

ЦИРКУЛЯРНА ЕКОНОМІКА

Навчальний посібник



EU GREEN WEEK 2021

With the support of the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Підготовлено за підтримки Європейського Союзу в межах міжнародного проєкту «Продукування та поширення ідей циркулярної економіки відповідно до Плану дій ЄС» № 620966-EPP-1-2020-1-UA-EPPIMO-PROJECT

Використано матеріали першого в Україні «Plastic Challenge Hachaton 2021» як партнерського заходу Європейського зеленого тижня 2021

Підготовлено за участі науковців інституту CentraleSupélec, Університет Париж-Сакле (Франція)

With the financial support of the European Union within the international project «Towards circular economy thinking & ideation in Ukraine according to the EU action plan» No 620966-EPP-1-2020-1-UA-EPPIMO-PROJECT

Materials of «Plastic Challenge Hachaton 2021» as a partner event of the European Green Week 2021 are used

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
SUMY NATIONAL AGRARIAN UNIVERSITY

CIRCULAR ECONOMY

Handbook



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЦИРКУЛЯРНА ЕКОНОМІКА

Навчальний посібник



УДК 330.33-023.472(075.8)

Ц 70

Рекомендовано вченою радою Сумського національного аграрного університету. Протокол № 9 від 26.12.2022 р.

Рецензенти:

Петрушенко Микола Миколайович – доктор економічних наук, доцент, завідувач відділу економічного регулювання природокористування, Державна установа «Інститут ринку і економіко-екологічних досліджень НАН України»;
Купінець Лариса Євгенівна – доктор економічних наук, професор, головний науковий співробітник відділу економіко-екологічного розвитку приморських регіонів, Державна установа «Інститут ринку і економіко-екологічних досліджень НАН України»

Циркулярна економіка : навчальний посібник / Шевченко Т. І., Ц 70 Шуптар-Пориваєва Н. Й., Губанова О. Р. та ін. Суми : Університетська книга, 2022. – 220 с.

ISBN 978-617-521-028-4

У навчальному посібнику викладено теоретичні положення та методичні основи циркулярної економіки як альтернативи лінійній моделі. Зокрема, висвітлено зміст сучасної концепції нової моделі в контексті ієрархії ключових стратегій, наведено загальну характеристику наукових шкіл, викладено основні методи вимірювання прогресу циркулярної економіки, окреслено інструменти та підходи дизайну виробів відповідно до нової моделі. Значну увагу приділено огляду інноваційних рішень у сфері розроблення біопластиків в Україні як екологічної альтернативи традиційним пластикам, а також питанням поводження з електронними відходами відповідно до принципів циркулярної моделі.

Для студентів закладів вищої освіти III–IV рівнів акредитації всіх форм навчання і напрямів підготовки, а також для аспіратів та викладачів.

The handbook outlines the theoretical principles and methodological foundations of a circular economy as an alternative to a linear model. In particular, the content of a modern concept of the circular model in the context of a strategies hierarchy is set out, the general characteristics of scientific schools are given, the existing methods of measuring the progress of the circular economy are outlined, and the available approaches of product design in line with the new model are described. Considerable attention is paid to a review of novel solutions in the field of bioplastics development in Ukraine as an ecological alternative to conventional plastics, as well as to the issues of electronic waste management in compliance with the principles of the circular model. The handbook is intended for students of higher educational institutions of III–IV levels of accreditation of all forms of education and areas of training, as well as for PhD students and university lecturers.

УДК 330.33-023.472(075.8)

© Шевченко Т. І., Шуптар-Пориваєва Н. Й.,
Губанова О. Р., Ключель Ф., Сайдані М.,
Янну Б., Лерой Я., Данько Ю.І., 2022
© ПФ «Видавництво “Університетська
книга”», 2022

ISBN 978-617-521-028-4

Внесок авторів:

Шевченко Т. І. – розділи 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10;
Шуптар-Пориваєва Н. Й. – розділи 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10;
Губанова О. Р. – розділи 6, 7, 9, 10;
Клюзель Ф. – розділи 4, 5;
Сайдані М. – розділи 4, 5;
Янну Б. – розділи 4, 5;
Лерой Я. – розділи 4, 5;
Данько Ю.І. – розділи 8, 9

Авторський колектив:

Шевченко Тетяна Іванівна – кандидат економічних наук, доцент, докторант кафедри маркетингу та логістики Сумського національного аграрного університету, м. Суми, Україна; запрошений дослідник Laboratoire Genie Industriel, CentraleSupélec, Університет Париж-Сакле, м. Жиф-сюр-Іветт, Франція

Шуптар-Пориваєва Наталія Йосипівна – кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри економіки природокористування Одеського державного екологічного університету, м. Одеса, Україна

Губанова Олена Ростиславівна – доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри економіки природокористування Одеського державного екологічного університету, м. Одеса, Україна

Клюзель Франсуа – PhD, доцент Laboratoire Genie Industriel, CentraleSupélec, Університет Париж-Сакле, м. Жиф-сюр-Іветт, Франція

Сайдані Майкл – PhD, доцент Laboratoire Genie Industriel, CentraleSupélec, Університет Париж-Сакле, м. Жиф-сюр-Іветт, Франція; доцент відділу системної інженерії промисловості, Університет Іллінойса, Сполучені Штати Америки

Янну Бернар – PhD, професор, завідувач Laboratoire Genie Industriel, CentraleSupélec, Університет Париж-Сакле, м. Жиф-сюр-Іветт, Франція

Лерой Ян – PhD, доцент Laboratoire Genie Industriel, CentraleSupélec, Університет Париж-Сакле, м. Жиф-сюр-Іветт, Франція

Данько Юрій Іванович – доктор економічних наук, професор, проректор з наукової діяльності Сумського національного аграрного університету, м. Суми, Україна

Authors contribution

Tetiana Shevchenko – topics 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10;

Nataliia Shuptar-Poryvaeva – topics 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10;

Olena Hubanova – topics 6, 7, 9, 10;

Francois Cluzel – topics 4, 5;

Michael Saidani – topics 4, 5;

Bernard Yannou – topics 4, 5;

Yann Leroy – topics 4, 5;

Yuriy Danko – topics 8, 9

About authors

Tetiana Shevchenko – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Doctoral Researcher at Marketing and Logistics Department, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine; Invited Professor at Laboratoire Genie Industriel, CentraleSupélec, Université Paris-Saclay, Gif-Sur-Yvette, France

Nataliia Shuptar-Poryvaeva – Candidate of Economic Sciences, Assistant Professor at Environmental Economics Department, Odessa State Ecological University, Odessa, Ukraine

Olena Hubanova – Doctor of Economic Sciences, Professor, Head of Environmental Economics Department, Odessa State Ecological University, Odessa, Ukraine

Francois Cluzel – PhD, Assistant Professor at Laboratoire Genie Industriel, CentraleSupélec, Université Paris-Saclay, Gif-Sur-Yvette, France

Michael Saidani – PhD, Assistant Professor at Laboratoire Genie Industriel, CentraleSupélec, Université Paris-Saclay, Gif-Sur-Yvette, France. Researcher at Industrial and Enterprise Systems Engineering Department, University of Illinois Urbana-Champaign, Illinois, United States of America

Bernard Yannou – PhD, Professor at Laboratoire Genie Industriel, CentraleSupélec, Université Paris-Saclay, Gif-Sur-Yvette, France

Yann Leroy – PhD, Assistant Professor at Laboratoire Genie Industriel, CentraleSupélec, Université Paris-Saclay, Gif-Sur-Yvette, France

Yuriy Danko – Doctor of Economic Sciences, Professor, Vice-rector for scientific work, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

ЗМІСТ

ВСТУП	10
Тема 1 Циркулярна економіка: основні терміни, наукові школи, сучасна концепція моделі	12
1.1. Сутність циркулярної економіки як альтернативи лінійній моделі	12
1.2. Основні наукові школи циркулярної економіки	16
1.3. Визначення циркулярної економіки та основні терміни	19
1.4. Зміст сучасної концепції циркулярної моделі економіки	23
1.5. Стратегії циркулярної економіки: ієрархія та зміст	31
Тема 2 Циркулярна економіка та індустріальна екологія	40
2.1. Теоретичні аспекти індустріальної екології	40
2.2. Зв'язок індустріальної екології та циркулярної економіки	42
2.3. Індустріальний метаболізм та симбіоз	44
2.4. Індустріальні парки: європейський досвід та перспективи в Україні	46
Тема 3 Бізнес-моделі та ланцюги поставок циркулярної економіки	54
3.1. Бізнес-моделі циркулярної економіки та їх класифікація	54
3.2. Ланцюги поставок у моделі циркулярної економіки	59
3.3. Економічне обґрунтування бізнес-моделі на основі CANVAS-інструмента	62
3.4. Роль споживача в циркулярній економіці	63
Тема 4 Дизайн для циркулярної економіки	68
4.1. Роль та значення екодизайну в циркулярній економіці	68
4.2. Десять тематичних кейсів для аналізу параметрів екодизайну	69
4.3. Ключові характеристики екодизайну: аналіз на основі 10 кейсів	75
Тема 5 Індикатори циркулярної економіки	85
5.1. Роль індикаторів у циркулярній економіці	85
5.2. Десять основних індикаторів циркулярної економіки	86
5.3. Онлайн-інструмент «Circularity Indicators Advisor»	90

5.4. Зв'язок індикатора оцінки життєвого циклу (LCA) з індикаторами циркулярності	92
5.5. Моніторинг циркулярної економіки та метод аналізу матеріальних потоків EW-MFA	93
Тема 6 Оцінка ефективності рециклінгу відходів	105
6.1. Ефективність рециклінгу відходів	105
6.2. Методика розрахунку економіко-екологічної ефективності рециклінгу відходів	108
6.3. Визначення обсягу вилучення вторинних ресурсів з відходів та потенціалу їх використання в регіоні	114
Тема 7 Нормативно-правові основи та інструменти стимулювання циркулярної економіки	117
7.1. Новий План дій ЄС з циркулярної економіки	117
7.2. Міжнародний стандарт BS 8001:2017 «Керівництво з впровадження в організації принципів циркулярної економіки»	122
7.3. Законодавча база формування та розвитку циркулярної економіки в Україні	124
7.4. Принцип розширеної відповідальності виробника	125
7.5. Інструменти стимулювання економіки рециклінгу	132
Тема 8 Глобальні виклики та інноваційні рішення у сфері використання пластику	140
8.1. Політика ЄС щодо пластику: основні терміни, зміст директив та їх зв'язок з циркулярною економікою	140
8.2. Забруднення Світового океану як глобальна екологічна проблема	145
8.3. Практика рециклінгу традиційних пластиків	152
8.4. Перший в Україні «Plastic Challenge Hatchaton 2021» та інноваційні рішення від українських розробників щодо пластиків	154
8.5. Стан поводження з відходами пластику в Україні	162
Тема 9 Сучасні загрози та прогресивні тенденції розв'язання проблеми поводження з електронними відходами	168
9.1. Визначення терміна «електронні відходи» та їх класифікація	168
9.2. Екологічний аспект проблеми електронних відходів та їх ресурсний потенціал	171
9.3. Глобальний вимір проблеми електронних відходів	172
9.4. Неформальний сектор поводження з електронними відходами в країнах Азії та Африки	178

9.5. Особливості законодавства ЄС у сфері поводження з електронними відходами	182
9.6. Використання потенціалу електронних відходів щодо стабілізації глобального ринку рідкісноземельних металів	183
9.7. Практика поводження та законодавче регулювання галузі в Україні	187
Тема 10 Відпрацьовані хімічні джерела струму: моделі та методи збирання, сучасні технології рециклінгу	193
10.1. Вплив на довкілля та ресурсна цінність відпрацьованих хімічних джерел живлення	193
10.2. Моделі роздільного збирання відпрацьованих хімічних джерел струму	196
10.3. Законодавство ЄС та досвід роздільного збирання в країнах ЄС	198
10.4. Законодавче регулювання та поводження з відпрацьованими хімічними джерелами струму в Україні	203
Словник	208

ВСТУП

Питання більш тривалого збереження цінності матеріалів та виробів в економічній системі з метою усунення відходів, з одного боку, та мінімізації втрат матеріалів, з іншого боку, є предметом дискусій вже протягом кількох десятиліть. Останнім часом такі терміни, як «стратегії циркулярної економіки», «циркулярні бізнес-моделі», «циркулярний дизайн продуктів та систем» та інші, набувають дедалі більшої популярності в наукових колах та серед практиків, особливо після ухвалення Європейською комісією Плану дій щодо циркулярної економіки, а також відповідних законів у Німеччині, Китаї, Японії та інших країнах.

У пропонованому посібнику викладено теоретичні положення та методичні основи циркулярної економіки як альтернативи лінійній моделі. Зокрема, висвітлено зміст сучасної концепції нової моделі в контексті ієрархії ключових стратегій, наведено загальну характеристику наукових шкіл, викладено основні методи вимірювання прогресу циркулярної економіки, окреслено інструменти та підходи дизайну виробів відповідно до нової моделі. Значну увагу приділено огляду інноваційних рішень у сфері розроблення біопластиків в Україні як екологічної альтернативи традиційним пластикам, а також питанням поводження з електронними відходами відповідно до принципів циркулярної моделі.

Видання підготовлено за підтримки Європейського Союзу в межах міжнародного проекту «Продуктування та поширення ідей циркулярної економіки відповідно до плану дій ЄС» № 620966-EPP-1-2020-1-UA-EPPJMO-PROJECT (<https://jm.snau.edu.ua/acet-i/>). У ньому використано матеріали першого в Україні «Plastic Challenge Nachaton 2021» як партнерського заходу Європейського зеленого тижня 2021 (<https://jm.snau.edu.ua/acet-i/media-resursi/>).

Посібник призначений для студентів закладів вищої освіти III–IV рівнів акредитації всіх форм навчання і напрямів підготовки, а також для аспіратів та викладачів.

Навчальний посібник створено міжнародним авторським колективом викладачів Сумського національного аграрного університету, Університету Париж-Сакле, Одеського державного екологічного університету у складі: к.е.н., доцент, докторант Шевченко Т.І. (розділи 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10); к.е.н., доцент Шуптар-Пориваєва Н.Й. (розділи 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10); д.е.н., професор Губанова О.Р. (розділи 6, 7, 9, 10); PhD, доцент Ключель Франсуа (розділи 4, 5); PhD, доцент Сайдані Майкл (розділи 4, 5); PhD, професор Янну Бернар (розділи 4, 5); PhD, доцент Лерой Ян (розділи 4, 5); д.е.н., професор Данько Ю.І. (розділи 8, 9).

*З повагою,
Тетяна Шевченко*

1

Т Е М А

Циркулярна економіка: основні терміни, наукові школи, сучасна концепція моделі

- 1.1. Сутність циркулярної економіки як альтернативи лінійній моделі
- 1.2. Основні наукові школи циркулярної економіки
- 1.3. Визначення циркулярної економіки та основні терміни
- 1.4. Зміст сучасної концепції циркулярної моделі економіки
- 1.5. Стратегії циркулярної економіки: ієрархія та зміст

1.1. Сутність циркулярної економіки як альтернативи лінійній моделі

Сьогодні соціально-економічний розвиток суспільства постає перед низкою проблем глобального характеру, що спонукають бізнес, політиків, науковців та простих громадян до переосмислення й перебудови стратегії розвитку людства. Масштабні кліматичні зміни, наростання дефіциту сировинних та енергетичних ресурсів, забруднення навколишнього середовища обмежують можливості традиційної моделі економіки та підвищують зацікавленість у пошуку альтернативних шляхів розвитку. Нинішня соціально-економічна система ґрунтується на моделі лінійної економіки, за якої ресурси добуваються, переробляються, перетворюються на відходи та не мають подальшого застосування. Такий підхід призвів до виснаження надр, забруднення довкілля, накопичення відходів, скорочення біорізноманіття та інших екологічних проблем.

Поява гострих глобальних проблем в 1960–1970-х роках стала поштовхом для появи організацій, зайнятих пошуком виходу з глобальної кризи. Однією з найуспішніших таких організацій є Римський клуб, членами якого було розроблено концепцію переходу до глобальної рівноваги. Ця ідея була викладена в першій доповіді «Межі зростання» під керівництвом Д. Медоуза в 1972 році. Висновки доповіді, які ґрунтувалися на прогнозах ближчого майбутнього, змусили багатьох людей задуматися про глобальні

проблеми, про майбутнє Землі, породили відповідну дискусію, результатом якої стала Концепція сталого розвитку, розроблена в 1980-ті роки.

У вересні 2015 року під час 70-ї сесії Генеральної Асамблеї ООН відбувся Саміт ООН зі сталого розвитку, на якому було затверджено нові орієнтири. Підсумковим документом Саміту «Перетворення нашого світу: порядок денний у сфері сталого розвитку до 2030 року» було затверджено 17 Цілей сталого розвитку та 169 завдань, які мають комплексний та неподільний характер і забезпечують збалансованість економічної, соціальної та екологічної складових сталого розвитку (рис. 1.1).

Україна, як і інші країни – члени ООН, приєдналася до глобального процесу забезпечення сталого розвитку. Протягом 2016–2017 років тривав процес адаптації Цілей сталого розвитку з урахуванням українського контексту. Принципи та її цілі визначені в Державній стратегії регіонального розвитку на період до 2027 року як «...забезпечення невиснажливого, ощадного та ефективного використання енергетичних, матеріальних, природних та інших ресурсів для задоволення потреб нинішнього покоління з урахуванням інтересів майбутніх поколінь...».

Досягнення 12-ї цілі сталого розвитку передбачає перехід до *циркулярної моделі економіки* як альтернатив лінійній економіці, що становить собою систему виробництва і споживання за максимальної ефективності використання природних ресурсів,



Рис. 1.1. Глобальні цілі сталого розвитку

ренні доданої вартості за допомогою послуг та інтелектуальних рішень. Основна її концепція полягає в тому, що ланцюг створення вартості організований так, що виходи одного ланцюга стають входами для іншого, знижуючи залежність від нових видів сировини. Переведення системи господарювання на принципи циркулярної економіки спонукає до створення нових бізнес-моделей, що дозволяють виготовляти продукт у такий спосіб, щоб його матеріали були віддільні та піддавалися вторинній переробці. На противагу класичній лінійній моделі виробництва, в економіці замкнених циклів найважливіше значення мають не матеріальні потоки, а методи – такі, як технічне обслуговування, повторне використання та переробка.

