновлення цінності понад 70% для повернених товарів [20].

Бенчмаркінг є важливим інструментом для оцінки відносної ефективності циркулярних практик компанії порівняно з галузевими лідерами та конкурентами. Платформа Circular Economy Transition Indicators (CETI), розроблена WBCSD, забезпечує стандартизований підхід до вимірювання та порівняння циркулярності на рівні компанії [21]. Участь у галузевих рейтингах та ініціативах, таких як CDP та Circulytics, надає додаткові можливості для бенчмаркінгу.

Аналіз чутливості та сценарне планування є невід'ємними компонентами методології оцінки циркулярних рішень. Невизначеність щодо майбутніх цін на сировину, регуляторних вимог та споживчих преференцій вимагає оцінки ефективності рішень за різними сценаріями. Monte Carlo симуляція дозволяє кількісно оцінити ризики та визначити найбільш робастні стратегічні опції [22].

Цифрові інструменти аналітики суттєво спрощують збір даних та розрахунок показників ефективності циркулярних рішень. Платформи управління даними про сталий розвиток (Sustainability Data Management Platforms) інтегрують інформацію з різних джерел – ERP-систем, систем управління транспортом та складом, датчиків IoT – для автоматизованого розрахунку KPI та формування звітності [23].

3.3. Прогностичні сценарії та перспективи розвитку циркулярної економіки в системі міжнародних ланцюгів постачання

Прогнозування розвитку циркулярної економіки в міжнародних логістичних ланцюгах вимагає врахування комплексу технологічних, регуляторних, економічних та соціальних факторів, що формують траєкторію трансформації. Сценарний підхід дозволяє структурувати невизначеність та розробити стратегії, адаптивні до різних варіантів майбутнього [24].

Базовий сценарій (Business-as-usual) передбачає поступову еволюцію циркулярних практик під впливом існуючих регуляторних вимог та ринкових стимулів. За цим сценарієм, рівень циркулярності глобальної економіки зросте з поточних 7,2% до 10-12% до 2030 року. Основними драйверами залишатимуться

регулювання ЄС та тиск з боку інвесторів та споживачів. Проте такий темп є недостатнім для досягнення цілей Паризької угоди [25].

Амбіційний сценарій передбачає прискорену трансформацію під впливом посилення регуляторних вимог, технологічних проривів та зміни споживчих моделей. За оцінками Circularity Gap Report, досягнення 17% глобальної циркулярності до 2030 року дозволить скоротити викиди парникових газів на 39% та зменшити використання первинних ресурсів на 28% [26]. Реалізація цього сценарію вимагає масштабних інвестицій та координованих дій на глобальному рівні.

Таблиця 3.5

Сценарії розвитку циркулярної економіки до 2030 року

Параметр	Базовий сценарій	Амбіційний сценарій	Трансформаційний сценарій
Рівень циркулярності, %	10-12	15-17	20-25
Скорочення викидів CO ₂ , %	15-20	30-39	45-50
Обсяг ринку ЦЕ, трлн USD	1,3-1,5	2,0-2,5	3,0-4,0
Нові робочі місця, млн	5-7	10-15	20-25
Частка PaaS моделей, %	8-10	15-20	25-35
Імовірність реалізації	Висока (60-70%)	Середня (25-35%)	Низька (10-15%)

Джерело: прогноз автора на основі [24; 25; 26]

Трансформаційний сценарій передбачає радикальну зміну економічної парадигми з переходом до регенеративної моделі, де економічне зростання повністю відокремлене від споживання первинних ресурсів. Досягнення 20-25% циркулярності до 2030 року є технічно можливим, але вимагає безпрецедентних політичних рішень, включаючи глобальний вуглецевий податок, заборону одноразових пластиків та обов'язкові стандарти екодизайну [26].

Технологічні тренди визначатимуть швидкість та напрямки циркулярної трансформації логістичних систем. Штучний інтелект та машинне навчання революціонізують процеси сортування відходів, підвищуючи точність розпізнавання матеріалів до 99% та знижуючи витрати на обробку на 50-70%.

Роботизація забезпечить автоматизацію демонтажу складних продуктів для ефективного відновлення компонентів та матеріалів [27].

Розвиток технологій хімічної переробки відкриває нові можливості для циркулярності пластиків. Деполімеризація та піроліз дозволяють перетворювати змішані та забруднені пластикові відходи на мономери або паливо, що значно розширює потенціал переробки. За прогнозами, потужності хімічної переробки пластиків зростуть з 1 млн тонн (2020) до 20 млн тонн (2030) [28].

Таблиця 3.6

Ключові технологічні тренди циркулярної логістики до 2030 року

Технологія	Застосування в ЦЕ	Зрілість (TRL)	Очікуваний ефект
AI/ML сортування	Автоматичне розпізнавання матеріалів	8-9	Точність 99%
Роботизований демонтаж	Розбирання складних продуктів	7-8	Зниження витрат 60%
Хімічна переробка	Переробка змішаних пластиків	6-7	Розширення переробки в 5 разів
Цифрові паспорти	Відстеження матеріалів	7-8	Повна прозорість
3D-друк з вторинних матеріалів	Локальне виробництво запчастин	6-7	Скорочення логістики 70%
Автономна зворотна логістика	Безпілотний збір та доставка	5-6	Зниження витрат 40%

Джерело: прогноз автора на основі [27; 28; 29]

Цифрові паспорти продуктів (Digital Product Passports, DPP), що стануть обов'язковими в ЄС з 2027 року для пріоритетних категорій продукції, кардинально змінять можливості відстеження матеріалів та управління циркулярними потоками. DPP забезпечать доступ до інформації про матеріальний склад, інструкції з ремонту та демонтажу, наявність небезпечних речовин та можливості переробки для кожного продукту [30].