Основними *відмінними ознаками* циркулярної економіки від лінійної є:

- промисловий дизайн – розроблення та проектування продукції, що здійснюється ще до початку процесу виробництва в такий спосіб, щоб забезпечити в майбутньому можливість її повторного використання, переробки чи «каскадування» з метою застосування цієї продукції як матеріалу для виготовлення іншого продукту в кінці життєвого циклу;
- запровадження нових інноваційних бізнес-моделей, які забезпечать перехід від лінійного принципу споживання ресурсів до принципів сталого розвитку;
- зворотні цикли – упровадження інноваційних технологій переробки, виготовлення нових матеріалів/виробів, а також відновлення використаних матеріалів до природного стану, не порушуючи динамічної рівноваги екосистеми. Мається на увазі логістика, збір, сортування, обробка та сегментація;
- зміщення акцентів з прискорення виведення нових товарів на ринок та постійного їх оновлення на повторне використання, ремонт, реконструкцію та запровадження відповідних ринкових механізмів стимулювання цих процесів [Moreno et al., 2016].

Циркулярна економіка дозволяє створити нові можливості для багатства та благополуччя, що беззаперечно кореспондує з Цілями сталого розвитку. За підрахунками експертів, циркулярно-економічна інвестиційна стратегія з макроекономічного погляду

може зумовити у 2030 р. 10% зниження вартості сировини і 7% збільшення ВВП у Європейському Союзі порівняно зі звичайною моделлю ведення бізнесу [EMF, 2017]. Економічна вигода лише від економії матеріалів оцінюється понад 1 трлн дол. США на рік. Перехід до інноваційного повторного використання, перевиробництва та ресайклінгу продукції може забезпечити створення нових робочих місць. Лише в ЄС сфера ресайклінгу створює 500 тис. робочих місць. Перехід до моделі економіки замкнутого циклу матиме позитивний економічний ефект для компанії та споживачів як у промислово розвинутих країнах, так і в країнах, що розвиваються. За даними Міжнародної конфедерації профспілок, такий перехід дозволить урядам всіх країн світу подолати глобальний дефіцит робочих місць на 600 млн осіб [Роледерс та Кукель, 2021].

В основу виникнення циркулярної економіки покладено дослідження на перетині економіки та екології, що спрямовані на пошук шляхів вирішення еколого-економічних суперечностей. Результатом таких досліджень став розвиток низки міждисциплінарних напрямів – таких, як економіка довкілля, екологічна економіка, зелена економіка, промислова екологія, екологічний менеджмент.

1.2. Основні наукові школи циркулярної економіки

Перехід від індустріального суспільства до постіндустріального у 60-х роках ХХ ст., заснований на технічному прогресі, зумовив появу в науковій літературі поняття циркулярної економіки. На думку Грейсона [Greyson, 2007], автором концепції кругової економіки є американський економіст К. Ю. Боулдінг, який в 1966 р. першим описав модель економіки замкнутого циклу [Boulding, 1966], коли виходи усіх процесів системи пов'язані зі входами інших процесів. Ця концепція набула подальшого розвитку в роботах провідних зарубіжних фахівців, яких сьогодні вважають засновниками наукових шкіл, що лежать в основі ідея кругової економіки. З-поміж них потрібно виділити економіку результату Уолтера Стахеля, філософію дизайну Cradle to Cradle Вільяма Макдоноу та Майкла Браунгарта, біомімікрію, сформульовану Джанін Беніус, промислову екологію Ріда Ліфсета та Томаса Гределя, природний капіталізм Аморі та Хантера Ловінса та Пола Хокена, регенератив-

ний дизайн Джона Т. Лайл і системний підхід «синьої економіки», описаний Гюнтером Паулі.

Дизайн «від колиски до колиски» (англ. – *cradle to cradle design*)

Німецький хімік М. Браунгарт разом з американським архітектором Б. Макдоноу розробив концепцію дизайну «від колиски до колиски». Ця концепція наголошує важливість прагнення до вдосконалення методів виробництва, що забезпечує покращення сучасних екологічних умов у світі, служить прикладом інновацій у дизайні, орієнтованому на людину, та допомагає в розробленні хімічно безпечної продукції, створеної на основі етичних принципів. Основною ідеєю концепції є заохочення зростання технологій, які в процесі виробництва не створюють відходи й спрямовані насамперед на створення «більш корисних», а не просто «менш шкідливих» продуктів [Braungart et al., 2006].

Продуктивна економіка (англ. – *performance economy*)

У 1976 році Уолтер Стахель, архітектор і промисловий аналітик, у співавторстві з Женев'єв Редей у дослідницькому звіті для Європейської комісії виклав своє бачення замкненої економіки (або економіки замкненого циклу) та її впливу на створення робочих місць, підвищення економічної конкурентоспроможності, ресурсозбереження та зменшення забруднення довкілля.

Підхід Стахеля насамперед спрямований на зміну власне моделі економіки та бізнес-процесів. Він розвиває ідею циклічної економіки в межах виробничих процесів, виділяючи чотири основні напрями для роботи: 1) збільшення життєвого циклу товарів; 2) створення довговічних товарів; 3) можливість відновлення їх споживчих властивостей і 4) запобігання забрудненню довкілля. Він також наголошує на переосмисленні ідеї купівлі та продажу товарів, пропонуючи розглядати товар як послугу, тим самим перетворюючи покупку і продаж на результат. Ця ідея відома як «економіка функціональних послуг», яка нині більш широко включається в поняття «економіка результату» [Stahel, 2010].

Біомімікрія (англ. *biomimicry*)

Джанін Бенюс, автор книги «Біомімікрія: інновації, натхненні природою», визначає свій підхід як «нову дисципліну, яка вивчає найкращі ідеї природи, а потім імітує ці розробки та процеси для вирішення людських проблем» [Benyus, 1997]. Прикладом може бути вивчення структури листка рослини для створення більш

ефективних елементів сонячних батарей. Вона вважає це «інновацією, натхненною природою». Біомімікрія спирається на три ключові принципи:

- 1) природа як модель: вивчення моделей природи з подальшим перенесенням цих форм, процесів, систем і стратегій для вирішення проблем людства;
- 2) природа як міра: використання екологічних стандартів для оцінки сталості наших інновацій;
- 3) природа як наставник: цінність природи полягає не в тому, що людина може отримати із природного світу/природних копалин, а в тому, чого людина може навчитися в неї.

Промислова екологія (англ. – *industrial ecology*)

1989 року зароджується прикладна наука «промислова екологія». Промислова екологія – це самостійна наука, що вивчає вплив промислової діяльності на біосферу та її еволюцію в техносферу. Зосередивши увагу на зв'язках між операторами в «промисловій екосистемі», цей підхід спрямовано на створення замкнених процесів, у яких відходи служать входом, що усуває поняття небажаного побічного продукту [Апостолук та ін., 2005].

Природний капіталізм (англ. – *natural capitalism*)

«Природний капітал» належить до світових запасів природних ресурсів, включаючи ґрунт, повітря, воду і всі живі істоти. У своїй праці «Природний капіталізм: прийдешня промислова революція» П. Хокен, А. Ловінс та Л. Х. Ловінс описують глобальну економіку, в якій інтереси бізнесу та навколишнього середовища перетинаються, визнаючи взаємозалежність між виробництвом та використанням антропогенного й природного капіталу. Наведені нижче чотири принципи лежать в основі природного капіталізму:

- 1) *радикальне збільшення продуктивності природних ресурсів.*

Завдяки радикальним змінам у дизайні, виробництві та технології природні ресурси можуть служити набагато довше, ніж на цей час; отримана внаслідок цього економія витрат, капітальних вкладень та часу допоможе реалізувати інші принципи;

- 2) *перехід до моделей виробництва та матеріалів, натхнених біологією.*

Природний капіталізм прагне усунути концепцію відходів шляхом моделювання замкнених виробничих систем за задумами при-

роди, де кожен продукт або безпечно повертається в екосистему як поживна речовина, або стає входом іншого виробничого процесу;

3) *перехід до бізнес-моделі «обслуговування та потік».*

Надання цінності у вигляді безперервного потоку послуг, а не традиційної моделі продажу товарів узгоджує інтереси постачальників і 4) *реінвестиції у природний капітал.*

У міру розширення потреб людини та збільшення навантаження на природний капітал зростає потреба у відновленні та регенерації природних ресурсів [Hawken, 1999].

Регенеративний дизайн (англ. – *regenerative design*)

У США Дж. Т. Лайл почав розвивати ідеї регенеративного дизайну, що можна було б застосувати до всіх систем, тобто за межами сільського господарства, для якого концепція регенерації вже була сформульована раніше [Lyle, 1994].

Синя економіка (англ. – *blue economy*)

Концепція синьої економіки, запропонована в роботі Г. Паулі «Синя економіка: 10 років, 100 інновацій, 100 мільйонів робочих місць», спрямована на захист глобальної екосистеми під час створення нових робочих місць. Концепція пропонує альтернативу звичайним індустріальним процесам, зміщуючи акцент з використання викопних ресурсів на більш прості та екологічні технології. Заснована на таких принципах: будь-який ресурс можна замінити іншим; у природі немає відходів; будь-який побічний продукт є джерелом для нового продукту [Pauli, 2010].

1.3. Визначення циркулярної економіки та основні терміни

Аналіз наукової та методичної літератури показує, що поняття циркулярної економіки трактується досить широко. Різноманітність підходів демонструють дослідження, які дозволяють виділити 72 концепції та 114 визначень [Kirchherr et al., 2017] циркулярної економіки. У табл. 1.1 наведено деякі з них.

Об'єднуючим різні підходи до трактування та найбільш цитованим є визначення дане фахівцями Фонду Еллен Макартур [EMF, 2017]:

Циркулярна економіка – це індустріальна система, яка відновлюється завдяки дизайну та спрямована на використання

Таблиця 1.1. Визначення поняття «циркулярна економіка» різними науковцями

Автор	Визначення
Kirchherr J., Reike D., Hekkert M.	Циклічна економіка описує економічну систему, засновану на бізнес-моделях, які замінюють концепцію «кінця життя» скороченням, повторним використанням, рециркуляцією матеріалів у процесах виробництва або розподілу та споживання. Функціонує на мікрорівні, мезорівні та макрорівні з метою досягнення сталого розвитку, що передбачає створення якісного довкілля, економічного процвітання та соціальної справедливості, на благо нинішнього й майбутніх поколінь [Kirchherr et al., 2017]
Geissdoerfer M., Savaget P., Bocken N., Hultink E.J.	Циркулярна економіка – це регенерувальна система, в якій витрати ресурсів, викиди і втрати енергії мінімізуються внаслідок закриття й зменшення матеріальних і енергетичних циклів [Geissdoerfer et al., 2016]
Korhonen J., Nuur C., Feldmann A., Eshetu Birkie S.	Циклічна економіка – це ініціатива сталого розвитку, спрямована на зниження лінійності суспільних систем виробництва та споживання. Циркулярна економіка сприяє розвитку високоцінних матеріальних циклів поряд з більш традиційною переробкою та розвиває системні підходи до співпраці виробників, споживачів та інших суспільних суб'єктів у галузі сталого розвитку [Korhonen et al. 2018]

відновлюваної енергії, усунення використання токсичних хімічних речовин та попередження утворення відходів шляхом досконалого дизайну матеріалів, виробів, систем та бізнес-моделей.

Це визначення дає більш широке уявлення про комплекс завдань, які охоплює кругова економіка, зокрема, крім забезпечення максимальної кількості оборотів виробу та матеріалу, робиться наголос на необхідності використання безпечних матеріалів та речовин, відновлюваної енергії.

Також наведемо визначення, запропоноване в Плані дій ЄС з циркулярної економіки (англ. – *New EU Circular Economy Action Plan*) 2020 року, в якому робиться акцент на час перебування матеріалу в економіці, який можна подовжити шляхом збільшення кількості оборотів матеріалу, а також шляхом розширення життєвого циклу виробу через повторне використання відновленого чи модернізованого виробу.

«Більш циркулярною є така економіка, де цінність матеріалів і ресурсів зберігається в економічній системі якомога довше, де утворення відходів зведено до мінімуму» [Communication, 2020].

Виходячи з визначення економіки замкнених циклів фахівці фонду також сформулювали основні її принципи:

- збереження і примноження природного капіталу шляхом управління обмеженими запасами та збалансування потоків поновлюваних ресурсів;
- оптимізація видобування ресурсів унаслідок циркуляції продуктів, компонентів і матеріалів з найвищою корисністю протягом усього часу на всіх етапах як у технічному, так і в біологічному циклах;
- сприяння розвитку ефективності систем шляхом виявлення негативних зовнішніх факторів та подальшого перепроєктування виробничої діяльності [EMF, 2017].

Реалізація зазначених вище принципів здійснюється з допомогою п'яти загальновизнаних інноваційних бізнес-моделей:

- 1) циркулярні поставки (англ. – *circular suppliers*);
- 2) відновлення ресурсів (англ. – *resources recovery*);
- 3) платформи для обміну і спільного використання (англ. – *sharing platforms*);
- 4) продовження життєвого циклу продукції (англ. – *product life extension*);
- 5) продукт як послуга (англ. – *product as a service*).

Більш докладно бізнес-моделі економіки замкненого циклу будуть розглянуті в розділі 3.

Категоріальний апарат моделі циркулярної економіки розвивається поступово і на сьогодні найбільш повно представлений у першому стандарті з кругової економіки «BS 8001:2017 – Рамка для реалізації принципів кругової економіки в організаціях», випущеному у 2017 році Британським інститутом стандартів [BS 8001:2017, 2017]. Наведемо основні терміни, необхідні для більш глибокого розуміння ідеї та принципів функціонування економіки замкнених циклів, що містяться в цьому стандарті:

- замкнена система (англ. – *closed loop system*) – система, в якій продукти, компоненти або матеріали повторно використовуються або переробляються організацією чи групою організацій, що співпрацюють, у ті самі або подібні продукти, компоненти або матеріали з мінімальною втратою кількості, якості або функцій;

- екологічний дизайн (англ. – *ecodesign*) – інтеграція екологічних аспектів у дизайн і розроблення продукту з метою зменшення негативного впливу на навколишнє середовище протягом життєвого циклу продукту;
- стратегія кругової економіки (англ. – *circular strategies*) – підхід високого рівня, прийнятий для досягнення довгострокового або загального бачення чи цілі. Стратегія, як правило, не визначає, як організація має намір досягти своєї довгострокової чи загальної мети чи бачення в деталях. Вона може існувати на різних рівнях організації, може стосуватися всієї організації, бути специфічною для відділу чи групи;
- бізнес-моделі кругової економіки (англ. – *circular business model*) – обрана організацією система взаємопов’язаних і взаємозалежних рішень і дій, яка визначає, як вона створює, доставляє та фіксує цінність протягом короткого, середнього та довгострокового періоду;
- продукт кругової економіки (англ. – *circular product*) – продукт, виріб або речовина, які пропонуються для продажу або є частиною послуги, що надається організацією;
- відновлення (англ. – *recovery*) – діяльність, основною метою якої є забезпечення того, щоб використані продукти, компоненти або матеріали служили корисним цілям шляхом заміни на інші нові продукти, компоненти або матеріали, які мали б використовуватися для цієї мети, або були підготовлені для досягнення цієї мети на підприємстві чи в економіці загалом;
- переробка (англ. – *recycle/recycling*) – процес обробки викинутого або використаного продукту, компонента чи матеріалу для використання в майбутньому продукті, компоненті чи матеріалі;
- повторне використання (англ. – *reuse*) – операція, за допомогою якої продукт, компонент або матеріал можна використовувати знову без необхідності будь-якої повторної обробки;
- ланцюжок поставок (англ. – *circular supply chain*) – послідовність дій або сторін, які надають продукти або послуги організації;
- споживання відповідно до кругової економіки (англ. – *circular consumption*) – дія використання ресурсу. Прикладом спожив

вання є видобуток і збір ресурсів з екосистем і шахт разом з подальшою їх утилізацією;

- каскад (англ. – *cascade/cascading*) – багаторазове використання ресурсу, як правило, зі зменшенням кількості та якості на кожному наступному етапі/циклі;
- економіка спільного використання (англ. – *sharing economy*) – розгортання моделей на основі доступності для ринків, щоб забезпечити доступ до продуктів і послуг. Економіку спільного використання також можна назвати спільним споживанням.

Отже, циркулярна економіка – це не тільки теоретична концепція, що відповідає ідеям сталого розвитку, а й динамічна прикладна сфера. Вона охоплює економічні індустріальні підходи і регенеративні системи широкого спектру, в яких втрати, викиди, відходи, витік енергії та використання первинних ресурсів зводяться до мінімуму за допомогою уповільнення, зациклення і звуження матеріальних та енергетичних потоків. Перехід до циркулярної економіки є дуже важливим для майбутнього України і може бути досягнутий шляхом посилення і розвитку систем екологічного регулювання, державної підтримки компаній, які переходять на циркулярну економіку, стимулювання досліджень та інтеграції компаній в глобальні мережі екологічно відповідального бізнесу.

1.4. Зміст сучасної концепції циркулярної моделі економіки

Глобальним лідером думок, що поставив економіку замкнутого циклу на порядок денний для осіб, які приймають рішення в бізнесі, уряді та академічних колах, є Фонд Елен Макартур. Фонд Еллен Макартур (англ. – *Ellen MacArthur Foundation*, EMF) – це міжнародна некомерційна організація, заснована у 2010 році з метою прискорення переходу до економіки замкнутого циклу.

Щоб здійснити перехід до економіки замкнутого циклу, Фонд працює з підприємствами, міжнародними організаціями, урядами, містами, університетами, неурядовими організаціями, новаторами та багатьма іншими категоріями зацікавлених сторін. EMF створює ресурси та інструменти, щоб допомогти стейкхолдерам

встановлювати ефективну політику, знаходити нові способи ведення бізнесу та розробляти більш досконалі продукти.

На цей час мережі Фонду Еллен Макарттур 164 члени, 34 партнери, 19 стратегічних партнерів, включаючи Black Rock, Danone, Google, IKEA, Philips, Unilever, L'Oréal, Nestlé, PepsiCo, The Coca-Cola Company, Walmart, Amazon, Cisco Systems, Enel, Ford, Heineken, HP Inc. та ін.

У межах наукової діяльності Фонд розвиває принципи та механізми циркулярної економіки, виділяє та обґрунтовує нові драйвери економічного зростання, формування економічного, природного та соціального капіталу. Як основні засади циркулярної економіки бізнесу Фонд виділяє такі:

- проектування відходів і забруднень (дизайн продукційних систем);
- використання продуктів та матеріалів з користю (розвиток бізнес-зв'язків для реалізації побічної продукції);
- регенерація природних систем.

Однією з наукових розробок фонду є найбільш поширена та повна за змістом модель циркулярної економіки, наведена на рис. 1.3.

Ця модель, ще відома як діаграма метелика, ілюструє безпервний потік матеріалів в економіці замкнених циклів.

За версією Фонду Ellen MacArthur, модель економіки замкненого циклу ілюструє два цикли обороту матеріалів – біогенний та техногенний. Диференціація цих циклів допомагає зрозуміти, як матеріали можуть використовуватися тривалий час та якісно. Загальне правило полягає в тому, що чим менше етапів обробки проходить матеріал для повторного використання, тим вищою буде його якість.