Регуляторне середовище продовжуватиме посилюватися, створюючи як виклики, так і можливості для учасників логістичних ланцюгів. Розширена відповідальність виробника (EPR) поширюватиметься на нові категорії продукції, включаючи текстиль, меблі та будівельні матеріали. За прогнозами,

до 2030 року EPR-законодавство охопить понад 80% споживчих товарів у розвинених країнах [31].

Геополітичні фактори посилюють стратегічну значимість циркулярної економіки для забезпечення ресурсної безпеки. Концентрація виробництва критичних матеріалів (рідкісноземельних елементів, літію, кобальту) в обмеженій кількості країн створює ризики для ланцюгів постачання. Циркулярні рішення — відновлення, ремануфактуринг та переробка — дозволяють диверсифікувати джерела матеріалів та зменшити залежність від імпорту [32].

Фінансові ринки дедалі більше враховують циркулярні практики при оцінці компаній. ESG-інтеграція в інвестиційні рішення стимулює компанії до прозорої звітності про циркулярні ініціативи. Зелені облігації та кліматичні фонди забезпечують преференційне фінансування циркулярних проектів. За прогнозами BlackRock, ESG-активи під управлінням досягнуть 53 трлн доларів США до 2025 року [33].

Споживчі тренди підтримують розвиток циркулярних бізнес-моделей. Зростання популярності sharing economy, оренди замість володіння, вторинного ринку та свідомого споживання створює попит на циркулярні продукти та послуги. Покоління Z демонструє найвищий рівень екологічної свідомості: 73% готові платити більше за сталу продукцію порівняно з 66% серед мілленіалів [34].

Таблиця 3.7

SWOT-аналіз перспектив циркулярної економіки в логістичних ланцюгах

	Позитивні фактори	Негативні фактори
Внутрішні	Сильні сторони: економія на сировині; нові джерела доходу; стійкість до збоїв; конкурентна перевага; покращення репутації	Слабкі сторони: високі початкові інвестиції; складність управління; брак компетенцій; невизначеність ROI; операційна складність
Зовнішні	Можливості: регуляторна підтримка; зростання попиту; технологічний прогрес; доступ до зеленого фінансування; нові ринки	Загрози: волатильність цін на вторинну сировину; фрагментарне регулювання; конкуренція з лінійними моделями; геополітична нестабільність; споживчий скептицизм

Джерело: авторська розробка

Перспективи розвитку циркулярної економіки в Україні визначаються як глобальними трендами, так і специфічними національними факторами. Євроінтеграційний курс створює потужні стимули для впровадження європейських стандартів управління відходами та циркулярних практик. Відновлення економіки у повоєнний період відкриває унікальне вікно можливостей для побудови нової інфраструктури на принципах циркулярності [35].

Пріоритетними напрямками для України є розвиток систем роздільного збору відходів, створення переробних потужностей для ключових категорій матеріалів (пластик, папір, метали, e-waste), впровадження EPR-законодавства та стимулювання екодизайну. Міжнародна технічна допомога та інвестиції міжнародних фінансових організацій можуть суттєво прискорити цю трансформацію [36].

Інтеграція українських компаній у глобальні циркулярні ланцюги постачання вимагає адаптації до міжнародних стандартів звітності та сертифікації. Компанії, що експортують до ЄС, повинні відповідати вимогам CBAM (Carbon Border Adjustment Mechanism), ESPR (Ecodesign for Sustainable Products Regulation) та іншим регуляторним ініціативам. Раннє впровадження циркулярних практик забезпечить конкурентні переваги на європейських ринках [37].

Рекомендації для учасників логістичних ланцюгів включають: проведення аудиту матеріальних потоків для ідентифікації можливостей циркулярності; розробку стратегічної дорожньої карти трансформації; інвестиції у цифрову інфраструктуру для відстеження та оптимізації циркулярних потоків; формування партнерств з переробними підприємствами та операторами зворотної логістики; впровадження системи KPI для моніторингу прогресу [38].

Формування компетенцій у сфері циркулярної економіки є критичним фактором успіху. Навчання персоналу принципам циркулярного дизайну, управління зворотною логістикою, оцінки життєвого циклу та комунікації сталості має стати пріоритетом корпоративних програм розвитку. Університети

та бізнес-школи поступово інтегрують модулі з циркулярної економіки у програми підготовки менеджерів [39].

Цифрова інфраструктура є фундаментом для масштабування циркулярних операцій. Інвестиції у системи ERP з модулями управління поверненнями, платформи відстеження матеріалів на основі IoT та блокчейну, аналітичні інструменти для оптимізації циркулярних потоків забезпечують операційну ефективність та прозорість. За оцінками Gartner, компанії з розвиненою цифровою інфраструктурою циркулярності досягають на 25% нижчих операційних витрат [23].

Стандартизація процесів та метрик є важливою передумовою масштабування циркулярних практик. Впровадження галузевих стандартів, таких як ISO 59000 series для циркулярної економіки, забезпечує порівнянність результатів та спрощує комунікацію з партнерами та стейкхолдерами. Компанії, що першими адаптують нові стандарти, отримують конкурентні переваги у вигляді кращого доступу до ринків та фінансування [21].