Процес повторного використання органічних матеріалів та технічних (синтетичних) матеріалів відрізняється, що зумовлює важливість належного відокремлення цих матеріалів один від одного.

Технічні матеріали, такі як викопне паливо, пластмаси та метали, мають обмежену доступність і не можуть бути легко відтворені. У техногенному циклі важливо правильно управляти запасами таких обмежених матеріалів. В економіці замкненого циклу ці матеріали лише використовуються, а не споживаються. Після використання матеріали вилучаються із залишкових потоків за їх первісною вартістю.

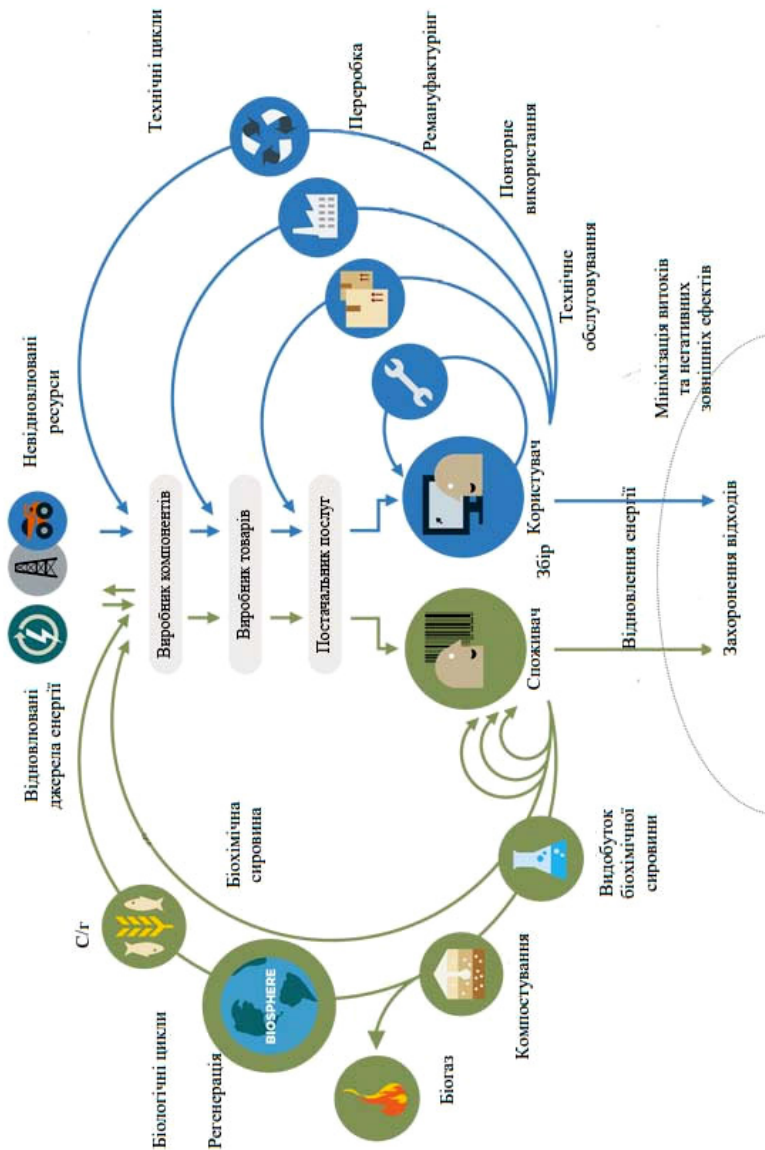


Рис. 1.3. Модель циркулярної економіки
Дані з джерела [EMF, 2013]

Органічні матеріали, такі як деревина, продукти харчування, сільськогосподарські рослини, призначені для зворотного подання в систему за допомогою таких процесів, як анаеробне травлення та компостування. Ці цикли відновлюють живі системи, такі як ґрунт чи водні об'єкти, що забезпечують економіку відновлюваними природними ресурсами.

У межах техногенного циклу існують різні рівні повторного використання (сіне коло, рис. 1.3). При цьому чим меншим є коло, тим меншого оброблення, праці, енергії потрібно для повернення до первинної цінності продукції. Відновлення відбувається за допомогою таких стратегій:

- технічне обслуговування (англ. – *maintain/prolong*), що полягає в подовженні життєвого циклу продукту шляхом підтримки його продуктивності;
- повторне використання продукції (англ. – *reuse/redistribute*) у початковому або зміненому вигляді;
- відновлювальний ремонт продукції та/або відновлення компонентів (англ. – *refurbish/remanufacture*);
- рециклінг (англ. – *recycle*), що виражається в переробці відходів і відпрацьованої продукції. тут можливі три сценарії:
 - 1) підвищена переробка (англ. – *upcycling*) – переробка в нові матеріали вищої якості;
 - 2) функціональна переробка (англ. – *functional recycling*) – відновлення матеріалів для початкової або іншої мети, але не з метою отримання енергії;
 - 3) понижена переробка (англ. – *downcycling*) – перетворення на матеріали більш низької якості.

У рамках біогенному циклі повторне використання відбувається каскадно, що передбачає використання продукту або його частини для створення іншого (зелене коло, рис. 1.3). Коли продукт більше не може виконувати свою початкову функцію, він передається для повторного використання. При каскадуванні знижується якість матеріалу та витрачається енергія.

Каскадування відрізняється від звичайного повторного використання та переробки тим, що змінює функції й ступінь обробки продукту. Прикладом може бути бавовняна футболка. У разі повторного використання зношена футболка продається в мага-

зині вживаних товарів, у той час як при переробці футболка подрібнюється на бавовняні волокна, які потім перетворюються на новий матеріал. Каскад – це використання старих футболок як наповнювача для подушок.

Як для біогенного, так і для техногенного циклу тривалість життя продукту має бути максимально збільшена. Термін служби виробів можна збільшити шляхом:

- забезпечення тривалого використання продукту, тим самим «уповільнюючи» процес, наприклад, зосередивши увагу на емоційній прихильності до продукту, тривалому задоволенні потреби та адаптованості продукту до сучасних реалій;
- забезпечення дотримання послідовних циклів прямого повторного використання, сприяючи взаємозамінності продуктів та належним чином підтримуючи продукти, щоб вони могли використовуватися протягом тривалого часу без ремонту.

Як для біогенного, так і для техногенного циклу найбільш пріоритетним є використання залишкових потоків, які не забруднені іншими матеріалами. Забезпечуючи легке відділення матеріалів один від одного після використання, залишкові потоки збираються так, щоб вони не забруднювались токсичними речовинами, залишаючись максимально корисними [Vernellingshuis].

Вдалим прикладом реалізації ідеї функціонування біоциклу моделі циркулярної економіки є діяльність компанії PeelPioneers, що збирає апельсинові шкірки з підприємств громадського харчування та виготовляє з них ефірні олії. Якщо в шкірках є залишки їжі, ефірні олії будуть забрудненими і непридатними для косметики, тому їх цінність зменшується. Ідею функціонування техногенного циклу можна продемонструвати на прикладі пластикової іграшки. Якщо іграшка повністю виготовлена з поліетилену, її можна одразу повністю розплавити й використати повторно, а якщо ж наявні також компоненти з поліестеру, то, перш ніж переробити, їх спочатку потрібно відокремити [Vernellingshuis].

Експерти фонду [EMF, 2013] розрізняють чотири можливі джерела створення вартості з допомогою кругових бізнес-моделей:

- 1) потенціал внутрішнього кола (англ. – *power of the inner circle*) – чим меншим є коло, тобто чим менше вироб потрібно

- змінювати (ремонт, модернізація чи рециклінг) і чим швидше він повертається до використання, тим вищим є потенційна економія матеріалу, праці, енергії та капіталу, закладеного у виріб, а також тим меншим є збиток від забруднення довкілля у вигляді негативних екстернальних ефектів, зокрема парникових газів, викидів, скидів та відходів;
- 2) потенціал тривалості обороту (англ. – *power of circling longer*) – передбачає максимізацію кількості циклів та тривалості кожного циклу;
 - 3) потенціал каскадного використання (англ. – *power of cascading use*) – полягає у диверсифікації повторного використання матеріалу в ланцюжку створення вартості, наприклад, каскадний ланцюжок бавовни: «одяг – меблі – будівельні матеріали», після чого передбачається безпечно виведення матеріалу у біосферу;
 - 4) потенціал чистого циклу (англ. – *power of pure circles*) – передбачає підвищення продуктивності матеріалу за рахунок використання безпечних нетоксичних матеріалів, зокрема біорозкладальних матеріалів, наприклад, біопластику та біополіетилену.

Необхідно зазначити, що нині в країнах світу засвідчується тенденція розриву між удосконаленням технологій виробництва виробів та технологій переробки відходів. Розрив полягає в тому, що технології переробки розробляються для відходів, утворених у минулому, а з розвитком технологій виробництва змінюються і характеристики відходів, пошук технологій переробки яких перекладається на майбутнє. Звідси висновок про те, що технологічні можливості щодо переробки відходів завжди будуть обмежені, якщо вони не розробляються одночасно з технологіями виробництва. Ця невідповідність може бути усунута, якщо невід'ємною складовою розробки технології виробництва стане передбачення технічного редуцента для переробки всіх небажаних виходів нового процесу, які створює ця технологія. Щодо ж накопичених відходів, у міру розвитку технологій переробки та одночасного виснаження природних родовищ багато накопичувачів можуть розглядатися як повноцінні родовища корисних копалин техногенного типу. З огляду на вимоги кругової економіки, такі родовища необхідно

розглядати як джерело матеріалів для компенсації втрат замість природних родовищ.

Повертаючись до переліку потенційних джерел створення вартості з відходів, при забезпеченні багатократного обороту матеріалів та виробів зусиллями відтворювальної системи залучення первинного ресурсу є необхідним як для задоволення потреб, що зростають (якщо останнє має місце), так і для компенсації втрачених матеріалів. Згідно з принципами кругової економіки техногенні родовища необхідно розглядати як джерело матеріалів для компенсації відповідних втрат та задоволення потреб, що зростають, замість природних родовищ. Отже, ми пропонуємо додати в перелік можливих джерел створення вартості ще одне – потенціал розроблення техногенних родовищ. По суті, це можливість запуску призупинених за відсутності технологій ресурсних циклів. До техногенних родовищ корисних копалин варто віднести відвали,

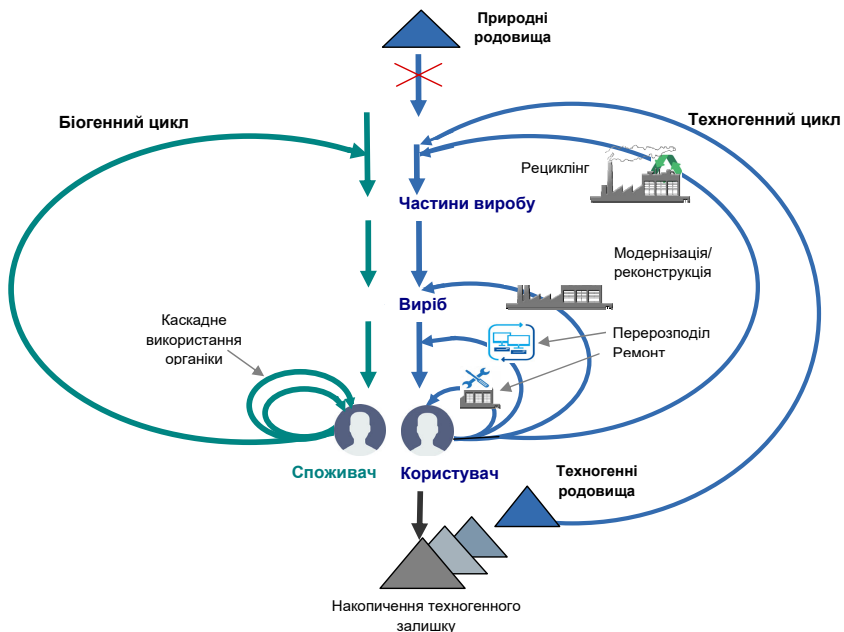


Рис. 1.4. Модифікована концептуальна схема циркулярної економіки [Шевченко, 2018]

шламосховища, хвостосховища, полігони, терикони, звалища та інші різні накопичувачі відходів. Відсутність наявних технологій переробки «небажаних» виходів процесів, а також панівні стереотипи лінійної моделі призвели до створення великої кількості техногенних родовищ у багатьох країнах світу, зокрема, в Україні. Ці родовища на сьогодні можуть розглядатися як джерело створення цінності в напрямку продовження призупинених у минулому ресурсних циклів [Шевченко, 2018].

З урахуванням ще одного джерела створення цінності концептуальна схема кругової економіки, запропонована експертами фонду Ellen McArthur, може виглядати як подано на рис. 1.4.

Таблиця 1.2. Види діяльності в циркулярній економіці

Англійська назва	Український переклад	Характеристика
Regenerate	відновлювати	- перехід до відновлюваних джерел енергії та матеріалів - відновлення та збереження здоров'я екосистеми - повернення відновлених біологічних ресурсів до біосфери
Share	спільно використовувати	- спільне використання активів (автомобілі, приміщення, прилади) - повторне використання - подовження терміну експлуатації завдяки технічному обслуговуванню, проектуванню на довговічність, модернізації тощо
Optimize	оптимізувати	- збільшення продуктивності/ефективності продукту; - видалення відходів у ланцюзі виробництва та постачання - використання великих даних, автоматизації, дистанційного зондування та управління
Loop	створювати «петлю»	- відновлення продуктів чи компонентів - переробка матеріалів - вилучення біохімікатів з органічних відходів.
Virtualize	віртуалізувати	- пряма дематеріалізація (наприклад, книги, CD-диски, DVD-диски) - непряма дематеріалізація (наприклад, інтернет-магазини)
Exchange	обмінювати	- заміна старих матеріалів на вдосконалені невідновлювані - застосування нових технологій (3D-друк) - обирання нового продукту/послуги (наприклад, мультимодальний транспорт)
ReSOLVE	РІШЕННЯ	

Побудовано за даними [Growth, 2015]

На сьогодні багато техногенних родовищ характеризуються більш високим вмістом цінних компонентів, ніж природні родовища. Наприклад, в Україні у відходах Запорізького титано-магнієвого комбінату вміст скандію, ванадію, танталу, хрому, титану вищий, ніж у природних родовищах. Багато цінних компонентів міститься у відходах Миколаївського ртутного комбінату (літій, ртуть), Черкаського заводу хімічних реактивів (нікель) тощо. Наукові дослідження і практичний досвід показують, що ресурсний потенціал відходів виробництва, які утворювалися 20 років тому, є досить високим. Через недосконалість технологій видобутку в землі залишалося близько 70% нафти, 30% вугілля, 20% залізної руди, планові втрати кам'яного вугілля становили 40%, нафти – 50%. При видобутку калійних солей і слюди у відвалах залишалося 80% сировини [Шевченко, 2011].

Для функціонування моделі циркулярної економіки фонд Еллен МакАртур визначає кілька груп видів діяльності, які є важливими складовими переходу й функціонування циркулярної економіки (табл. 1.2).

1.5. Стратегії циркулярної економіки: ієрархія та зміст

Розвиток концепції циркулярної економіки можна простежити за розширенням сигнатури R, закладеної в основу схеми ієрархії циркулярних стратегій (рис. 1.5). Для аналізу системи ієрархії відходів було використано декілька R-стратегій. Різні R-стратегії працюють за принципом ієрархії зі спадним пріоритетом застосування різних «R»-заходів. Незважаючи на те що всі R-стратегії мають схожі риси, відмінності стосуються кількості стратегій циклічності, які вони проважують.

Ієрархія управління відходами, подана схемою 5R (*Prevention – Reuse – Recycling – Recovery – Disposal*), передбачає п'ять ключових заходів: 1) запобігання утворення відходів; 2) повторне використання відпрацьованих виробів; 3) перероблення відходів для отримання вторинних матеріалів; 4) відновлення енергії з відходів та 5) захоронення залишку, що не підлягає утилізації [European Commission 2008]. Зазначимо, що відновлення енергії та захоронення є стратегіями ієрархії поводження з відходами.



Рис. 1.6. Схема ієрархії циркулярних стратегій «9R»

Побудовано за даними з джерела [Potting et al., 2016]

При розгляді стратегій циркулярної економіки ці дві останні ланки вилучені з ієрархії, хоча деякі вчені залучають стратегію відновлення енергії в ієрархії як останню за пріоритетом (див. джерело Van Buren, 2016).

Спочатку ієрархія стратегій циркулярної економіки була представлена сигнатурою *3R (Reduce – Reuse – Recycle)*, спрямованою на скорочення обсягів використовуваних ресурсів (англ. – *reduce*), повторне використання відпрацьованих виробів шляхом їх відновлення (англ. – *reuse*) та перероблення з метою отримання вторинних матеріалів (англ. – *recycling*) [Ghisellini, 2016].

Ієрархія *6R (Reduce – Reuse – Recycling – Recover – Redesign – Remanufacturing)* передбачає такі варіанти зі спаданням пріоритетності застосування: зменшення залученого ресурсу, повторне використання, перероблення, відновлення, перепроєктування та ремануфактуринг [Yan and Feng, 2013]. Порівняно з *3R* до цієї ієрархії було додано три стратегії: відновлення (англ. – *recover*),

перепроєктування (англ. – *redesign*) та ремануфактуринг (англ. – *remanufacturing*).

Ієрархія 9R (*Refuse – Rethink – Reduce – Reuse – Repair – Refurbish – Remanufacture – Repurpose – Recycle – Recover*) характеризується десятьма варіантами, які охоплюють відмову, переосмислення, скорочення, повторне використання, ремонт, оновлення, ремануфактуринг, перепрофілювання, перероблення та відновлення [Potting et al., 2016]. Вона містить додаткові стратегії – відмови від надлишкового використання продуктів (англ. – *refuse*), переосмислення (англ. – *rethink*), ремонту та обслуговування (англ. – *repair*), оновлення (англ. – *refurbish*) та перепрофілювання (англ. – *repurpose*).

Розглянемо ієрархію 9R циркулярних стратегій, де найвища ланка робить найбільший внесок у циркулярну економіку [Potting et al., 2016].

Стратегія зменшення використання ресурсів (англ. – *reduce*). Полягає у зменшенні використання енергії, матеріалів та інших ресурсів на етапах підготовки та безпосередньо виробництва і, відповідно, мінімізації відходів на етапі використання продукту. Прикладом реалізації цієї стратегії є дематеріалізація виробництва та зменшення обсягів матеріалів на виробництво одиниці виробу. Прикладом побутового впровадження стратегії *Reduce* є скорочення кількості одягу, електроніки та меблів, адже за спостереженнями більше половини речей у будинку кожної людини ніколи не використовуються. Щоб уникнути надмірного споживання, краще надавати перевагу якісним довговічним товарам, а не дешевим аналогам, які швидко зношуються або ламаються.