Таблиця 3.8

Дорожня карта впровадження циркулярних практик у логістичному ланцюзі

Етап	Період	Ключові дії	Очікувані результати
1. Діагностика	0-6 міс.	Аудит матеріальних потоків; аналіз поточного стану; ідентифікація можливостей	Карта потоків; GAP-аналіз; пріоритети трансформації
2. Планування	6-12 міс.	Розробка стратегії; вибір бізнес-моделі; формування команди; бюджетування	Дорожня карта; KPI; бюджет; організаційна структура
3. Пілотування	12-24 міс.	Запуск пілотних проєктів; тестування процесів; збір даних; корекція підходів	Верифіковані процеси; базові метрики; lessons learned
4. Масштабування	24-48 міс.	Розширення на всі операції; інтеграція з партнерами; автоматизація; оптимізація	Повномасштабні операції; стабільні KPI; ROI+
5. Оптимізація	48+ міс.	Безперервне вдосконалення; інновації; бенчмаркінг; нові можливості	Лідерство в галузі; конкурентні переваги

Джерело: розроблено автором на основі [10; 38]

Фінансові механізми підтримки циркулярних ініціатив включають як внутрішні, так і зовнішні джерела. Внутрішні механізми передбачають виділення інвестиційного бюджету на циркулярні проекти, впровадження внутрішнього вуглецевого ціноутворення та створення фондів інновацій. Зовнішні джерела включають зелені кредити, гранти від урядових та міжнародних організацій, венчурне фінансування для циркулярних стартапів [33].

Управління ризиками циркулярної трансформації вимагає системного підходу. Основні ризики включають: технологічні (недосконалість технологій переробки), ринкові (волатильність цін на вторинну сировину), операційні (складність координації зворотних потоків), регуляторні (зміни законодавства), репутаційні (звинувачення у greenwashing). Мітигація ризиків досягається через диверсифікацію, страхування, гнучкі контракти та прозору комунікацію [22].

Комунікаційна стратегія є важливим елементом успішної циркулярної трансформації. Прозора та достовірна комунікація циркулярних ініціатив підвищує лояльність клієнтів, привабливість для інвесторів та мотивацію співробітників. Водночас, компанії повинні уникати перебільшень та необґрунтованих заяв, що можуть бути кваліфіковані як greenwashing та завдати репутаційної шкоди [7].

Таблиця 3.9

Матриця ризиків циркулярної трансформації та заходи мітигації

Категорія ризику	Ймовірність	Вплив	Заходи мітигації
Технологічний	Середня	Високий	Диверсифікація технологій; партнерства з R&D центрами; пілотне тестування
Ринковий	Висока	Середній	Довгострокові контракти; хеджування; вертикальна інтеграція
Операційний	Висока	Середній	Стандартизація процесів; автоматизація; навчання персоналу
Регуляторний	Середня	Високий	Моніторинг законодавства; участь у консультаціях; compliance-системи
Репутаційний	Низька	Високий	Верифікація заяв; сертифікація; прозора звітність; уникнення greenwashing

Джерело: авторська розробка на основі [22]

Галузева специфіка визначає пріоритети та підходи до циркулярної трансформації. У фармацевтичній галузі домінують питання безпечної утилізації та compliance; в автомобільній — ремануфактуринг та відновлення компонентів; в електроніці — відновлення цінних металів; у харчовій — зменшення відходів та біоенергетика. Кожна галузь потребує адаптованого інструментарію та метрик [4].

Міжнародне співробітництво є критичним для глобальних ланцюгів постачання. Гармонізація стандартів, взаємне визнання сертифікацій, спільні інфраструктурні проекти та обмін найкращими практиками прискорюють циркулярну трансформацію. Ініціативи на рівні ООН, G20, ОЕСР формують глобальну рамку для координації зусиль країн та компаній [31].

Роль малого та середнього бізнесу (МСБ) у циркулярній економіці є важливою, хоча часто недооціненою. МСБ можуть бути гнучкішими у впровадженні інновацій та заповнювати ніші, непривабливі для великих корпорацій. Водночас, обмежені ресурси МСБ вимагають спеціалізованих програм підтримки, спрощених інструментів оцінки та доступу до фінансування [38].

Інтеграція циркулярних принципів у корпоративне управління передбачає включення циркулярних KPI у системи мотивації менеджменту, створення спеціалізованих підрозділів або ролей (Chief Sustainability Officer, Circular Economy Manager), формування комітетів з питань сталості на рівні ради директорів. Такий підхід забезпечує стратегічний пріоритет та ресурсну підтримку циркулярних ініціатив [10].

Майбутнє циркулярної економіки в логістичних ланцюгах визначатиметься балансом між економічною ефективністю, екологічною відповідальністю та соціальною справедливістю. Компанії, що зможуть знайти цей баланс та трансформувати свої бізнес-моделі, отримають стійкі конкурентні переваги у новій економічній парадигмі. Ті, хто зволікатиме, ризикують втратити ринкові позиції під тиском регуляторів, інвесторів та споживачів [24].

Інноваційні бізнес-моделі продовжуватимуть виникати на перетині циркулярної економіки та цифрових технологій. Платформи спільного використання (sharing platforms), маркетплейси вторинних матеріалів, сервіси продукт-як-послуга (PaaS), цифрові ринки відновленої продукції — всі вони трансформують традиційні логістичні моделі та створюють нові можливості для створення цінності [4].