Стратегія повторного використання (англ. – *reuse*). Стосується вторинного використання продукту, що втратив свою цінність для одного користувача, проте може бути використаний іншим задля зменшення використання первинних ресурсів і матеріалів. Впровадження цього принципу передбачає, зокрема, створення спеціальних платформ з обміну речами (англ. – *sharing platform*). Це можливо реалізувати як додатковий сервіс компанії виробника, так і як автономні спільноти чи торговельні інтернет-майданчики. Так, наприклад, значного поширення в Україні набули шерінг-групи в соціальних мережах та месенджерах: «Віддам даром», «Барахолка», «Bookcrossing» та онлайн-платформа «ОЛХ», що об'єднують користувачів, які бажають подарувати або обміняти свої речі.

Стратегія перероблення задля отримання вторинних матеріалів (англ. – *recycling*). Охоплює процес перероблення відходів та залишкових матеріалів для отримання сировини того самого рівня якості або нижчого. Більшість відходів життєдіяльності придатні для перероблення, що дозволяє значно економити ресурси. Так, виготовлення нових паперових виробів – зошитів або туалетного паперу, що є продуктами вторинного виробництва, потребує майже в десять разів менше деревини, удвічі менше води, у п'ять разів менше електроенергії, ніж виготовлення їх з первинних матеріалів. Перероблення скла дозволить зменшити використання води в десять разів, електроенергії – удвічі, а також значно скоротити обсяг стічних вод. Гарний приклад комплексного застосування 3R-ієрархії є компанії MyWheels (функціонує на вторинному ринку автомобілів) та WeGo (онлайн-платформа для спільного використання автомобілів). Такі компанії знижують потребу в купівлі нового автомобіля, що, своєю чергою допомагає знизити використання сировини (*reduce*). Якщо двигун автомобіля зламаний, його можна відремонтувати, а також можна віддати непотрібні деталі для виготовлення або реконструкції іншого автомобіля (*reuse*). Якщо деталі більше не можна використовувати повторно, то метал, текстиль та пластик перероблюють, щоб з них можна було виготовити нову машину (*recycling*) [Versnellingshuis].

Стратегія відновлення енергії із залишкових матеріалів (англ. – *recover*). Це завершальний крок у циркулярній економіці, адже спалювання без рекуперації енергії або захоронення відходів в ній неможливе. Гарним прикладом застосування стратегії Recover є теплові мережі міста Дордрехт (Нідерланди). На заводі з перероблення відходів у Дордрехті спалюють залишкові відходи, які позначаються як «більше непридатні для повторного використання». Під час спалювання залишків відходів виділяється багато тепла, яке використовується для виробництва електроенергії та живлення теплової мережі для опалення будинків, компаній та установ [Monster, 2015].

Стратегія перепроєктування (англ. – *redesign*). Передбачає процес розроблення продуктів наступного покоління, в яких використовуються компоненти та ресурси, вилучені з попереднього життєвого циклу або продуктів попереднього покоління без втрати функціональності. Сьогодні найбільшу підтримку роз-

роблення повністю «циркулярного» дизайну продукту (англ. – *circular product design*) надає інноваційний інститут Cradle to Cradle. Це некомерційна організація, яка сертифікує вироби, надаючи розробникам і виробникам критерії та вимоги для постійного вдосконалення технологій продуктів відповідно до принципів циркулярної економіки. Свою продукцію як Cradle to Cradle сертифікували, наприклад, такі бренди, як Puma і Aveda.

Перепроєктування передбачає розроблення конструкцій, розрахованих на тривалий термін служби, модульні конструкції, що дозволяють легко замінювати деталі, «розумну» упаковку з використанням екологічно чистих матеріалів. Голландська компанія EGM Architecten з Дордрехта спроектувала фасад для нової будівлі Reinier de Graaf Gasthuis (лікарні в м. Делфті), яка складається зі збірних частин і може бути легко зібрана, а матеріали можна використовувати повторно [Monster, 2015].

Стратегія ремануфактурингу (англ. – *remanufacturing*). Передбачає використання частин продукту, що вийшов з ладу, у новому продукті з тим самим призначенням.

Стратегія відмови (англ. – *refuse*). Полягає в скороченні надлишкового споживання товарів шляхом повної відмови від їхнього функціоналу або шляхом передачі їхнього функціоналу іншим виробам. Прикладом впровадження стратегії Refuse є відмова від зайвих або одноразових елементів пакування, використання сировини без сертифікату походження, вантажних засобів, які працюють на дизелі, використання одноразового посуду в закладах харчування тощо.

Стратегія відновлення виробу (англ. – *refurbishing*). Передбачає оновлення та/або відновлення старого, але справного продукту при збереженні незмінною більшої його частини, наприклад, оновлення картриджів, ремонт будівель та споруд, важкої техніки та ін. Компанія Ricoh (м. Слідрехт, Нідерланди), що є експертом у сфері ІТ, з 1994 року у своїй роботі використовує «концепцію Comet Circle», в якій продукти відновлюються та знову виводяться на ринок, що забезпечує більш ефективне використання сировини. Частиною цієї програми є те, що вона пропонує клієнтам відремонтовані копіювальні апарати та принтери за зниженими цінами [Monster, 2015].

Стратегія перепрофілювання (англ. – *repurpose*). Полягає у використанні несправного продукту та його частин у новому

продукті з іншим призначенням. Ця стратегія частіше за все має місце у сфері дизайну. Так, наприклад, голландська дизайнерська студія HOUSE OF THOL розробила колекцію меблів ReCabinet, де використовуються перепрофільовані старі офісні шафи для документів у такий спосіб, щоб вони вписувалися в більш домашню обстановку, роблячи це шляхом відновлення частини шафи з вторинних матеріалів [House].

Стратегія ремонту (англ. – *repair*). Передбачає ремонт та обслуговування несправного продукту з метою подовження терміну його служби. Прикладом застосування стратегії Repair є глобальний рух Repair Café, що охоплює Нідерланди, Бельгію, Німеччину, Францію, США та низку інших країн. У межах Repair Café організовуються загальнодоступні зустрічі, присвячені спільному ремонту різних речей: одягу, меблів, електроприладів, велосипедів та іграшок. У закладі є всі потрібні інструменти й матеріали, а зустрічі відбуваються за участю відповідних експертів з ремонту: швачок, електриків та інших спеціалістів [Postma].

Стратегія переосмислення (англ. – *rethink*). Полягає в переосмисленні життєвого циклу продукту і використанні сировини шляхом підвищення інтенсивності використання продукту завдяки його спільному використанню або перепродажу. Ця стратегія більшою мірою спрямована на формування екологоорієнтованої соціальної свідомості, світогляду і виховання. Її впровадженню приділяється дедалі більше уваги в багатьох країнах світу. Основний фокус зроблено на освітніх програмах для дітей та молоді, проте також багато зусиль спрямовано на подолання технократичної свідомості в дорослих.

Література

1. Апостолук С. О., Джигирей В. С., Апостолук А. С. Промислова екологія : навч. посіб. Київ : Знання, 2005. 474 с.
2. Зварич І. Я. Циркулярна економіка і глобалізоване управління відходами. *Журнал європейської економіки. Міжнародна економіка*. Тернопільський національний економічний університет. 2017. Т. 16. № 1(60). С. 41–57. URL: <http://jeej.wunu.edu.ua/index.php/ukjee/article/view/914/>
3. Ковтун Т. А. Впровадження принципів циркулярної економіки для досягнення цілей сталого розвитку. *Розвиток методів управління*

- та господарювання на транспорті* : рб. наук. праць. 2020. № 3 (72). С. 22–42. URL: <https://doi.org/10.31375/2226-1915-2020-3-22-42>
4. Роледерс В. В., Кукель Г. С. Системна криза світового господарства як рушійна сила розвитку економіки замкненого циклу. *Циркулярна економіка як новий спосіб господарювання в умовах цифрової трансформації* / за наук. ред. к.е.н., доц. І. Л. Татомир, к.е.н., доц. Л. Г. Квасній. Трускавець : ПОСВІТ, 2021. 124 с.
 5. Шевченко Т. І. Створення вартості через кругові бізнес-моделі: потенційні джерела та обґрунтування доцільності розробки техногенних родовищ. *Вісник Сумського НАУ*. Серія: Економіка. 2018. № 12 (78). С. 72–79.
 6. Шевченко Т. И. Организационно-экономические основы формирования эколого-ориентированной системы управления вторичными ресурсами : дис. ... канд. Экон. наук. Сумы : СумГУ, 2011. 206 с.
 7. Benyus J. Biomimicry: Innovation Inspired by Nature. New York, USA : William Morrow & Company, 1997.
 8. Boulding K. E. The Economics of the Coming Spaceship Earth. H. Jarrett (ed.). *Environmental Quality in a Growing Economy* Baltimore, MD : Resources for the Future/Johns Hopkins University Press. 1966. P. 3–14.
 9. British Standards Institution. BS 8001:2017. Framework for Implementing the Principles of the Circular Economy in Organizations–Guide. The British Standards Institution, London, 2017.
 10. Braungart M., McDonough W., Bollinger A. Cradle-to-cradle design: creating healthy emissions – a strategy for eco-effective product and system design. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 15. 2007. P. 1337–1348.
 11. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. A new Circular Economy Action Plan For a cleaner and more competitive Europe. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1583933814386&uri=COM:2020:98:FIN>
 12. Ellen MacArthur Foundation. Achieving, Growth Within. A 320-Billion Circular Economy Investment Opportunity available to Europe up to 2025. Brussels.
 13. Ellen MacArthur Foundation: Towards a Circular Economy: Business Rationale For An Accelerated Transition. 2017. URL: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/TCE_EllenMacArthur-Foundation-9-Dec-2015.pdf
 14. Ellen-MacArthur Foundation. Towards the circular economy. Economic and business rationale for an accelerated transition. 2013. Vol. 1.
 15. European Commission. Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on Waste and Repealing Certain Directives. 2008. URL: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0098&from=EN>

16. Growth Within: A Circular Economy Vision for a Competitive Europe, Ellen MacArthur Foundation, SUM, McKinsey Center for Business and Environment. URL: https://ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation_Growth-Within_July15.pdf, 2015
17. 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.
18. Geissdoerfer M., Savaget P., Bocken N., Hultink E. J. The Circular Economy: A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*. 2016. P. 1–12.
19. Greyson J. An economic instrument for zero waste, economic growth and sustainability. *Journal of Cleaner Production*. 2007. Vol. 15, no. 13–14, P. 1382–1390.
20. Hawken P. *Natural Capitalism: Creating the Next Industrial Revolution*. USA: Little, Brown & Company, 1999. 396 p.
21. 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.
22. Korhonen J., Nuur C., Feldmann A. et al. Circular economy as an essentially contested concept. *Journal of Cleaner Production*. 2018. P. 544–552. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.111>
23. Lyle J. *Regenerative Design for Sustainable Development*. New York, 1994. URL: <http://www.csupomona.edu/~crs/regeneration.html>
24. Monster T. De R-en in de circulaire economie. URL: <https://www.nudge.nl/blog/2015/09/01/de-r-en-de-circulaire-economie/>
25. Moreno M., De los Rios C. Rowe Z. Charnley F.A. *Conceptual Framework for Circular Design. Sustainability*. 2016. URL: <https://books.google.com.ua/>
26. Pauli G. 2010. *The Blue Economy: 10 years – 100 innovations -100 million new jobs*. Paradigm Publications.
27. Postma M. Repair Café. URL: <https://www.repaircafe.org/>
28. Potting J., Hekkert M.P., Worrel E., Hanemaaijer A. *Circular Economy: Measuring Innovation in the Product Chain*. 2017. URL: <https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2016-circular-economy-measuring-innovation-in-product-chains-2544.pdf>
29. Stahel W. *The Performance Economy*. Second Ed. «Palgrave-MacMillan», London, 2010. 350 p.
30. Velis C. No circular economy if current systemic failures are not addressed *Waste Management and Research*. 2018. Vol. 36(9). P. 757–759. URL: <https://doi.org/10.1177/0734242X18799579>

31. Versnellingshuis Nederland circulair. Knowledge Map Circular Economy. URL: <https://kenniskaarten.hetgroenebrein.nl/en/knowledge-map-circular-economy/how-materials-circulate/>
32. Van Buren N., Demmers M., Van der Heijden R., Witlox F. Towards a circular economy: The role of dutch logistics industries and governments. *Sustainability*. 2016. Vol. 8. P. 647.
33. Yan J., Feng C. Sustainable design-oriented product modularity combined with 6R concept: A case study of rotor laboratory bench. *Clean Technol. Environ. Policy*. 2013. Vol. 16. P. 95–109.

2

ТЕМА

Циркулярна економіка та індустріальна екологія

- 2.1. Теоретичні аспекти індустріальної екології
- 2.2. Зв'язок індустріальної екології та циркулярної економіки
- 2.3. Індустріальний метаболізм та симбіоз
- 2.4. Індустріальні парки: європейський досвід та перспективи в Україні

2.1. Теоретичні аспекти індустріальної екології

Стрімкий перехід людства до індустріального етапу розвитку зумовив не тільки підвищення рівня життя, а й посилив негативний вплив на навколишнє середовище через несталі моделі виробництва та споживання. Глобальна економіка сьогодні може бути змодельована як мережа промислових процесів, які видобувають ресурси планети та трансформують їх у товари, що можуть бути придбані та продані, щоб задовольнити потреби людства. Індустріальна екологія дає можливість кількісно оцінити матеріальні потоки та виробничі процеси, які є рушійною силою сучасного способу господарювання. Індустріальна екологія – це молода міждисциплінарна галузь досліджень, що стрімко розвивається, яка поєднує аспекти інженерії, економіки, соціології, токсикології, природничих наук.

Метою досліджень індустріальної екології є оцінювання та мінімізація негативних наслідків функціонування промисловості, оптимізація взаємодії промисловості й довкілля, параметрів середовища життя, відмова від екологічно небезпечних технологій.

Предметом вивчення індустріальної екології є взаємозв'язок виробничої сфери з навколишнім середовищем. Головним завданням цієї науки є скорочення забруднення шляхом модернізації виробничих процесів.

З огляду на міждисциплінарний характер індустріальна екологія може застосовуватися в різних галузях – від інженерії та охорони здоров'я до екологічної стійкості і продовольчих систем.

Уперше термін «індустріальна екологія» вжито в статті Р.А. Фроша та Н. Галлопулоса «Стратегії виробництва», що була опублікована в журналі «Світ науки» (англ. – *scientific american*) 1989 року, де автори описали вплив виробництва на довкілля, припустили, що проблеми виснаження ресурсів і накопичення відходів постануть найближчими роками, і запропонували новаторський підхід їх вирішення: «Традиційна модель виробничої діяльності... має бути перетворена на більш інтегровану модель: індустріальну екосистему. У такій системі оптимізується витрата енергії та матеріалів, зводиться до мінімуму утворення відходів, а відходи одного процесу... служать сировиною для іншого» [Frosch and Gallopoulos, 1989].

Міжнародне суспільство прийняло визначення індустріальної екології, запропоноване президентом Національної інженерної академії США Р. Уайтом, який вводить роль споживача і наголошує на важливості розширення соціально-економічної сфери. За його визначенням, індустріальна екологія – це «вивчення потоків матеріалів та енергії в промисловій та споживчій діяльності, впливу цих потоків на навколишнє середовище, а також вплив економічних, політичних, регулювальних та соціальних факторів на потік, використання та перетворення ресурсів» [White, 1994].

Пізніше Т.Е. Гриддел та Б.Р. Алленбі трактують індустріальну екологію як «інструмент, за допомогою якого людство може свідомо та раціонально наблизитися до сталості та підтримувати її, ураховуючи економічну, культурну та технологічну еволюцію. Концепція вимагає, щоб індустріальна система розглядалася не ізольовано від навколишніх систем, а у взаємодії з ними. Це системний погляд, що прагне оптимізувати повний цикл матеріалів від первинного матеріалу до готового матеріалу, компоненту, продукту, застарілого продукту і остаточної утилізації. Чинники, які необхідно оптимізувати, охоплюють ресурси, енергію та капітал» [Graedel and Allenby, 2010].

Це визначення розширює сферу діяльності від суто індустріальної до більш соціальної і порушує питання сталості. У XXI столітті ця вдосконалена концепція значною мірою вплинула на практику індустріальної екології, яка, крім дослідження проблеми утилізації відходів виробництв та відтворення порушених екосистем, вивчає також індустріальні системи з позиції досягнення сталого розвитку суспільства.

Цифри та факти

У природних екосистемах близько 90% енергії витрачається на розкладання і повернення речовин у біогеохімічний кругообіг. У соціально-економічних системах близько 90% матеріальних ресурсів переходить у відходи, а основна кількість енергії використовується у виробництві та споживанні [Зайцев, 2012].

Індустріальна екологія пропонує широкий спектр різноманітних методів та підходів і сьогодні дедалі частіше містить data science та наукове програмування. Методи та підходи, що використовуються в індустріальній екології, охоплюють:

- аналіз матеріальних потоків – кількісне визначення потоків маси та енергії в системах від промислових підприємств і до глобальної економіки включно з тимчасово динамічними станами;
- оцінку життєвого циклу – системний аналіз екологічних потоків та пов'язаних з ними впливів, що виникають протягом життєвого циклу продуктів та послуг, від видобутку сировини до утилізації наприкінці терміну експлуатації;
- екологічно розширений аналіз витрат-випуску – метод кількісної оцінки екологічного впливу на основі обміну між секторами економіки з навколишнім середовищем;
- індустріальний симбіоз – вивчення обміну відходами як ресурсом між прилеглими промисловими об'єктами по аналогії із синергетичними фізичними відносинами між біологічними видами;
- інші підходи, як, наприклад, аналіз важливих соціально-економічних факторів – таких, як поведінка споживачів та державна політика [Balzan, 2021].

2.2. Зв'язок індустріальної екології та циркулярної економіки

Індустріальна екологія зробила свій внесок у різні ідеї про економічні системи, спрямовані на підвищення ефективності використання ресурсів, тобто на мінімізацію відходів та максимізацію послуг, що надаються завдяки використанню ресурсів. Ці ідеї знайшли своє відображення, зокрема, в концепції економіки замкне-

ного циклу, що є головним двигуном для досягнення цілей сталого розвитку суспільства. Сьогодні індустріальна екологія надає науково обґрунтовані методології, інструменти та підходи для розуміння та застосування методів економіки замкненого циклу.

Нині науковці дискутують щодо зв'язку між індустріальною екологією та циркулярною економікою. Оскільки обидві концепції й досі не мають чітких загальноокреслених рис, у наукових журналах з'являються публікації, які порушують питання про те, чи є індустріальна екологія наукою про економіку замкненого циклу. Здебільшого науковці розглядають циркулярну економіку як більш широке поняття, що спирається на ідеї індустріальної екології як один із наукових напрямів свого становлення [Vocken et al., 2017].