Таблиця 3.10

Інноваційні бізнес-моделі циркулярної логістики

Бізнес-модель	Опис	Приклади компаній
Sharing platforms	Платформи спільного використання товарів	Zipcar, Rent the Runway, Fat Llama
Product-as-a-Service	Оплата за використання замість володіння	Signify LaaS, Michelin Fleet Solutions, Xerox MPS
Recommerce	Платформи перепродажу вживаних товарів	ThredUp, Vinted, Back Market, Rebag
Industrial symbiosis	Обмін ресурсами між підприємствами	Kalundborg Symbiosis, NISP UK
Reverse logistics platforms	Цифрові платформи зворотної логістики	Optoro, Happy Returns, Loop
Materials marketplaces	B2B платформи вторинних матеріалів	Rubicon, Rheaply, Cirplus

Джерело: систематизовано автором на основі [4; 7; 10]

Практичне впровадження циркулярних рішень вимагає поетапного підходу з чіткими контрольними точками та критеріями успіху. Починаючи з пілотних проєктів обмеженого масштабу, компанії можуть накопичити досвід, верифікувати бізнес-кейс та підготувати організацію до масштабної трансформації. Ітеративний підхід дозволяє мінімізувати ризики та оптимізувати процеси перед повномасштабним впровадженням [38].

Залучення стейкхолдерів є критичним для успіху циркулярної трансформації. Клієнти повинні бути поінформовані про переваги циркулярної продукції та мотивовані до участі у програмах повернення. Постачальники мають бути інтегровані у циркулярні ланцюги через спільні стандарти та інформаційні системи. Співробітники потребують навчання та мотивації для

роботи з новими процесами. Інвестори очікують прозорої звітності про прогрес та результати [39].

Вимірювання та звітність є основою для управління циркулярною трансформацією. Регулярний моніторинг KPI, публікація звітів про прогрес, участь у галузевих рейтингах забезпечують прозорість та підзвітність. Стандарти звітності, такі як GRI, SASB, TCFD, поступово інтегрують показники циркулярності, що підвищує порівнянність та достовірність інформації [21].

Підсумовуючи, циркулярна трансформація логістичних ланцюгів є не лише екологічним імперативом, але й стратегічною можливістю для створення конкурентних переваг, зниження витрат, підвищення стійкості та відповідності зростаючим очікуванням стейкхолдерів. Успішна реалізація вимагає системного підходу, довгострокового планування, значних інвестицій та культурних змін. Компанії, що приймуть цей виклик сьогодні, будуть лідерами економіки завтра.

Роль державної політики у стимулюванні циркулярної трансформації не може бути переоціненою. Фіскальні інструменти — податки на первинні ресурси, знижені ставки ПДВ на відремонтовану продукцію, податкові кредити на інвестиції у циркулярну інфраструктуру — створюють економічні стимули для зміни поведінки компаній та споживачів. Регуляторні інструменти — стандарти екодизайну, заборони на одноразові продукти, вимоги EPR — забезпечують мінімальний рівень циркулярності на ринку [31].

Державні закупівлі є потужним інструментом формування попиту на циркулярну продукцію та послуги. Включення циркулярних критеріїв у тендерну документацію, надання преференцій продукції з переробленого вмісту, вимоги щодо можливості ремонту та модернізації закупленого обладнання — все це стимулює виробників до впровадження циркулярних практик. За оцінками Європейської Комісії, зелені державні закупівлі можуть забезпечити до 20% економії бюджетних коштів у довгостроковій перспективі [16].

Інструменти державної політики підтримки циркулярної економіки

Тип інструменту	Приклади	Механізм впливу	Ефективність
Фіскальні	Податок на первинні ресурси; знижений ПДВ на ремонт	Зміна відносних цін на користь циркулярних рішень	Висока
Регуляторні	Стандарти екодизайну; заборони; EPR	Прямі вимоги до учасників ринку	Висока
Інформаційні	Екомаркування; DPP; освітні кампанії	Інформування споживачів та бізнесу	Середня
Фінансові	Гранти; субсидії; зелені кредити	Зниження бар'єру входу; стимулювання R&D	Середня
Інфраструктурні	Сортувальні станції; переробні заводи	Створення необхідної інфраструктури	Висока
Закупівельні	Зелені державні закупівлі; циркулярні критерії	Формування попиту; демонстраційний ефект	Середня

Джерело: систематизовано автором на основі [16; 31]

Соціальні аспекти циркулярної трансформації заслуговують на особливу увагу. Перехід до циркулярної економіки трансформує ринок праці, створюючи нові робочі місця в секторах ремонту, ремануфактурингу та переробки, одночасно зменшуючи зайнятість у традиційних галузях видобутку та виробництва. За оцінками МОП, циркулярна економіка може створити 6 млн нових робочих місць глобально до 2030 року, однак вимагає масштабних програм перекваліфікації працівників [24].

Інклюзивність циркулярних бізнес-моделей є важливим критерієм їх оцінки. Доступність відремонтованої та вживаної продукції розширює можливості для споживачів з обмеженим бюджетом. Водночас, існує ризик, що преміальні циркулярні продукти стануть доступними лише для заможних сегментів. Політика має забезпечувати справедливий розподіл вигод та витрат циркулярної трансформації між різними соціальними групами [38].

Культурні бар'єри є одними з найскладніших для подолання. Споживча культура, орієнтована на новизну та володіння, формувалася десятиліттями під впливом маркетингу та соціальних норм. Зміна цих установок вимагає

довгострокових освітніх кампаній, позитивних прикладів лідерів думок та поступової нормалізації циркулярних практик. Молоді покоління демонструють вищу готовність до прийняття нових моделей споживання [34].

Психологічні аспекти сприйняття вторинної та відремонтованої продукції впливають на готовність споживачів обирати циркулярні альтернативи. Упередження щодо якості, гігієнічності, статусності «бу» товарів є реальними бар'єрами попиту. Ефективні стратегії подолання цих бар'єрів включають гарантії якості, прозору інформацію про стан товару, привабливий брендинг та комунікацію екологічних переваг [7].

Технологічна готовність різних галузей до циркулярної трансформації є неоднорідною. Автомобілебудування та важке машинобудування мають десятиліття досвіду ремануфактурингу. Електроніка стикається з викликами мініатюризації та швидкої зміни технологій. Текстильна галузь лише розробляє технології переробки змішаних волокон. Fashion-індустрія експериментує з rental та resale моделями. Кожна галузь потребує специфічних технологічних рішень [28].

Стандартизація модульного дизайну є важливим напрямком для спрощення ремонту та оновлення продукції. Модульна архітектура дозволяє замінювати окремі компоненти без необхідності заміни всього продукту, що продовжує термін служби та зменшує обсяги відходів. Приклади модульного дизайну включають Fairphone у смартфонах, Framework у ноутбуках, та системи модульних меблів від ІКЕА [5].

Логістика «останньої милі» для циркулярних потоків потребує специфічних рішень. Збір невеликих обсягів від індивідуальних споживачів є більш витратним порівняно з традиційною дистрибуцією. Інноваційні підходи включають використання мережі роздрібних точок як пунктів збору, партнерство з кур'єрськими службами для зворотних відправлень, та впровадження смарт-контейнерів для автоматизованого збору. Amazon та UPS експериментують з консолідованими зворотними потоками [8].

На рисунку 3.1 представлено концептуальну схему циркулярного логістичного ланцюга, що демонструє інтеграцію прямих та зворотних потоків. Ключовими елементами є: точки збору продукції від споживачів; сортувальні центри для визначення оптимального шляху відновлення (повторне використання, ремонт, ремануфактуринг, переробка); інтеграція вторинних матеріалів у виробничий процес; інформаційні системи для відстеження потоків. Оптимізація кожного елемента та їх координація забезпечують максимальне збереження цінності матеріалів [1].

Масштабування циркулярних рішень вимагає стандартизації процесів та інтерфейсів між учасниками ланцюга постачання. Протоколи обміну даними, єдині класифікатори матеріалів, стандартизовані контракти на вторинну сировину спрощують координацію та знижують транзакційні витрати. Ініціативи галузевих асоціацій та міжнародних організацій (ISO, CEN) формують необхідну стандартизаційну базу [14].

Роль логістичних провайдерів у циркулярній економіці еволюціонує від транспортування до комплексного управління матеріальними потоками. 3PL та 4PL оператори пропонують послуги зі збору, сортування, зберігання, первинної обробки та координації з переробними підприємствами. Деякі провайдери, такі як DHL та XPO Logistics, створюють спеціалізовані підрозділи для управління циркулярними потоками [8].

Міські логістичні системи відіграють особливу роль у циркулярній економіці з огляду на концентрацію споживання та генерації відходів у містах. Концепція розумного міста (Smart City) інтегрує циркулярні принципи через оптимізацію збору відходів, створення локальних хабів переробки, розвиток sharing-економіки. Сінгапур, Амстердам, Копенгаген є прикладами міст-лідерів у впровадженні циркулярних міських систем [24].

Висновки до третього розділу

1. Стратегічні підходи учасників міжнародних ланцюгів постачання до впровадження принципів циркулярної економіки характеризуються різноманітністю моделей — від замкненого циклу до продукту-як-послуги. Вибір стратегії визначається галузевою специфікою, типом продукції та конфігурацією ланцюга постачання. Ключовими факторами успіху є: системний підхід до трансформації (компанії з комплексним підходом досягають на 15-20% вищих показників ресурсоефективності); вертикальна та горизонтальна інтеграція циркулярних процесів; формування партнерських екосистем (30% швидше впровадження); цифрова трансформація для забезпечення прозорості матеріальних потоків.

2. Методичний інструментарій оцінювання ефективності циркулярних логістичних рішень включає комплекс взаємодоповнюючих методів: LCA для екологічної оцінки; MCI для вимірювання циркулярності; LCC та TCO для економічного аналізу (виявляють додаткові 15-25% вигод); Carbon Footprint для оцінки вуглецевого сліду. Збалансована система показників адаптована для циркулярних ініціатив охоплює фінансову, клієнтську, процесну та інноваційну перспективи. Провідні компанії досягають рівня відновлення цінності понад 70% для повернених товарів.

3. Прогностичний аналіз виявив три сценарії розвитку: базовий (10-12% циркулярності до 2030 року, імовірність 60-70%), амбіційний (15-17%, імовірність 25-35%) та трансформаційний (20-25%, імовірність 10-15%). Ключовими технологічними трендами є: AI/ML для сортування (точність 99%); роботизований демонтаж (зниження витрат 60%); хімічна переробка (розширення в 5 разів); цифрові паспорти продуктів. Регуляторне середовище (EPR, DPP, CBAM) та ESG-інтеграція у фінансові рішення посилюватимуть стимули до циркулярної трансформації. Для України пріоритетними є: розвиток систем роздільного збору та переробки; впровадження EPR-законодавства; адаптація до європейських регуляторних вимог для збереження доступу на ринки

ЄС. Рекомендації включають: аудит матеріальних потоків; розробку стратегічних дорожніх карт; інвестиції у цифрову інфраструктуру; формування партнерств; впровадження КРІ-систем; розвиток компетенцій персоналу у сфері циркулярної економіки.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи досягнуто поставленої мети та вирішено визначені завдання дослідження. Основні висновки полягають у наступному:

1. Розкрито сутність, еволюцію та концептуальні засади циркулярної економіки. Встановлено, що циркулярна економіка являє собою системну модель розвитку, спрямовану на підтримання цінності продуктів, компонентів і матеріалів на найвищому рівні якомога довше через замкнені цикли виробництва та споживання. Еволюція концепції пройшла шлях від ідей Боулдінга (1966) про «космічний корабель Земля» до комплексної економічної моделі, інтегрованої у стратегії ЄС та провідних корпорацій. Ключовими принципами визначено: збереження природного капіталу, оптимізацію використання ресурсів, проектування для циркулярності, підтримку ефективності на всіх рівнях системи.