Індустріальна екологія – це інструмент реалізації цілей екологічної політики в промислових галузях економіки, що фокусується на синергії між організаціями для повторного використання промислових відходів. Своєю чергою, циркулярна економіка фокусується на продовженні життєвого циклу продукту завдяки його дизайну, скороченні споживання ресурсів завдяки технологічним інноваціям, поверненні цінності продукту внаслідок його переробки й відновлення та може бути впроваджена в усіх галузях господарства, де реалізуються цілі сталого розвитку, з особливим акцентом на прагненні до повного використання відновлюваних ресурсів, вдосконалення методів перероблення відходів, розвитку сталого екологічного сільського господарства, розвитку енергетики на основі відновлюваних джерел енергії тощо. Незважаючи на те що в основу циркулярної економіки покладено принципи індустріальної екології, вона виходить за межі її концепції та може бути подана як системний підхід до проектування економічної системи, що розглядає такі аспекти, як бізнес-моделі, ланцюги поставок, створення та збереження вартості тощо.

У межах індустріальної екології вводиться поняття «індустріальна екосистема», що функціонує як аналог біологічних екосистем та розвивається внаслідок оптимізації виробництва товарів і матеріалів, зводячи до мінімуму негативний вплив промисловості на довкілля за допомогою циркулярних процесів. У межах самоорганізації різні учасники розробляють інноваційні процеси для переробки продуктів, скорочення промислових, природних та енергетичних відходів, експлуатації місцевих ресурсів тощо.

Урхем Дж. з колегами екосистему визначає як набір компонентів, створених власником продуктової платформи, та інновацій, які розробляють незалежні актори поза платформою [Wareham et al., 2014].

2.3. Індустріальний метаболізм та симбіоз

У науковій літературі обговорюється низка термінів, що тісно пов'язані з індустріальними екосистемами, які нагашують їх між-дисциплінарний характер, включаючи індустріальний метаболізм та симбіоз, індустріальні та екоіндустріальні парки. Розглянемо ці поняття більш докладно.

Індустріальний метаболізм – це концепція, що описує матеріальний та енергетичний обіг промислових систем (рис. 2.1). Він був запропонований Робертом Айресом за аналогією з біологічним метаболізмом як «ціла інтегрована сукупність фізичних процесів, що перетворюють сировину та енергію, а також працю в готові продукти та відходи...» [Ayres, 1994].

Цифри та факти

Цікавий приклад аналізу складності індустріального метаболізму наведено Дж. Вомаком та Д. Джонсом у книзі «Ощадливе мислення», де простежується виникнення та доля банки англійської коли. Виробництво банки дорожче та складніше, ніж виробництво самого напою, проте 84% всіх банок викидається в сміття, що означає, що обсяг відходів алюмінію з урахуванням виробничих втрат становить 88% [Womack 1996].

Індустріальний симбіоз – це сукупність міжфірмових відносин, у яких відходи одних підприємств стають ресурсами чи енергією інших [European Commission, 2019] (рис. 2.2). Наприклад, скидне тепло пекарні може застосовуватися для обігріву ферми, вода після очищення обладнання на молокозаводі – як корм для тварин



Рис. 2.1. Схема індустріального метаболізму [Ayres, 1994]

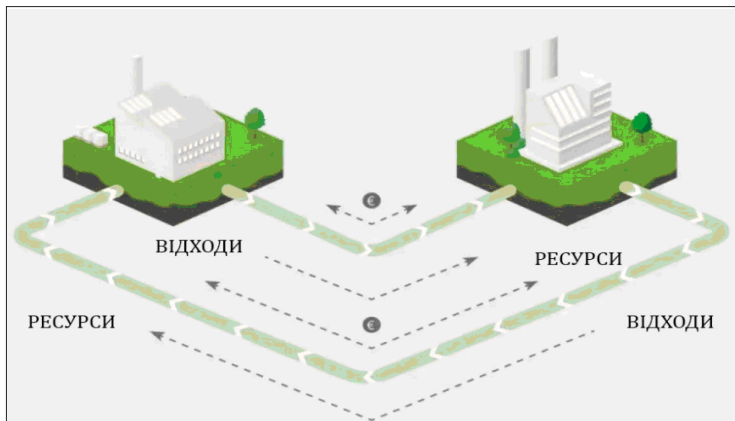


Рис. 2.2. Схема індустріального симбіозу [Kalundborg]

тощо. Цей механізм поєднує компанії з різних секторів економіки, сприяючи переробці відходів виробництва, підвищенню ефективності використання ресурсів та зниженню негативного впливу на довкілля. Індустріальний симбіоз часто описують як модель сталого розвитку та інструмент циркулярної економіки [Bocken et al., 2016].

Розрізняють п'ять видів індустріального симбіозу [Shemeleva, 2018]:

- 1) обмін відходами: матеріали продаються або передаються безплатно для переробки іншій фірмі;
- 2) обмін матеріальними ресурсами всередині одного об'єкта, але між різними процесами;
- 3) колаборація підприємств всередині однієї галузі з обміну матеріальними ресурсами;
- 4) міжгалузєва взаємодія на території великого регіону;
- 5) міжрегіональні потоки ресурсів.

Індустріальний симбіоз має багато економічних та екологічних вигод. Передусім він суттєво поліпшує еколого-економічні показники підприємств, оскільки допомагає зменшувати витрати виробництва, а отже, заощаджувати кошти, підвищує прибутковість бізнесу та його інвестиційну привабливість, сприяє зростанню продуктивності праці, знижує негативний вплив на довкілля.

Застосування підходу індустріального симбіозу на підприємствах дозволяє:

- зменшити витрати на сировину та утилізацію відходів;
- згенерувати прибуток від реалізації побічних продуктів та відходів;
- зменшити навантаження на сміттєзвалища та знизити рівень викидів CO₂ [Chovancová et al., 2021];
- розширити бізнес-можливості та покращити конкурентоспроможність підприємств;
- посилити соціальну корпоративну відповідальність бізнесу.

У цілому індустріальний симбіоз сприяє втіленню концепцій сталого та низьковуглецевого розвитку, зменшенню екологічного сліду від промисловості.

Першовідкривачем у галузі індустріальних симбіозів є британська компанія International Synergies, яка у 2005 році розробила програму NISP (National Industrial Symbiosis Programme) [Національна], що охоплює три регіони Великобританії. За сім років до програми приєдналося понад 15 тис. компаній. Загальний обсяг їх спільних продажів перевищив 1,7 млрд євро, витрати скоротилися більш ніж на 1,2 млрд євро, викиди парникових газів – на 39 млн т, а кількість матеріалів, що не потрапили на сміттєзвалище, становила 45 млн т. Програма також дозволила зберегти та створити понад 10 тис. робочих місць.

2.4. Індустріальні парки: європейський досвід та перспективи в Україні

Оскільки однією з ключових передумов успішного втілення індустріального симбіозу є близьке розташування компаній-учасників, найкраще ця модель зарекомендувала себе в рамках екоіндустріального парку. Розрізняють індустріальний та екоіндустріальний парк.

Згідно із Законом України «Про індустріальні парки», індустріальний (промисловий) парк – це облаштована відповідною інфраструктурою територія, у межах якої учасники індустріального парку можуть здійснювати господарську діяльність у сфері пере-

робної промисловості, переробки промислових та/або побутових відходів (крім захоронення відходів), а також науково-технічну діяльність, діяльність у сфері інформації і електронних комунікацій на умовах, визначених цим законом та договором про здійснення господарської діяльності у межах індустріального парку [Закон, 5018-VI].

Поняття екоіндустріальних парків (ЕІП) уперше було використане на Конференції ООН з розвитку довкілля в 1992 р. у Ріо-де-Жанейро. Вже у 2016 році налічувалося понад 250 працюючих або спроектованих ЕІП [UNIDO, 2017]. За визначенням, запропонованим UNIDO, екоіндустріальні парки – це розташовані на одній території виробничі та сервісні компанії, які прагнуть поліпшити екологічні, економічні та соціальні показники шляхом співробітництва у вирішенні екологічних та ресурсних питань [UNIDO, 2019].

Порівняно з індустріальними парками в екоіндустріальних парках синергетичний ефект виражається не тільки в зростанні економічних показників, але й у скороченні негативного впливу на навколишнє середовище та покращенні якості життя локальної спільноти.

Агентство з охорони навколишнього середовища США пропонує розуміти під індустріальним парком «об'єднання виробників товарів та послуг, які бажають покращити економічний та екологічний стан шляхом спільного управління природними ресурсами та навколишнім середовищем» [Chertow, 2007].

Класичним прикладом екоіндустріального парку є датський Kalundborg symbiosis (рис. 2.3).

Парк був започаткований у 1959 році, коли була запущена електростанція Asnaes Power Station. Перший епізод розподілу між двома суб'єктами відбувся у 1972 році, коли Гургос, цех із виробництва гіпсокартону, створив трубопровід для постачання газу з Tidewater Oil Company. У 1981 році муніципалітет Калундборг завершив розподільну мережу централізованого тепlopостачання в місті Калундборг, яка використовувала відпрацьоване тепло від електростанції.

На цей час відбувається близько 30 обмінів ресурсами між резидентами Калундборгу. Електростанція Asnaes знаходиться в центрі мережі. Електростанція передає надлишки пари нафтопереробному заводу Statoil, забезпечуючи 40% їх потреби в парі й отримуючи

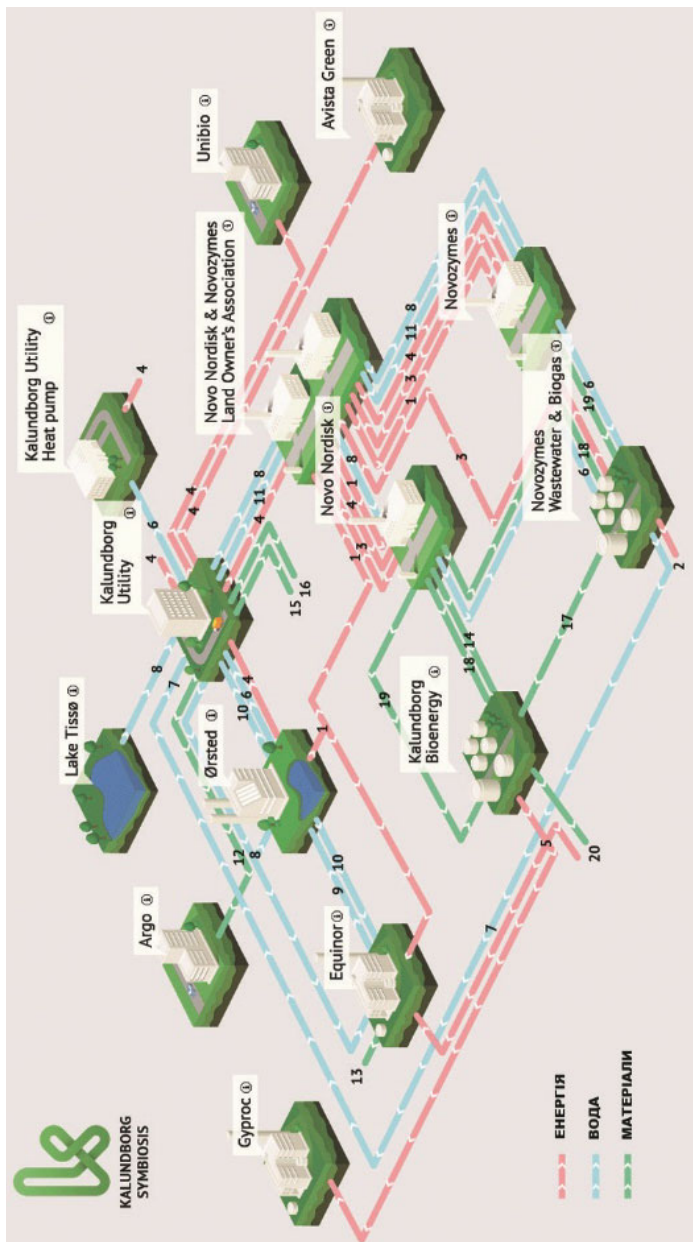


Рис. 2.3. Схема зв'язків між підприємствами в екоіндустріальному парку Kalundborg symbiosis
 Дані з джерела [Kalundborg]

в обмін газ, отриманий від сміття. Електростанція генерує електроенергію та пару з цього газу і відправляє її на рибну ферму та у фармацевтичну компанію Novo Nordisk, повністю забезпечуючи їх, а також ще 3500 домогосподарств. Ці домогосподарства сплачують за підземний трубопровід, який забезпечує їх теплом, але натомість отримують надійне джерело тепла за низькою ціною. Зольний пил з електростанції Asnaes Power Station спрямовується на цементний завод, а гіпс з його десульфурації надсилається одному з провідних виробників гіпсокартону в Скандинавії Гургос. 2/3 потреби Гургос у гіпсі задовольняється електростанцією. Statoil забирає сірку з природного газу і продає її виробнику сірчаної кислоти Kemira. Рибна ферма продає мул зі своїх ставків навколишнім фермам як добрив, а Novo Nordisk віддає свій біологічний мул для виробництва біогазу на електростанції.

Також тут розвинені схеми рециркуляції води. Нафтопереробний завод Statoil перекачує 700 тис. м³ води для охолодження електростанції, яка очищає її й використовує як воду для котла. Asnaes також очищує близько 200 тис. м³ стічних вод нафтозаводу.

У результаті Kalundborg symbiosis став взірцевим екоіндустріальним парком. Завдяки обміну потоками, ефективному скороченню та очищенню відходів компанія щорічно заощаджує близько 665 тис. тонн CO₂, 3 млн літрів води, 100 ГВт енергії, 87 тис. тонн матеріалів та близько 24,2 млн євро [Kalundborg].

Ще одним вдалим прикладом успішного екоіндустріального парку є Sotenäs Symbiosentrum у шведському місті Сотенас (рис. 2.4).

Основними учасниками екоіндустріального парку є виробники морепродуктів (Orkla, Leroy, Marenor), аквакультура (розведення лосося) (Smögenlax, WC Smolt), заводи з виробництва біогазу (Rena Hav), виробництво водоростей (Swedish Algae), видалення та перероблення морського сміття (FF Norden) та завод з очищення стічних вод (WWTP). Унаслідок діяльності Sotenäs Symbiosentrum знижується навантаження на довкілля, оскільки щорічно обсяг викидів парникових газів знижується на 60 тис. тонн CO₂-екв, і 390 тонн PO₄-екв. Крім того, загальна економія порівняно з базовою моделлю становить близько 10% ВВП міста [Martin and Carlsson, 2018].

Щодо ситуації в Україні, то із наявних 52 індустріальних парків повноцінно функціонують лише чотири (рис. 2.5):

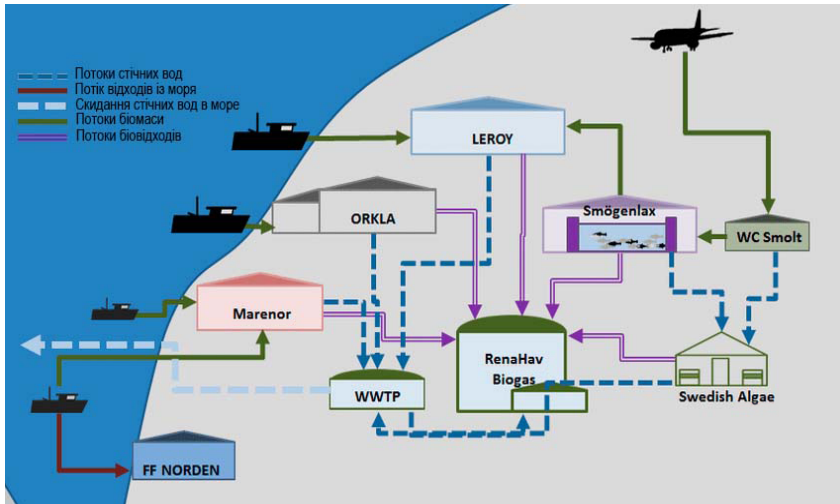


Рис. 2.4. Схема зв'язків між підприємствами в екоіндустріальному парку Sotenäs Symbiosentrum

Дані з джерела [Martin and Carlsson, 2018]

- 1) індустріальний парк «Біла Церква» (Київська область);
- 2) вінницький індустріальний парк;
- 3) індустріальний парк «Соломоново» (Закарпатська область);
- 4) індустріальний парк «Коростень» (Житомирська область).

У 2020 році індустріальний парк «Біла Церква» став учасником Глобальної програми екоіндустріальних парків (ГПЕІП) в Україні, ініціатором якої є Організація Об'єднаних Націй з промислового розвитку (ЮНІДО). Ця програма розрахована до 2024 року для країн, що розвиваються, та країн з перехідною економікою (В'єтнам, Єгипет, Індонезія, Колумбія, Перу та Україна), реалізується ЮНІДО за фінансування уряду Швейцарії.

Метою ГПЕІП є демонстрація переваг екоіндустріальних парків, що виражається в підвищенні продуктивності ресурсів та покращенні економічних, екологічних та соціальних показників підприємств, і сприяння інклюзивному та сталому розвитку. Використовуючи розроблені на глобальному рівні інструменти, ГПЕІП спрямована на підвищення продуктивності природних

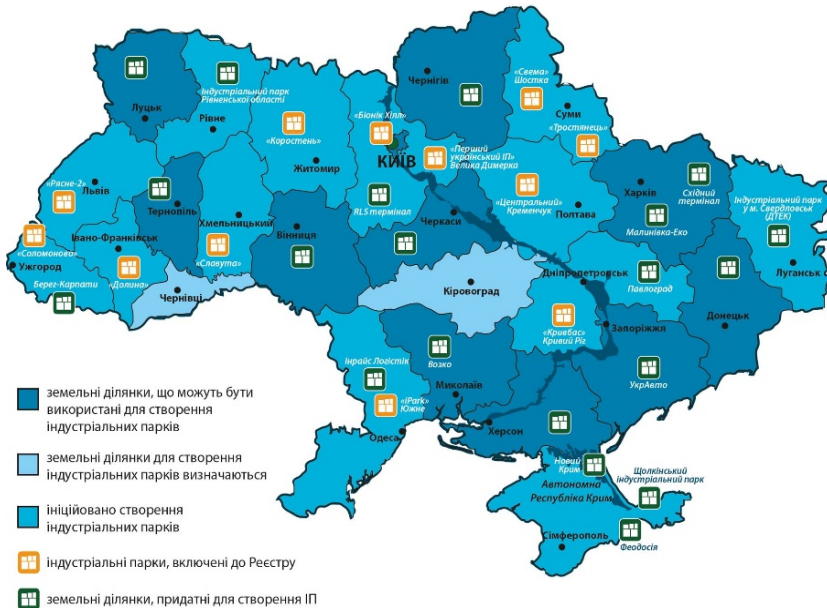


Рис. 2.5. Індустріальні парки України

Дані з джерела [Асоціація]

ресурсів (включаючи енергію, воду та матеріали) та зменшення інтенсивності забруднення від підприємств.

Метою індустріального парку «Біла Церква» є розвиток сучасного промислового виробництва в Україні. Парк пропонує землі промислового призначення з усією інженерною інфраструктурою та готові сучасні виробничі, логістичні й складські приміщення для оренди або купівлі. Знання і значний досвід у розвитку нерухомості дозволяють команді парку надати клієнтові комплекс сервісів і послуги для організації ефективного виробництва.

Загальна територія Індустріального парку «Біла Церква» становить понад 70 га. Ключова відмінність у його орієнтації спрямована на створення екосистеми та кластерів (виробничих, логістичних, інших). Цінність такого підходу для клієнта полягає в налагодженні ланцюгів постачання, зниженні часу виконання замовлень клієнтів і виробничих витрат. Станом на початок 2020 року резидентами

індустріального парку є шість компаній. Індустріальний парк належить до проєктів UFuture.

Участь у ГПЕІП дозволить резидентам індустріального парку скористатися досвідом провідних компаній і впровадити світові практики у сфері екологічності, енергоефективності та сталого розвитку. Опосередкованими вигодами для бізнесу будуть підвищення конкурентоспроможності, полегшення доступу до нових ринків та задоволення потреб споживачів в екологічно безпечних товарах і послугах.

Література

1. Асоціація індустріальних парків України. URL: <https://www.facebook.com/Асоціація-індустріальних-парків-України-747503775370863/>
2. Зайцев В. А. Промышленная экология : учебное пособие. Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. 382 с.
3. Закон України «Про індустріальні парки». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5018-17#Text>
4. Національна програма промислового симбіозу, Великобританія. URL: <https://www.nispnetwork.com/>
5. Ayres R. U, Simonis U. E. Industrial Metabolism: Restructuring for Sustainable Development. 1994. *United Nations University Press*. P. 3–20.
6. Balzan R. Industrial ecology for a sustainable future. URL: <https://www.i-vest.ch/trends/lifestyle/industrial-ecology-for-a-sustainable-future>
7. Bocken N. M. P., Ritala P., Huotari P. The Circular Economy: Exploring the Introduction of the Concept Among S&P 500 Firms. *Journal of Industrial Ecology*. 2017. Vol. 21. P. 487–490.
8. Bocken N., De Pauw I., Bakker C., Van Der Grinten B. Product design and business model strategies for a circular economy. *Prod. Eng.* 2016. Vol. 33. P. 308–320. URL: <https://doi.org/10.1080/21681015.2016.1172124>
9. Chertow M. R. Uncovering Industrial Symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*. 2007. Vol. 1 (1). P. 11–30.
10. Chovancová, J., Litavcová, E. & Shevchenko, T. 2021. Assessment of the relationship between economic growth, energy consumption, CO₂ emissions and renewable energy sources in the V4 countries. *Journal of Management and Business: Research and Practice*, 13(2), 11–25. URL: <http://www.journalmb.eu/JMB/article/view/27>
11. European Commission. URL: https://ec.europa.eu/environment/europeangreencapital/wp-content/uploads/2018/05/Industrial_Symbiosis.pdf

12. Frosch R. A., Gallopoulos N. E. (1989). Strategies for manufacturing. *Scientific American*. 1986. Vol. 261 (3). P. 144–152.
13. Graedel T. E., Allenby B. R. Industrial ecology and sustainable engineering. 2010. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 403 p.
14. Kalundborg Symbiosis: six decades of a circular approach to production. URL: <https://circulareconomy.europa.eu/platform/en/good-practices/kalundborg-symbiosis-six-decades-circular-approach-production>
15. Martin M., Carlsson P. Environmental assessment of the Sotenäs Industrial Symbiosis Network. 2018. URL: <https://www.ivl.se/download/18.2aa269781609727880714b0/1519639105074/C275.pdf>
16. Shemeleva N. The new business model for circular economy: moving from theory to practice. 18th International multidisciplinary scientific GEO conference SGEM. Sofia, Bulgaria. 2018. Vol. 18, Is. 5.3. P. 919–926.
17. UNIDO. World Bank Group, GIZ. An International Framework for Eco-Industrial Parks. The *World Bank Group*. 2017. URL: <https://doi.org/10.1596/29110>
18. UNIDO. Eco-Industrial Parks – Achievements and Key Insights from the Global RECP Programme. Swiss Confederation. 2019. 52 p. URL: https://www.unido.org/sites/default/files/files/2019-10/UNIDO_EIP_Achievements_Publication_Final_0.pdf
19. White R. M. The greening of industrial ecosystems (B. R. Allenby & D. J. Richards eds). National Academy Press. 1994.
20. Womack J. P., Jones D. T. Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. 1996. Simon and Schuster. New York.
21. Wareham J., Fox P., Lluís Cano Giner J. Technology Ecosystem Governance. *Organization Science*. 2014. Vol. 25 (4). P. 1195–1215.

3

Т Е М А

Бізнес-моделі та ланцюги поставок циркулярної економіки

- 3.1. Бізнес-моделі циркулярної економіки та їх класифікація
- 3.2. Ланцюги поставок у моделі циркулярної економіки
- 3.3. Економічне обґрунтування бізнес-моделі на основі CANVAS-інструмента
- 3.4. Роль споживача в циркулярній економіці

3.1. Бізнес-моделі циркулярної економіки та їх класифікація

Термін «бізнес-модель» є одним із ключових у циркулярній економіці, що означає можливі шляхи інновацій у бізнесі, пов'язані з проблемами сталості. Це спроба змінити бізнес-моделі, орієнтовані на продукт, де фірми мають стимул максимізувати кількість проданих продуктів, на бізнес-моделі, орієнтовані на обслуговування, де фірми заробляють гроші шляхом запропонованої послуги. За такої зміни фірми матимуть стимул подовжувати термін служби продуктів, щоб вони були максимально інтенсивно використані, що дозволить зробити їх максимально ефективними з погляду витрат і матеріалів та максимально використовувати їх після завершення життєвого циклу продукту.

Визначають п'ять загально визнаних інноваційних бізнес-моделей, класифікованих спеціалістами міжнародної консалтингової компанії Accenture на основі аналізу більш ніж 120 досліджень компаній, які вживали заходів щодо підвищення ефективності та продуктивності ресурсів шляхом впровадження інновацій [Accenture, 2015].

Ця класифікація ґрунтується на моделі циркулярної економіки, яка становить собою такий замкнутий цикл ресурсів: дизайн продукту → постачання ресурсів → виробництво → логістика → продажі та маркетинг → використання продукту → кінець використання → зворотна логістика, яка повертає продукти та матеріали на нове коло (рис. 3.1).

Розглянемо більш докладно бізнес-моделі, що лежать в основі циркулярної економіки [Accenture, 2015].

Лідирують в економіці з реалізації цієї моделі такі галузі, як автомобілебудування й енергетика.

Renault – перший автовиробник, який взяв зобов’язання щодо впровадження концепції циркулярної економіки, створивши у 2008 р. дочірню компанію Renault Environment, що забезпечує контроль за потоком автомобільних відходів і деталей. У результаті транспортні засоби створюються на 85% придатними для повторного використання і містять 95% деталей, видобутих у кінці терміну служби. Частка перероблених пластмас у виробництві постійно зростає, відновлюються і повторно використовуються запасні частини раніше реалізованих автомобілів з вичерпаним терміном експлуатації, впроваджено процеси рециркуляції міді. Нині виручка компанії від застосування практики циркулярної економіки становить 0,5 млрд євро за рік [Groupe Renault, 2017].

В енергетичній сфері розроблено технологію виробництва целюлозного біоетанолу, за якою сільськогосподарські залишки (кукурудзяні качани, лушпиння, листя і стебла) перетворюють на поновлюване паливо [Ranjbari et al., 2022]. Реалізація таких проєктів дає можливість фінській компанії North European Bio Tech Oy та POET-DSM Advanced Biofuels отримувати нове джерело доходу, сприяючи зменшенню викидів, створенню робочих місць і зміцненню національної енергетичної безпеки [NEOT, 2017; POET-DSM, 2017].

2. Відновлення ресурсів (англ. – *resources recovery*) – модель, заснована на використанні технологічних інновацій з відновлення й повторного використання ресурсів, що дозволяє не допустити їх втрат завдяки зниженню відходів та підвищенню рентабельності виробництва продукції від зворотних потоків. Ця модель найприйнятніша для підприємств, що виробляють великі обсяги побічних продуктів для ефективного відновлення й переробки відходів.

Одним із найяскравіших прикладів такої моделі є досвід данських виробників ліків Novo Nordisk, виробників ферментів Novozymes і DONG Energy разом із найбільшим нафтопереробним заводом Данії – Statoil, що обмінюються відходами та побічними продуктами. Пара з електростанції DONG надходить трубопроводом на виробничі підприємства Novo Nordisk і Novozymes, де слугує засобом для чищення, і на нафтопереробний завод, де використовується у декількох процесах. Відходи електростанції – шлак і гіпс – використовують для виробництва цементу та гіпсокартону. Стічні

води Novo Nordisk і Novozymes очищують для муніципального використання, тоді як решту біомаси перетворюють на добрива. Statoil також зменшив викиди, перетворивши непотрібну сірку і азот на добрива [Reuters, 2015].

3. Платформи для обміну і спільного використання (англ. – *sharing platforms*) – модель, побудована на обміні або спільному використанні товарів чи активів. Забезпечує просування платформ для взаємодії між користувачами продукту (окремими особами або організаціями), підвищуючи тим самим рівень його використання.

Така бізнес-модель є цікавою для виробників, у яких низький коефіцієнт використання продукції або недовикористання потужності. Вона зумовила істотні зміни у сфері відносин споживачів між собою (C2C – consumer to consumer), бізнесу та споживача (B2C – business to consumer) і має значний потенціал у сфері відносин бізнес-бізнес (B2B (business to business)). Модель *Sharing platforms* дає можливість потенційним конкурентам співпрацювати із метою розподілу постійних витрат, збільшення використання активів, отримання доходів від спільної експлуатації обладнання та підвищення ефективності загалом. Під час реалізації моделі відносин C2C споживачі безпосередньо взаємодіють один з одним на онлайн-платформі. До цієї моделі належать ресурси обміну транспортом: BlaBlaCar – найбільший у світі міжнародний онлайн-сервіс пошуку автомобільних попутників, RelayRides – сервіс оренди автомобілів, Airbnb – популярна у світі платформа для і оренди приватного житла тощо [Accenture, 2015].

4. Подовження життєвого циклу продукції (англ. – *product life extension*) – модель, яка дає можливість компаніям подовжити життєвий цикл використання своїх продуктів шляхом ремонту, модернізації, реконструкції або відновлення. Більше підходить для виробників промислового устаткування, нові моделі якого забезпечують незначне збільшення продуктивності порівняно з більш ранніми. Як приклад такої бізнес-моделі можна розглянути програми з відновлення, капітального ремонту та модернізації устаткування, що здійснюють фінські компанії Ponsse (спеціалізується на машинах і обладнанні для лісової галузі) і SR-Harvesting (спеціалізується на тракторах Valtra і Valmet). Підприємства купують техніку, яка не працює, розбирають її і зберігають корисні деталі, які згодом очищають, перевіряють і продають з гарантією. Деталі,

які не можна повторно використовувати, передають на подальше перероблення, що дає змогу подовжити життєвий цикл матеріалів [Accenture, 2015; SITRA, 2017].

5. **Продукт як послуга** (англ. – *product as a service*) – модель, у якій клієнти використовують продукцію, «орендуючи» її з оплатою за фактом використання. Є альтернативою купівлі продукту, надаючи його в користування, наприклад, шляхом договору оренди, лізингу тощо. У разі якщо виробник зберігає право власності на всі матеріали й обладнання, виникає стимул для створення продукту з тривалим життєвим циклом (для забезпечення довговічності контракту на обслуговування), що потребує мінімального обслуговування (для зменшення накладних витрат на обслуговування й підтримання задоволеності клієнтів), оптимізованого для повторного використання або утилізації окремих його деталей після завершення терміну його служби. Застосовуючи цю бізнес-модель, Philips реалізує програму Circular Lighting, згідно з якою компанія надає послуги освітлення замість освітлювальних приладів. У цьому разі за всі технічні аспекти (технічне обслуговування, заміна, модернізація, оптимізація) і надалі відповідає Philips, що має два важливі наслідки: 1) для бенефіціара (споживача) спрощується організація послуг освітлення; 2) для постачальника (тобто Philips) весь процес стає ефективнішим, оскільки інтегрує по вертикалі дизайн, виробництво, вибір рішення для освітлення, впровадження, обслуговування і заміну світлового обладнання. Укладаючи договір на організацію освітлення, Philips за погодженням із клієнтом розробляє проєкт освітлення, підбирає освітлювальні прилади, а також монтує систему моніторингу виходу їх із ладу, забезпечуючи подальшу заміну. Електроприлади, що вийшли з ладу, компанія забирає для переробки. У 2017 р. дохід від такої діяльності становив 9% загального доходу компанії [Accenture, 2015; Pincus, 2017].

Іншим прикладом слугує французька компанія Michelin, яка не тільки продає шини, а й пропонує управління ними. У 2013 р. компанія створила окремий підрозділ – Michelin Solutions для проєктування, розроблення та продажу послуг для комерційних автомобілів, зокрема вантажних автомобілів. Використовуючи IoT (IoT – концепція обчислювальної мережі фізичних предметів, «речей», оснащених вбудованими технологіями для взаємодії один із одним

або із зовнішнім середовищем), вони запустили EFFIFUEL – екосистему, яка використовує датчики всередині транспортних засобів для збирання даних – таких, як витрата палива, тиск у шинах, температура, швидкість і місце розташування. Потім дані обробляють й аналізують фахівці Michelin, які надають рекомендації та навчають методам еководіння [World, 2016].

3.2 Ланцюги поставок у моделі циркулярної економіки

Основу циркулярної економіки утворюють замкнені ланцюги поставок. Терміни «ланцюжок поставок» та «управління ланцюжком поставок» уперше були запропоновані практиками та консультантами американських підприємств на початку 1980-х років, однак академічна теорія в межах цього напрямку досліджень набула розвитку на початку 1990-х років.

Для успішного управління важливо розуміти, які суб'єкти є частиною ланцюжка постачання. У визначенні Хендфілда і Ніколса усі сторони, які беруть участь у «діяльності, що пов'язана з рухом і перетворенням товарів від стадії видобутку сировини до кінцевого користувача, а також пов'язані з нею інформаційні потоки» [Handfield and Nichols, 1999], належать до ланцюжка поставок. Так само Чопра і Майндл визначають, що «ланцюжок поставок складається з усіх сторін, прямо чи опосередковано залучених до виконання запиту клієнта» [Chopra and Meindl, 2016]. У типовому ланцюжку поставок може бути задіяно низку учасників, включаючи постачальників, виробників, дистриб'юторів, роздрібних продавців і кінцевих споживачів. Хоча термін «ланцюжок» передбачає існування лише взаємодії «один до одного», насправді ланцюжок поставок більш точно описується як мережа, оскільки до неї залучено кілька підприємств, сторін і, отже, відносин.

Діючи сьогодні організація ланцюжків поставок є лінійною та передбачає проектування ланцюгів тільки в одному напрямку – до споживача, що пов'язано з непомірним використанням ресурсів та високим рівнем утворення відходів. Циркулярна економіка має на меті формування кругових ланцюжків поставок, що спонукають виробників та продавців переробляти використані товари для перепродажу (рис. 3.2). Для підтримки розвитку нових замкнених



Рис. 3.2. Модель замкнутого ланцюга поставок

Дані з джерела [Manavalana and Jayakrishna, 2019]

ланцюжків поставок визначено чотири аспекти [González-Sánchez et al., 2020].

- 1) підвищення інтенсивності відносин, встановлених у ланцюжку поставок. Успішні циклічні ланцюжки поставок потребують комплексних спільних дій усіх зацікавлених сторін, що функціонують за умов підвищеної прозорості;
- 2) організація зворотної логістики. Зворотна логістика охоплює процеси збору, транспортування, екологічно безпечного зберігання й сортування товарів перед їх повторним виробництвом, відновленням, повторним використанням або переробленням (рис. 3.3). Для ефективної реалізації механізмів зворотної логістики доцільно створити відповідну логістичну структуру, що має забезпечувати координацію та партнерство всіх учасників логістичного ланцюжка постачання;
- 3) цифрові технології, які дозволяють розробляти нові інструменти, необхідні для виробничих та управлінських змін. Основна роль інформаційних та комунікаційних технологій полягає в ефективному управлінні замкненими екосистемами та прийнятті бізнес-рішень. Найбільшої уваги з погляду циркулярної економіки заслуговують такі технології: погли-

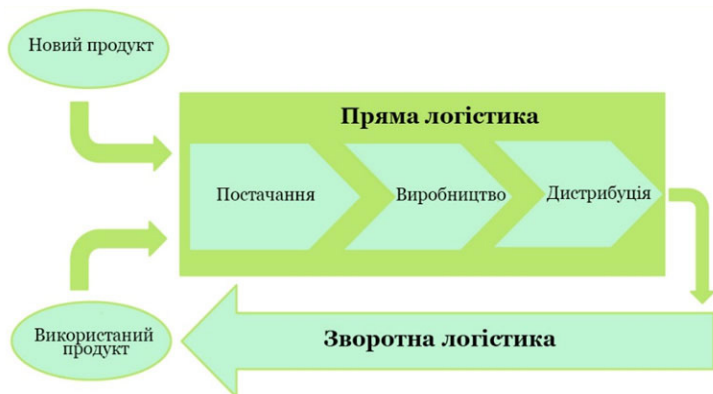


Рис. 3.3. Схема прямої та зворотної логістики [Andrade et al., 2013]

блена аналітика, 3D-друк, Інтернет речей, блокчейн, штучний інтелект;

- 4) залучення споживачів. Компанії повинні переглянути свої відносини з клієнтами з метою відстеження та отримання від клієнтів товарів, що були у використанні, які можуть бути відновлені або перероблені. Спонування споживачів до циркулярної поведінки є критично важливим чинником успішного початку циркулярності, адже поведінка покупців збільшує кількість товарів, що повертаються назад до циклу, і сигналізує компаніям про попит на товари замкненого циклу [González-Sánchez et al., 2020].

Споживання та споживачі повинні мати першочергове значення для компаній та виробників, що намагаються розширити свою участь у циркулярній економіці. Відсутність ринкової підтримки чи попиту з боку споживачів є однією з основних перепон для малих та середніх компаній в реалізації циклічних проєктів.

3.3. Економічне обґрунтування бізнес-моделі на основі CANVAS-інструмента

Для побудови бізнес-моделі щодо реалізації проекту можна застосовувати CANVAS-інструмент. CANVAS становить собою схему економічних відносин, яка визначає логіку побудови взаємозв'язків між основними елементами бізнес-системи. Цей інструмент містить дев'ять пронумерованих структурних блоків (табл. 3.1). Нумерація блоків відображає послідовність формування цінності виробу/послуги для клієнта, а розташування осередків вказує на логічний взаємозв'язок елементів [Osterwalder and Pigneur, 2010].