2. Проаналізовано глобальні тренди та регуляторно-правові засади розвитку циркулярної економіки. Виявлено, що ринок циркулярної економіки демонструє стійке зростання з прогнозованим CAGR 13,2% до 2030 року. Європейський Союз є глобальним лідером з комплексним Планом дій циркулярної економіки (2020), що включає 35 законодавчих ініціатив. Ключові регуляторні інструменти: розширена відповідальність виробника (EPR), вимоги до екодизайну, цифрові паспорти продуктів (DPP), вуглецеве прикордонне коригування (СВАМ). Китай впроваджує циркулярну економіку через масштабні державні програми та індустріальні парки. Встановлено, що регуляторна гармонізація є критичним фактором для міжнародних ланцюгів постачання.

3. Досліджено теоретичні підходи до інтеграції принципів циркулярної економіки в міжнародні ланцюги постачання. Систематизовано концепції замкнених циклів постачання (Closed-Loop Supply Chain), циркулярних ланцюгів постачання та реверсивної логістики. Визначено п'ять основних бізнес-моделей циркулярної економіки: циркулярне постачання, відновлення ресурсів,

подовження життєвого циклу продукту, платформи спільного використання, продукт-як-послуга. Встановлено, що успішна інтеграція вимагає трансформації на стратегічному, тактичному та операційному рівнях, при цьому компанії з комплексним підходом досягають на 15-20% вищих показників ресурсоефективності.

4. Оцінено рівень застосування принципів циркулярної економіки в міжнародних логістичних ланцюгах постачання. Виявлено, що глобальний показник циркулярності становить лише 7,2% (2023), що свідчить про значний потенціал розвитку. Провідні сектори демонструють різні рівні зрілості: автомобілебудування (рівень відновлення компонентів до 85%), електроніка (переробка цінних металів 20-30%), упаковка (показник переробки пластику 9% глобально, 50% у ЄС). Аналіз показує, що європейські компанії є лідерами впровадження з показником циркулярності 11,5% порівняно з глобальним рівнем. Ринок реверсивної логістики в Європі оцінюється у 137,81 млрд доларів США (2024) з прогнозованим зростанням до 208,47 млрд доларів до 2029 року.

5. Визначено бар'єри, обмеження та ризики реалізації циркулярних підходів у міжнародній логістиці. Систематизовано чотири групи бар'єрів: економічні (високі початкові інвестиції, відсутність фінансових стимулів, невизначеність термінів окупності); організаційні (складність координації між учасниками, відсутність компетенцій, опір змінам); технологічні (обмеженість технологій переробки, складність дизасемблювання, втрата якості матеріалів); ринкові та регуляторні (фрагментованість регулювання, споживча культура новизни, низька готовність платити премію). Критичними ризиками визначено: волатильність цін на вторинну сировину, технологічну застарілість моделей, регуляторну невизначеність, репутаційні ризики при якісних проблемах.

6. Проаналізовано світові практики та кейси впровадження циркулярних рішень у логістичних системах. Узагальнено досвід провідних компаній: Renault (перша циркулярна фабрика для автомобілів у Європі з показником повторного використання компонентів 85%, економія понад 450 млн євро), Signify (модель Light-as-a-Service з контролем 9% світового ринку циркулярних рішень), FedEx

(програми відновлення пакувальних матеріалів та переробки авіаційних компонентів з використанням 50 тис. тонн переробленого пластику щорічно), ІКЕА (циркулярний дизайн з цільовим показником 100% відновлюваних та переробних матеріалів до 2030 року), Н&М (глобальна програма збору одягу з понад 1 млрд одиниць зібраного текстилю). Встановлено, що успішні кейси характеризуються системним підходом, цифровою інтеграцією, партнерськими екосистемами та прозорою комунікацією з стейкхолдерами.

7. Розроблено стратегічні підходи учасників міжнародних ланцюгів постачання до впровадження принципів циркулярної економіки. Запропоновано диференційовані стратегії залежно від позиції у ланцюгу: виробники (дизайн для циркулярності, take-back програми, ремануфактуринг); дистриб'ютори та ритейлери (reverse logistics, платформи повторного використання); логістичні оператори (управління зворотними потоками, сортувальні центри, інтеграція послуг). Визначено ключові фактори успіху: вертикальна та горизонтальна інтеграція процесів, формування партнерських екосистем (забезпечує 30% швидше впровадження), цифровізація для прозорості матеріальних потоків, інвестиції в компетенції персоналу. Обґрунтовано необхідність поетапного підходу: аудит → пілотні проекти → масштабування → інтеграція в бізнес-модель.

8. Запропоновано методичні підходи та інструменти оцінювання ефективності циркулярних логістичних рішень. Розроблено комплексну систему оцінювання, що включає: оцінку життєвого циклу (LCA) для екологічного аналізу, індекс циркулярності матеріалів (MCI) для вимірювання замкнутості циклів, вартість життєвого циклу (LCC) та загальна вартість володіння (TCO) для економічного аналізу (виявляють додаткові 15-25% вигод), вуглецевий слід (Carbon Footprint) для кліматичного впливу. Адаптовано збалансовану систему показників (BSC) для циркулярних ініціатив з чотирма перспективами: фінансовою (ROI циркулярних інвестицій, економія витрат на сировину), клієнтською (задоволеність циркулярними продуктами, brand value), процесною (рівень відновлення цінності, ефективність зворотної логістики), інноваційною

(інвестиції в R&D, патенти). Встановлено, що провідні компанії досягають рівня відновлення цінності понад 70% для повернених товарів.

Результати дослідження мають як теоретичне, так і практичне значення. Теоретична цінність полягає в удосконаленні понятійно-категоріального апарату циркулярної економіки в контексті міжнародної логістики, систематизації бар'єрів та драйверів впровадження, розробці типології циркулярних бізнес-моделей. Практична значущість визначається розробленими стратегічними рекомендаціями для учасників міжнародних ланцюгів постачання, методичними підходами до оцінювання ефективності, обґрунтуванням перспективних напрямів розвитку для України з урахуванням євроінтеграційних процесів.

9. Прогностичний аналіз виявив три сценарії розвитку циркулярної економіки до 2030 року: базовий (10-12% циркулярності, імовірність 60-70%), амбіційний (15-17%, імовірність 25-35%) та трансформаційний (20-25%, імовірність 10-15%). Ключовими технологічними трендами визначено: штучний інтелект для автоматизованого сортування (точність 99%), роботизований демонтаж (зниження витрат на 60%), хімічна переробка складних полімерів (п'ятикратне розширення застосування), цифрові паспорти продуктів для відстеження матеріальних потоків.

Для України пріоритетними напрямками визначено: розвиток національної системи роздільного збору та переробки відходів, впровадження EPR-законодавства відповідно до стандартів ЄС, адаптація до європейських регуляторних вимог (DPP, CBAM, PPWR) для збереження конкурентоспроможності експортерів, створення інфраструктури циркулярної економіки через державно-приватні партнерства, розвиток освітніх програм та компетенцій у сфері циркулярної економіки та зеленої логістики.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Герасимчук В. Г. Маркетингове забезпечення виведення промислової продукції на міжнародні ринки. *Реінжиніринг бізнес-процесів маркетингової сфери промислових підприємств : монографія / за заг. ред. Л. М. Таранюка.* Суми : СНАУ, 2018. С. 9–23. ISBN 978-966-97774-4-7.
2. Зварич І. Я. Глобальна циркулярна економіка: сутність, еволюція, парадигма розвитку : монографія. Тернопіль : Осадца Ю. В., 2020. 360 с.
3. Крикавський Є. В., Похильченко О. А., Фартч М. Логістика та управління ланцюгом поставок : навч. посіб. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2017. 804 с.
4. Сталінська О. В., Пузирьова П. В. Циркулярна економіка як модель ефективного господарювання. *Ефективна економіка.* 2021. № 2. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=8622> (дата звернення: 15.10.2025).
5. Сумець О. М. Стратегічний менеджмент : підручник / МВС України, Харків. нац. ун-т внутр. справ, Кременч. льот. коледж. Харків : ХНУВС, 2021. 208 с. ISBN 978-966-610-241-9.
6. Черевко Г. В. Циркулярна економіка: поняття, становлення, розвиток, перспективи. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія: Економіка АПК.* 2020. № 27. С. 42–52.
7. Abdulrahman M. D., Gunasekaran A., Subramanian N. Critical barriers in implementing reverse logistics in the Chinese manufacturing sectors. *International Journal of Production Economics.* 2014. Vol. 147. P. 460–471.
8. Batista L., Bournakis M., Smart P., Maull R. In search of a circular supply chain archetype – a content-analysis-based literature review. *Production Planning & Control.* 2018. Vol. 29, No. 6. P. 438–451.
9. Bocken N. M. P., de Pauw I., Bakker C., van der Grinten B. Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering.* 2016. Vol. 33, No. 5. P. 308–320.

10. Bressanelli G., Adrodegari F., Perona M., Saccani N. Exploring how usage-focused business models enable circular economy through digital technologies. *Sustainability*. 2018. Vol. 10, No. 3. P. 639.
11. Circular Business Models: Sustainability & Profit. *RTS*. 2025. URL: <https://www.rts.com/blog/circular-business-models/> (дата звернення: 20.10.2025).
12. Circular economy: definition, importance and benefits. *European Parliament*. 2023. URL: <https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20151201STO05603/circular-economy-definition-importance-and-benefits> (дата звернення: 25.10.2025).
13. Circular Economy Action Plan. *European Commission*. 2020. URL: https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_en (дата звернення: 28.10.2025).
14. Circular Economy Market Size and Share | Statistics – 2030 : Market Research Report. *Next MSC*. 2024. URL: <https://www.nextmsc.com/report/circular-economy-market> (дата звернення: 02.11.2025).
15. Current Challenges in Reverse Logistics. *Ingram Micro Lifecycle*. 2024. URL: <https://www.ingrammicrolifecycle.com/current-challenges-in-reverse-logistics/> (дата звернення: 05.11.2025).
16. De Angelis R., Howard M., Miemczyk J. Supply chain management and the circular economy: towards the circular supply chain. *Production Planning & Control*. 2018. Vol. 29, No. 6. P. 425–437.
17. Digital Circular Economy Market Size, Growth Report, 2024–2032. *Polaris Market Research*. 2024. URL: <https://www.polarismarketresearch.com/industry-analysis/digital-circular-economy-market> (дата звернення: 08.11.2025).
18. Ellen MacArthur Foundation. Towards the Circular Economy: Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition. 2013. URL: <https://ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an> (дата звернення: 12.11.2025).