Таблиця 3.1. Структурні блоки інструмента CANVAS

<p><i>8. Ключові партнери</i> Перелік партнерів? Перелік поставальників? Які ключові ресурси компанія отримує від партнерів?</p>	<p><i>7. Ключові види діяльності (план-графік діяльності)</i> Яких видів діяльності потребують ціннісні пропозиції компанії? Взаємовідносини з клієнтом? Потоки надходження доходів?</p> <p><i>6. Ключові ресурси</i> Які ключові ресурси потрібні для ціннісних пропозицій, каналів збуту, взаємовідносин з клієнтами та потоків доходів?</p>	<p><i>2. Ціннісні пропозиції (головна ідея)</i> Які цінності компанія пропонує споживачу? Які потреби задовольняє компанія? Які проблеми допомагають вирішувати виробу/послуги компанії?</p>	<p><i>4. Взаємовідносини з клієнтами</i> Які відносини встановлені? Яких витрат вони потребують? Які мотиви? Залучення клієнтів?</p> <p><i>3. Канали збуту</i> Як компанія взаємодіє зі споживчими сегментами? Як пов'язані канали збуту між собою? Використовуються власні чи партнерські канали збуту?</p>	<p><i>1. Споживчі сегменти</i> Для кого компанія створює ціннісну пропозицію? Які клієнти для компанії важливі?</p>
<p><i>9. Структура витрат</i> Які найбільш важливі витрати передбачає бізнес-модель компанії? Які з ключових ресурсів найбільш дорогі? Які ключові види діяльності потребують найбільших витрат?</p>		<p><i>5. Потоки доходів</i> За що клієнти готові платити? У який спосіб платять? Яку частину прибутку приносить кожний потік?</p>		

3.4. Роль споживача в циркулярній економіці

Споживачі є важливим компонентом будь-якої системи виробництва та споживання, що мають вирішальне значення для успіху будь-яких змін. До основних способів, за допомогою яких споживачі можуть глобально впливати на систему господарювання, зокрема, належать:

- вибір товарів і послуг;
- способи поводження з товарами після їхнього життєвого циклу;
- методи зміни системи, наприклад, ланцюжків поставок чи регулювання.

Проте, навіть будучи дуже потужною економічною групою, споживачі не завжди можуть вплинути на систему в необхідних масштабах, зокрема, через те що раціональний споживчий підхід піддається широкій критиці з боку таких теорій, як, наприклад, поведінкова економіка.

Попит на екологічні товари зростає, особливо в молодих споживачів. Глобальні дослідження показали, що 65% покупців проголошують про свою готовність платити більше за бренди, які пропонують товари, що виробляються без шкоди для навколишнього середовища. Проте реальні продажі екологічних товарів становлять лише 26% [White, 2019]. Як правило, вибір екотоварів виявляється для покупців складним завданням, що вимагає від них певних зусиль на вивчення характеристик та пошук належного товару, зміни характеру своєї поведінки як споживача та більших витрат.

Внесок продовольчих систем у загальносвітові викиди парникових газів становить близько 37%. Виробництво продуктів харчування, особливо тваринництво, призводить до високого енергоспоживання, вирубування лісів, збільшення викидів парникових газів та надмірного використання води. 60% пластику, більшість якого надходить із харчової промисловості, потрапляє на сміттєзвалища або в навколишнє середовище [United Nations, 2015]. Сільське господарство та землеробство зробили свій внесок у значне скорочення біорізноманіття ґрунту та генетичної різноманітності сільськогосподарських культур і видів худоби.

Суспільство може вплинути на екологізацію продовольчих систем, купуючи сезонні продукти місцевого виробництва та

знизивши споживання продуктів тваринного походження, а також купуючи продукти харчування у виробників, які застосовують більш сталі методи виробництва. Зокрема, рослинна дієта скорочує використання земель на 76% порівняно з вживанням м'яса, тому заміна м'яса альтернативними джерелами білка є одним із способів забезпечення більшої сталості [Poore and Nemecek, 2019].

Споживачі вже сьогодні виявляють високу активність у питаннях захисту довкілля шляхом організації роздільного збору сміття, використання сервісів шеренгової економіки, проведення кліматичних страйків, бойкотування брендів, що не дотримуються принципів сталого споживання, і т.д. Такі заходи закладають великий потенціал подальшого розвитку.

На прикладі відпрацьованого електричного та електронного обладнання вчені, що серед усіх учасників ланцюжку збереження цінності матеріалу в економічній системі якомога довше, роль споживача є досить вагомою, оскільки він є одночасно покупцем та користувачем виробу, а також «власником» відпрацьованого виробу, якого потрібно позбутися належним чином. Так, для належного повернення користувачем електронних відходів необхідно формувати зручну та достатню інфраструктуру й створювати економічні стимули [Shevchenko et al., 2022].

Дослідження поведінки споживачів, здійснені в розвинених країнах і країнах, що розвиваються, показали тенденцію накопичення відпрацьованого обладнання вдома замість його утилізації в належний спосіб [Han and Shevchenko, 2021]. Згідно з опитуванням споживачів у Фінляндії, близько 85% користувачів зберігають свої старі мобільні телефони вдома, незважаючи на наявність зручної інфраструктури для їх належного повернення. Багато електронних пристроїв у Фінляндії, особливо малогабаритні, наприклад, мобільні телефони, ноутбуки та розважальна електроніка, зберігаються вдома тому, що власники припускають, що пристрої мають високу залишкову вартість і тому не бажають віддавати їх на переробку [Ylä-Mella et al., 2015]. Подібна тенденція – зберігання старих та відпрацьованих виробів – має місце і в інших країнах. В Іспанії 73,9% респондентів зберігають вдома невеликі ІКТ-пристрої, що не використовуються [Bovea et al., 2018], а в Таїланді більше половини домогосподарств зберігали відпрацьовані електричні та електронні прилади вдома [Manomaivibool and Vassanadumrongdee, 2012].

За результатами опитування, споживачі в цих країнах зберігають старі вироби, оскільки вони не бажають віддавати її на переробку без компенсації залишкової вартості. У Китаї 47,1% старих мобільних телефонів зберігалися вдома, оскільки вони зазвичай продаються через неофіційний сектор за готівку. Дослідження моделей поведінки споживачів у Китаї показало, що 28,5% готові віддати свої телефони продавцям за схемою «старе замість нового», тоді як деякі споживачі вважають за краще отримати грошову компенсацію, продавши свої старі телефони [Yin et al., 2014]. Споживачі в Індії також очікують фінансової вигоди від утилізації своїх електронних відходів. Наведені приклади вказують на те, що такі економічні стимули, як система відшкодування депозитів чи якась інша форма компенсації, забезпечують належне повернення електронних відходів для подальшої утилізації, особливо для дрібних електричних та електронних виробів [Borthakur and Govind, 2017]. Отже, варто зазначити, що поточні програми переробки відпрацьованого електричного та електронного обладнання стикаються з проблемами накопичення відходів вдома та розвитку неофіційного сектору збирання. Ці виклики пов'язані здебільшого з відсутністю економічних стимулів для належного повернення відпрацьованих виробів, особливо тих, які є дорогими та швидко морально застарівають.

Для масового та максимально повного залучення споживачів до належного повернення використаних виробів потрібно створювати економічні стимули. Економічні стимули, такі як «купони на знижку» або «знижка на покупку» та подібні грошові виплати, використовуються в схемах збирання електронних відходів. Як альтернатива може бути впроваджена система електронних бонусних карток як технологія мотивації для компенсації зусиль споживачів щодо належного повернення відпрацьованого виробу і компенсації його залишкової вартості. На відміну від знижок при покупці бонусні картки дозволяють накопичувати бонуси для покупки нового товару без доплати [Shevchenko et al., 2019].

Література

1. Accenture. Circular A Advantage: Innovative Business Models and Technologies to Create Value in a World without Limits to Growth. 2015. URL: https://www.accenture.com/t20150523T053139_w_/us-en/_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/DotCom/Documents/Global/

- PDF/Strategy_6/Accenture-Circular-Advantage-Innovative-Business-Models-Technologies-Value-Growth.pdf
2. Andrade R. P., Lucato W. C., Vanalle R. M., Junior M. V. Reverse Logistics and Competitiveness: a Brief Review of This Relationship. *POMS Conference*. 2013. P. 1–10.
 3. Bovea M., Ibáñez-Forés V., Pérez-Belis V., Juan P. A survey on consumers' attitude towards storing and end of life strategies of small information and communication technology devices in Spain. *Waste Management*. 2018. Vol. 71. P. 589–602.
 4. Borthakur A., Govind M. Emerging trends in consumers' E-waste disposal behaviour and awareness: A worldwide overview with special focus on India. *Resource Conservation and Recycling*. 2017. Vol. 117. P. 102–113.
 5. Chopra S., Meindl P. *Supply chain management: strategy, planning, and operation*. 2016. Pearson, 6th edition. 516 p.
 6. Groupe Renault. Actively developing circular economy throughout vehicles life cycle, 30 May 2017. URL: <https://group.renault.com/en/news/blog-renault/renault-actively-developing-circular-economy-throughout-vehicles-life-cycle/>
 7. González-Sánchez R., Settembre-Blundo D., Ferrari A. M., García-Muiña F. E. Main Dimensions in the Building of the Circular Supply Chain: A Literature Review. *Sustainability*. 2020. 12(6): 2459. URL: <https://doi.org/10.3390/su12062459>
 8. Handfield R. B., Nichols E. L. *Introduction to supply chain management*. 1999. Prentice-Hall, Upper Saddle River.
 9. Han Y., Shevchenko T. Exploring incentive mechanism in smart e-waste management system in China. *Bulletin of Sumy National Agrarian University*. 2021. Vol. 4 (90). P. 50–59. URL: <https://doi.org/10.32845/bsnau.2021.4.8>
 10. Manavalana E., Jayakrishna K. An Analysis on Sustainable Supply Chain for Circular Economy. *Procedia Manufacturing*. 2019. Vol. 33. P. 477–484. URL: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.04.059>
 11. Manomaivibool P., Vassanadumrongdee S. Buying back household waste electrical and electronic equipment: Assessing Thailand's proposed policy in light of past disposal behavior and future preferences. *Resource, Conservation and Recycling*. 2012. Vol. 68. P. 117–125.
 12. NEOT Group. North European Oil Trade. *Sustainability Report*. 2017. URL: https://www.neot.fi/wpcontent/uploads/2018/06/180529-NEOT_SustainabilityReport_Netti2-1.pdf
 13. Osterwalder A., Pigneur Y. *Business model generation: a handbook for visionaries, game changers, and challengers*. 2010. Vol. 1. John Wiley & Sons. 284 p.
 14. POET-DSM achieves cellulosic biofuel breakthrough. New pretreatment system clears path for increased cellulosic production. Nov. 2, 2017.

- URL: <http://poetdsm.com/pr/poet-dsm-achievescellulosic-biofuel-breakthrough>
15. Pincus C., Ellman K. Philips Lighting, WM transition to the circular economy. *GreenBiz*. 2020. URL: <https://www.greenbiz.com/article/philips-wm-transition-circulareconomy>
 16. Poore J., Nemecek T. Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*. 2019. Vol. 360, no 6392. P. 987–992. URL: <https://doi.org/10.1126/science.aaq0>
 17. Ranjbari M., Esfandabadi Z., Shevchenko T. et al. An inclusive trend study of techno-economic analysis of biofuel supply chains, *Chemosphere*. 2022. Vol. 309. Part 2, 136755. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653522032489>
 18. Reuters. In Danish Trial of 'Symbiosis,' One Business' Waste Is Another's Gold. Dec. 20. 2015. URL: <https://www.nbcnews.com/business/energy/danish-trial-symbiosis-one-business-wasteanother-gold-n482521>
 19. SITRA. The most interesting companies in the circular economy in Finland. 2019. URL: <https://www.sitra.fi/en/projects/interesting-companies-circular-economy-finland/>
 20. Shevchenko T., Saidani M., Ranjbari M., Kronenberg J., Danko Yu., Laitala K. Mapping the consumer behaviour contribution to the circular economy transition: a conceptual consumer-centric framework. *Journal of Cleaner Production, Special Issue «Who will benefit from the transition to the Circular Economy?»*. 2023. Vol. 384. 135568. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652622051423>
 21. Shevchenko T., Laitala K., Danko Y. Understanding Consumer E-Waste Recycling Behavior: Introducing a New Economic Incentive to Increase the Collection Rates. *Sustainability*. 2019. Vol. 11. 2656. URL: <https://doi.org/10.3390/su11092656>
 22. United Nations. Goal 12: Ensure sustainable consumption and production patterns. 2015. URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-consumption-production/>
 23. World Economic Forum White Paper Digital Transformation of Industries: Digital Enterprise. 2016. URL: <http://reports.weforum.org/digital-transformation/wp-content/blogs.dir/94/mp/files/pages/files/digital-enterprise-narrative-final-january-2016.pdf>
 24. White K., Hardisty D. J., Habib R. The Elusive Green Consumer. *Harvard Business Review*. 2019. P. 124–133.
 25. Ylä-Mella J., Keiski R. L., Pongracz E. Electronic waste recovery in Finland: Consumers' perceptions towards recycling and re-use of mobile phones. *Waste Management*. 2015. Vol. 45. P. 374–384.
 26. Yin J., Gao Y., He X. Survey and analysis of consumers' behaviour of waste mobile phone recycling in China. *Journal of Cleaner Production*. 2014. Vol. 65, P. 517–525.

4

Т Е М А

Дизайн для циркулярної економіки

- 4.1. Роль та значення екодизайну в циркулярній економіці
- 4.2. Десять тематичних кейсів для аналізу параметрів екодизайну
- 4.3. Ключові параметри екодизайну: аналіз на основі кейсів

4.1. Роль та значення екодизайну в циркулярній економіці

Екологічність постійно привертає увагу завдяки її всеохопному впливу на системи і продукти в різноманітних галузях та дисциплінах. Екологічне проектування стало більш складним, оскільки сфера його застосування розширилася – від споживчих товарів до складних промислових систем. Зміст концепції сталого розвитку виходить за межі стадій проектування та виробництва, а отже, охоплює стадії використання, обслуговування та утилізації відпрацьованого виробу, тобто весь життєвий цикл, що веде до реалізації циркулярної моделі економіки [Papalambros, 2015].

Початкові успіхи в екологічному дизайні виникли завдяки бажанню зменшити негативний вплив на навколишнє середовище протягом життєвого циклу продукту. Останнім часом увага науковців щодо екодизайну приділялася одночасно трьом аспектам сталого розвитку, зокрема екологічному, економічному та соціальному [Kloepffer, 2008].

Екодизайн є одним із головних рушійних сил циркулярної економіки задля досягненням Цілей сталого розвитку. Серед 17 цілей п'ять – мають стосунок до циркулярної економіки (див. розділ 1), які частково реалізовані завдяки екодизайну. З появою концепції сталого розвитку екодизайн набув не тільки всеосяжності, а змінив акценти щодо проектування. По-перше, акцент на продукти було розширено на системи, тобто продукт розглядається в межах системи. Інакше кажучи, екологічність впливає на процеси проектування та створення продуктів і систем, які далі розширюються у сферах системних операцій, використання продукту, його утилізації після використання, повторного виробництва тощо. По-друге,

нові інструменти та теми з'являються з розвитком обчислювальних технологій і новою обізнаністю органів державної влади та регуляторів. У результаті виникають нові сфери наукового обґрунтування – такі, як аналітика дизайну, а також низка директив щодо повернення продукції та її подальшого перероблення тощо. Раніше було складно зрозуміти процес використання продукту в усіх деталях через труднощі зі збором даних. Наразі завдяки прогресу в телематичних системах, створеному такими виробниками, як GM, Ford, Volvo, John Deere, Caterpillar і Rolls Royce, тепер можна збирати дані про використання продукту в режимі реального часу. Такий прогрес відкрив нові методи, способи, прийоми екологічного дизайну продукту, що, своєю чергою, порушує нові теми дискусій – такі, як аналітика дизайну та дизайн, керований даними, наприклад.

Наведені нижче підрозділи акцентують увагу на поясненні сучасних трендів екодизайну з одночасним екологічним та економічним фокусом. Ці тренди були виявлені на основі вивчення десяти практичних кейсів у різноманітних галузях економіки. Усі ці кейси є нещодавно реалізованими проектами, які виявилися успішними та значущими, оскільки вони вирішували практичні проблеми для компаній, консорціумів чи урядів.

4.2. Десять тематичних кейсів для аналізу параметрів екодизайну

Для вивчення основних параметрів екодизайну нижче наведено опис десяти тематичних кейсів, які охоплюють різні промисловості та мають різні цілі. Наведені кейси докладно описані у вигляді окремих тематичних досліджень за посиланням: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02084355>. Вони демонструють принаймні одну з таких характеристик:

- зосередження на екодизайні з акцентом на досягнення екологічних цілей, що забезпечує екологічний ефект;
- вирішення проблеми бізнесу та представлення багатьох секторів промисловості;
- охоплення всього життєвого циклу;
- зв'язок з економічними та соціальними цілями екодизайну;

- репрезентативність для різноманітних питань екодизайну – від кінцевого користувача до всього ланцюжка створення вартості;
- охоплення різних підходів, методів та інструментів екодизайну.

Наведені тематичні кейси також охоплюють три аспекти сталого розвитку, а саме: екологічний, економічний та соціальний. Зокрема, вони значною мірою сприяють досягненню екологічного та економічного ефектів (десять стосуються екологічного аспекту; вісім – економічного аспекту) та певною мірою сприяють соціальному ефекту (п'ять із наведених). Ці кейси охоплюють такі галузі промисловості, як важка промисловість, автомобілебудування, важке обладнання, агропродовольча промисловість, побутова електроніка, будівництво та архітектура з різними контекстами, цілями, методами й інструментами проектування.

Кейс 1 – Підстанція для виробництва алюмінію

Підстанція для заводів з виробництва алюмінію – це велика електрична система, яка перетворює змінний струм на постійний, придатний для електролізу алюмінію (рис. 4.1). Підстанції характеризуються величезним негативним впливом на навколишнє середовище, пов'язаним зі складністю системи (велика кількість підсистем і компонентів, дуже невизначена фаза експлуатації (до 30–40 років), стадія утилізації майже невідома, тісні зв'язки з



Рис. 4.1. Приклад підстанції для заводів з виробництва алюмінію

макросистемою, індивідуальний дизайн, численні постачальники тощо). Цей кейс має стосунок до розроблення та впровадження адаптованого процесу екодизайну складних промислових систем.