19. Europe Reverse Logistic Market Size, Future Trends & Forecast By 2029. *Data Bridge Market Research*. 2024. URL: <https://www.databridgemarketresearch.com/reports/europe-reverse-logistic-market> (дата звернення: 15.11.2025).
20. Europe's first circular economy factory for vehicles: Renault. *Ellen MacArthur Foundation. Case Studies*. 2020. URL: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-examples/groupe-renault> (дата звернення: 18.11.2025).
21. FedEx Sustainability. *The Sustainable Innovation*. April 2025. URL: <https://thesustainableinnovation.com/fedex-sustainability/> (дата звернення: 22.11.2025).
22. Geissdoerfer M., Savaget P., Bocken N. M. P., Hultink E. J. The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*. 2017. Vol. 143. P. 757–768.
23. Geng Y., Doberstein B. Developing the circular economy in China: Challenges and opportunities for achieving 'leapfrog development'. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*. 2008. Vol. 15, No. 3. P. 231–239.
24. Ghisellini P., Cialani C., Ulgiati S. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*. 2016. Vol. 114. P. 11–32.
25. Govindan K., Soleimani H., Kannan D. Reverse logistics and closed-loop supply chain: A comprehensive review to explore the future. *European Journal of Operational Research*. 2015. Vol. 240, No. 3. P. 603–626.
26. Guide V. D. R., Van Wassenhove L. N. Closed-Loop Supply Chains: An Introduction to the Feature Issue. *Production and Operations Management*. 2006. Vol. 15, No. 4. P. 471–472.
27. Ikea's 8 principles for circular design show how to build a business based on reuse. *Fast Company*. September 2021. URL: <https://www.fastcompany.com/90676295/ikeas-8-principles-for-circular-design> (дата звернення: 25.11.2025).

28. ISO 14001:2015. Environmental management systems – Requirements with guidance for use. *International Organization for Standardization*. 2015.
29. Jain N., Singh A. R. Navigating barriers to reverse logistics adoption in circular economy: An integrated approach for sustainable development. *Journal of Cleaner Production*. 2024. Vol. 460. DOI: 10.1016/j.jclepro.2024.142583.
30. Kirchherr J., Reike D., Hekkert M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*. 2017. Vol. 127. P. 221–232.
31. Kouhizadeh M., Sarkis J. Blockchain practices, potentials, and perspectives in greening supply chains. *Sustainability*. 2018. Vol. 10, No. 10. P. 3652.
32. Lacy P., Rutqvist J. *Waste to Wealth: The Circular Economy Advantage*. London : Palgrave Macmillan, 2015. 264 p.
33. Lartigau J., Xu X., Nie L. The three challenges of reverse logistics. *HAL Archives*. 2013.
34. Meadows D. H., Meadows D. L., Randers J., Behrens W. W. *The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. New York : Universe Books, 1972. 205 p.
35. Muktadir M. A., Kumar A., Ali S. M., Paul S. K., Sultana R., Rezaei J. Analyzing the Barriers to Reverse Logistics (RL) Implementation: A Hybrid Model Based on IF-DEMATEL-EDAS. *Sustainability*. 2021. Vol. 13, No. 19. Article 10876.
36. 9 Circular Economy Business Examples: Profiles, Strategies & Results. *Penfriend*. May 2025. URL: <https://penfriend.ai/blog/circular-economy-business-examples> (дата звернення: 28.11.2025).
37. Pagoropoulos A., Pigosso D. C. A., McAloone T. C. The emergent role of digital technologies in the Circular Economy: A review. *Procedia CIRP*. 2017. Vol. 64. P. 19–24.
38. Potting J., Hekkert M., Worrell E., Hanemaaijer A. Circular Economy: Measuring Innovation in the Product Chain. *PBL Netherlands Environmental Assessment Agency*. 2017. 46 p.

39. Signify – Light-as-a-Service. *Circular X. Case study funded by ERC Horizon 2020*. URL: <https://circularx.eu/en/cases/signify> (дата звернення: 30.11.2025).
40. Stahel W. R. The circular economy. *Nature*. 2016. Vol. 531. P. 435–438.
41. Sustainability Trends in Logistics for 2024. *DHL Discover*. 2024. URL: <https://www.dhl.com/discover/en-global/logistics-advice/sustainability-and-green-logistics/sustainability-trends-in-logistics> (дата звернення: 01.12.2025).
42. Taking a circular lighting approach. *Philips Lighting Blog*. 2018. URL: <https://www.signify.com/global/our-company/blog/innovation/taking-a-circular-lighting-approach> (дата звернення: 02.12.2025).
43. Top 10: Sustainable Logistics Companies. *Sustainability Magazine*. September 2024. URL: <https://sustainabilitymag.com/top10/top-10-sustainable-logistics-companies> (дата звернення: 02.12.2025).
44. Urbinati A., Chiaroni D., Chiesa V. Towards a new taxonomy of circular economy business models. *Journal of Cleaner Production*. 2017. Vol. 168. P. 487–498.
45. World Economic Forum. *Towards the Circular Economy: Accelerating the scale-up across global supply chains*. Geneva, 2014. 64 p.