Кейс 2 – Ковальська піч

Під час проєктування промислових систем, які є великими енергоспоживачами, наприклад ковальська піч (рис. 4.2), екологічність стає дедалі більш важливим питанням. Цей кейс приведено для поєднання таких аспектів, як оцінка впливу на навколишнє середовище, економічна оцінка ефективності, очікування клієнтів та регіональна належність. Для цього за допомогою методу оцінки життєвого циклу (LCA) порівняли вплив трьох альтернативних рішень пальника для ковальської печі на навколишнє середовище в чотирьох різних регіонах, що відрізняються за складом енергоресурсів, цінами на паливо та доступністю. Цей кейс демонструє високу залежність екологічного та економічного ефектів від географічного фактору [Cluzel et al., 2015a].

Кейс 3 – Автомобільна вісь

Перероблення автомобільної вісі зазвичай сприймається як екологічно чисте, але воно супроводжується економічними витратами. Цей кейс наголошує на необхідності економічних стимулів щодо використання відновлених деталей як альтернативи нового для регулярного технічного обслуговування. Для цього необхідно



Рис. 4.2. Приклад ковальської печі

розраховувати суму економічної субсидії, для компенсації потенційної втрати прибутку під час ведення бізнесу з повторного перероблення.

Кейс 4 – Ланцюжок перероблення відходів від автомобілів

Перероблення скла відпрацьованого транспортного засобу визначається як процес демонтажу, збору, зберігання, транспортування, обробки та, зрештою, повторного використання переробленого скла. Цей кейс приведено для моделювання ланцюжка створення вартості або мережі перероблення скла, розрахунку рентабельності такої мережевої системи та її розмірів, аналізу якості потоків склобою, типу склопакету, вид транспорту тощо [Farel et al., 2013].

Кейс 5 – Збирання бавовни

Збирання бавовни передбачає низку завдань, які необхідно виконувати з використанням різноманітних конфігурацій машин і обладнання. Цей кейс приведено для демонстрації оцінки впливу на навколишнє середовище різних систем збирання бавовни.

Кейс 6 – Пакування оливок

ЄС вважає перероблення як кращу альтернативу щодо поводження з використаною упаковкою. Проте ланцюги переробки в кожній європейській країні неоднаково ефективні. Цей кейс приведено для демонстрації найбільш екологічного рішення щодо пакування залежно від складу матеріалу та країни продажу [Bertoluci et al., 2014]. Для цього було використано метод оцінки життєвого циклу до трьох різних варіантів упаковки оливок (рис. 4.3), а також розглянуто п'ять європейських країн і їхні відповідні показники ефективності ланцюга збору відходів упаковки та її перероблення.

Кейс 7 – Ланцюжок вартості свинини

Споживачі харчових продуктів хочуть отримати більше інформації про походження та якість харчових продуктів, які вони купують, включаючи інформацію про їх походження, умови розведення тварин, речовини, що поглинаються твариною протягом життя, вуглецевий слід тощо. Цей кейс наводиться для встановлення, які саме типи даних уже фіксуються в ланцюжку створення вартості. Кейс демонструє проблему відсутності обміну даними між учасниками [Bertoluci et al., 2014].



Рис. 4.3. Три типи упаковки для оливок (дой-пак (подвійний шар ПЕ та ПЕТ), скляна банка та сталева банка)

Кейс 8 – Побутова електроніка

Залежно від часу відновлення можуть існувати оптимальні виробничі стратегії, які, своєю чергою, забезпечують оптимальний дизайн продукту [Kwak and Kim, 2015]. Цей кейс приведено для демонстрації переваг відновлених продуктів у вартості порівняно з виробництвом еквівалентного абсолютно нового продукту, а також для пояснення екологічних переваг першого, його оптимальної ціни та мінімально допустимої ціни, щоб залишатися рентабельним.

Кейс 9 – Будівництво та зовнішні ефекти

Амбітні модернізації будівель з метою покращення енергоефективності часто є виправданими не лише енергозбереженням. Рентабельність інвестицій у зменшення споживання енергії будівлею удвічі становить понад 25 років, що часто не приваблює інвесторів. Отже, щоб енергоефективність була економічно виправданою, її потрібно розглядати інакше. Консорціумом великих французьких будівельних компаній та наукових інститутів було розроблено нову методологію під назвою DECADIESE [Cluzel et al., 2015b]. Ця методологія виходить за межі класичних аналітичних методів і ґрунтується на розширенні зацікавлених сторін, щоб уможливити амбітні будівельні проекти (рис. 4.4). DECADIESE – методологія оцінки ефективності модернізації будівлі розглядає розширену цінність будівлі шляхом об'єднання економічних, соціальних та екологічних ефектів, зокрема екстернальних ефектів.



Рис. 4.4. Будівля «Skyline» у Нанті

Кейс 10 – Будівництво та використання

Будівельний сектор нині є основним фактором впливу на навколишнє середовище. У Франції на нього припадає 44% загального споживання енергії, 75% відходів і 23% викидів CO₂. Більшість нових будівель тепер інтегрують екологічність шляхом зменшення споживання енергії на етапі експлуатації або використання екологічніших матеріалів. У цьому контексті основна частка енергії, яка споживається на етапі експлуатації, залежить від поведінки мешканців. Цей кейс приведено для того, щоб показати вплив поведінки користувачів на енергоефективність житлових будинків, для чого було використано модель SABEC (*stochastic-activity-based energy consumption*). Інструменти для збору та аналізу даних є корисними для експертів у будівництві, які проєктують нові екологічні будівлі та модернізують існуючий будівельний фонд [Pison et al., 2013].

Вище наведені тематичні кейси можуть бути розділені на три категорії:

- 1) випадки, коли екодизайн охоплює весь життєвий цикл продукту;
- 2) випадки, коли екодизайн зосереджений на фазі використання/ експлуатації створеного продукту;
- 3) випадки, коли екодизайн переважно стосується стадії утилізації життєвого циклу продукту.

Екодизайн для кейсів 1, 2 і 7 орієнтований на весь життєвий цикл продукту або системи, коли він охоплює стадії проєктування,

виробництва, реалізації, використання, технічного обслуговування та утилізації. Екодизайн для тематичних прикладів 5, 6, 9 і 10 зосереджений тільки на фазі використання/ експлуатації створеного продукту. Після того як продукт або система перейшли до стадії використання, важливо збирати дані, пов'язані з різними середовищами його використання для подальшої оптимізації. Екодизайн тематичних кейсів 3, 4 і 8 орієнтований на стадію утилізації відпрацьованого продукту і здебільшого зосереджений на аспектах повторного використання, перероблення та повторного виробництва продукту або системи.

4.3. Ключові характеристики екодизайну: аналіз на основі 10 кейсів

Необхідно виділити п'ять ключових характеристик екодизайну:

- 1) оптимальне використання ресурсів для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище;
- 2) управління терміном служби;
- 3) розуміння користувачів і способів використання;
- 4) інтеграція даних і аналітики;
- 5) визначення меж системи.

Нижче наведено опис цих характеристик, а також аналіз у контексті десяти наведених прикладів.

1. *Оптимальне використання ресурсів для мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище*

Оптимальне використання матеріалів та енергії є одним із найважливіших питань при екодизайні продуктів, систем та послуг. Оскільки ресурси обмежені, найпростіший спосіб створити більш раціональні продукти та системи це використовувати менше матеріалів та енергії, але також повторно використовувати та переробляти вже залучені до системи виробництва споживання матеріальні ресурси.

Виробляти більше та краще з меншими витратами – так визначає ключову ідею циркулярної економіки французька агенція з екології та енергоменеджменту ADEME. На думку спеціалістів агенції, циркулярна модель економіки – це «економічна система

обміну та виробництва, яка спрямована на ефективне зменшення впливу використання ресурсів на навколишнє середовище протягом усього життєвого циклу продукту/послуги». У контексті життєвого циклу продукту ADEME розрізняє сім ключових принципів циркулярної економіки, одним з яких є екодизайн [ADEME, 2014]:

- Пропозиція суб'єктів господарювання:
 - екологічний видобуток, постачання, заготівля;
 - екодизайн (продукти та процеси);
 - виробничо-територіальний симбіоз;
 - функціональна економіка.
- Попит та поведінка споживачів:
 - відповідальне споживання;
 - більш тривалий термін використання.
- Поводження з відходами:
 - перероблення та утилізація відходів.

Екологічний дизайн (другий принцип) спрямований на мінімізацію впливу продукту на навколишнє середовище протягом усього його життєвого циклу. Підходи екодизайну можна розглядати як здебільшого внутрішні для однієї компанії та такі, що охоплюють один продукт або процес. Однак компанія є частиною більшої системи, що охоплює інші компанії, території, сектори тощо. Перспектива промислової екології «виробничо-територіальний симбіоз» (третій принцип) виходить за межі компанії, щоб передбачити оптимізацію потоків матеріалів і енергії території. Екологічне постачання (перший принцип) – це ще одна перспектива, яка розглядає походження ресурсів, які використовуються для виробництва товарів. Значне навантаження на навколишнє середовище завдається пізніше на останній стадії життєвого циклу продукту. Інша перспектива, пов'язана з оптимальним використанням ресурсів, – це, звичайно, поведінка з відходами, з можливістю повторного використання вторинних матеріалів для виробництва нових продуктів та замикання циклу (сьомий принцип). Останній принцип, функціональна економіка (четвертий принцип), полягає в сприянні переходу від власності до використання з ідеєю продажу послуг замість продуктів, що означає меншу матеріаломісткість. Усі ці стратегії тісно пов'язані та взаємозалежні [Cluzel et al., 2012].

Зменшення використання матеріалів та енергії відповідає на дві основні проблеми. Перша – ресурси викопних копалин є обмеженими і виснажуються. Отже, використання меншої кількості первинних ресурсів і перехід до циркулярної економіки є очевидною необхідністю. Другий виклик полягає в тому, щоб звести до мінімуму негативний вплив продукції на навколишнє середовище протягом усього її життєвого циклу для вирішення екологічних проблем, таких як зміна клімату, виснаження озонового шару, окислення ґрунтів та евтрофікація води. Визначення впливу продукції на навколишнє середовище є надзвичайно важливим завданням, для якого існують численні методи та інструменти, серед яких найбільш широкого використання набув метод оцінки життєвого циклу [LCA, 2006].

Метод LCA було використано в наведених кейсах № 1, 2, 3, 5, 6, 8 і 9 (див. відповідні посилання в описі кейсів), пов'язаних з оптимальним використанням ресурсів. LCA став основним методом кількісної оцінки впливу на навколишнє середовище, а потім визначення критичних зон для покращення екологічних показників [Millet et al., 2007]. Наприклад, кейс № 6, де LCA використовується для порівняння трьох альтернатив упаковки оливок (дой-пак, скляна банка та сталевана банка) у різних країнах [Bertoluci et al., 2014]. Це стає підґрунтям для рекомендацій щодо найбільш екологічного рішення використання упаковки в конкретній країні.

У той час як оптимальне використання ресурсів нині виглядає як добре усталений напрям у підходах до екодизайну, інтеграція даних і аналітики, розуміння користувачів та управління терміном експлуатації є новими напрямками екодизайну. Стосовно оцінки впливу на навколишнє середовище, щоб зробити її більш надійною, особливо коли йдеться про дедалі складніші системи, аспект щодо визначення меж та периметра системи також мають вирішальне значення.

2. Управління терміном експлуатації

Управління терміном експлуатації, тобто терміном служби продукту чи системи, має вирішальне значення для досягнення стійкості з економічного і екологічного погляду. Дві головні зацікавлені сторони – виробник і споживач мають різні погляди, які необхідно оцінювати під час прийняття рішень щодо терміну експлуатації. Ці рішення мають ґрунтуватися на таких питаннях:

- Коли закінчується термін використання продукту?
- Які варіанти завершення використання (повторне використання, повторне виробництво, перероблення або утилізація) вибрати після зняття/завершення експлуатації?
- Які вигоди (економічні чи екологічні) необхідно враховувати?
- Яка роль регуляторів?
- Які показники щодо даних використання?
- Які особливості продукту (наприклад, розмір, вага, стандартний термін служби тощо)?

Наприклад, урядову програму знижок на автомобіль у Сполучених Штатах у 2009 році «Cash For Clunkers» [US DOT, 2015] як інструмент управління використаним продуктом. Відповідно до цієї програми були дозволені різні знижки залежно від типу автомобіля та технічних характеристик. Незважаючи на те що програма була дуже популярна, було незрозуміло, як визначали величину знижки щодо екологічності. Для цього прикладу саме управління тривалістю життєвого циклу продукту чи системи може стати інструментом обґрунтування відповідних знижок.

Однією з головних проблем в управлінні тривалістю життєвого циклу продукту або системи є перехідний момент часу. Повторне виробництво може бути більш прибутковим і екологічно чистим в певний момент часу, але ця прибутковість може змінюватися, оскільки цінність і вигода від повторного виготовлення змінюються з часом. По завершенні використання продукту ретельно спланована схема повторного виготовлення, наприклад, з оновленнями, може збільшити корисність, яку сприймають клієнти.

Тематичні кейси показують різні аспекти управління терміном експлуатації та виклики, пов'язані з цим:

- невизначеність при вирішенні терміну експлуатації системи (кейс 1);
- залежність від часу та характеру цінності (кейс 3);
- невизначеність у створенні попиту на перероблений склобій з автомобільного скла (кейс 4);
- нормалізація термінів експлуатації кількох систем для справедливого порівняння (кейс 5);
- компроміс між скороченням відходів і споживанням енергії (кейс 7);

- ідентифікація оптимального терміну експлуатації для відновлення найвищої економічної вартості (кейс 8);
- великий часовий горизонт для досягнення рентабельності інвестицій (кейс 9).

Управління терміном експлуатації продукту для сталого розвитку передбачає повторне використання самого продукту, технічне обслуговування, ремонт і технологічні оновлення для повторного виробництва (та/або реконструкції) [Bocken et al., 2016].

3. Розуміння користувачів і використання

Розуміння користувачів і використання є надзвичайно важливим для забезпечення ефективного екодизайну розроблених продуктів і послуг. Через різноманітні обмеження компанії зазвичай мають мало інформації, щоб відповісти на такі запитання:

- Який середній термін служби продукту?
- Чи завжди продукти такі надійні та використовуються стільки, скільки очікується?
- Чи продукти утилізуються через реальну застарілість чи уявну застарілість?
- Чи належним чином користувачами повернуто відпрацьовані продукти та чи ефективно зібрано ці продукти для належного демонтажу та переробки?
- Чи належним чином користувачі обслуговують свої продукти, тобто дотримуються вказівок з обслуговування?
- Чи екологічно відповідально ставляться користувачі до своїх продуктів з високим споживанням енергії?

Відомо, що сценарії використання продукту складаються з контексту використання та профілю користувача для імітації продуктивності продукту, моделювання та імітації терміну служби продукту, передбачуваного чи реального/запланованого старіння продукту, обслуговування продукту, використання та утилізації продукту. Кожне з цих питань вимагає розгляду, щоб оцінити вплив на навколишнє середовище лінійки продуктів у своїй категорії та визначити, чи спроектоване «сімейство продуктів» (англ. – *product family*) екологічно.

Більшість із десяти наведених прикладів безпосередньо розглядають користувачів і використання. Однак потрібно визначити дві різні позиції. Перша розглядає кінцевих користувачів, споживчу

поведінку та вподобання. Друга – це позиція виробника (або компанії), де компанії враховують дані клієнтів і ринкові умови. Отже, ця позиція має справу з більш колективними, масштабними даними про користувачів і використання.

У кейсі № 3, автомобільні осі клієнтам доступні як нові, так і відновлені деталі за різними цінами (тобто дешевше відновлені деталі). Уподобання споживачів були визначені за допомогою даних про ринковий попит у Кореї. Відновлені деталі є більш екологічними з погляду впливу на довкілля, але приносять виробнику менший прибуток, оскільки дешевші за нові. Поточні ринкові дані про ціни продажу нових і відновлених деталей показують, що без регуляторних субсидій ведення бізнесу з відновлення є корисним для навколишнього середовища за рахунок прибутковості.

4. Інтеграція даних і аналітики

Дані з різних етапів життєвого циклу продуктів і систем стають легкодоступними, а аналітика даних ніці як ніколи важлива для екологічного дизайну. Вимірювання результативності за трьома аспектами сталого розвитку стає доступнішим завдяки прогресу в сенсорних технологіях, що, своєю чергою, зумовлює подальше вдосконалення дизайну продуктів і систем. Кілька підходів, таких як вимірювання вуглецевого сліду, LCA, LCC, калькуляція витрат на основі діяльності, оцінка соціального життєвого циклу, усі вони пропонують корисні рішення. Однак недоліком вимірювання сталої продуктивності є те, що це створює проблеми з отриманням, керуванням і аналізом даних.

Рішення щодо життєвого циклу зазвичай інтегрують увесь життєвий цикл продукту, послуги чи системи. Щоб підтримувати такі процеси прийняття рішень, протягом життєвого циклу потрібно збирати кілька видів інформації. По-перше, опис матеріалів є необхідною умовою для оцінки впливу системи на навколишнє середовище. Склад та кількість матеріалів, які містяться та споживаються або викидаються системою, використовуються для розрахунку впливу на навколишнє середовище. Необхідна інформація здебільшого охоплює період від видобутку сировини до виробництва на етапах життєвого циклу. Відстеження та обмін даними між зацікавленими сторонами, наприклад, виробниками/постачальниками

або виробниками/кінцевими користувачами, є необхідною умовою для більш систематичної оцінки.

Відстеження даних є особливо складним, коли йдеться про споживання та демографічні дані. Це питання особливо важливе для виробництва продуктів харчування та його кінцевих клієнтів (кейс 7). Одна з головних проблем пов'язана з тим, як обмінюватися конфіденційною інформацією та екологічними вигодами між економічними партнерами в ланцюжку створення вартості або їхніми стейкхолдерами [Sarkis et al., 2011; Grimm et al., 2014]. Проблема доступності даних є спільною рисою на всіх етапах життєвого циклу, включаючи пакування, транспортування, використання та управління на етапі утилізації. Загальнодоступні чи комерційні бази даних зазвичай допомагають подолати проблему доступності даних, надаючи певні інвентаризаційні дані життєвого циклу [Finnveden et al., 2009]. Ця практика набуде більшої популярності в найближчі роки завдяки підвищенню обізнаності про екологічні проблеми. Щоб задовольнити потребу в більшій прозорості та екологічній інформації, підприємства все більше використовують інструменти екологічної комунікації, такі як екомаркування [Thøgersen et al., 2010]. Ці підходи змушують їх, по-перше, оцінювати власні продукти та процеси, по-друге, спілкуватися зі своїми економічними партнерами і, по-третє, генерувати та поширювати актуальну інформацію.

Нарешті, використання загальних даних може знизити точність результатів. В усіх кейсах, крім 3 і 5, знання конкретного контексту є вирішальним для визначення оптимальної архітектури системи, як і для розуміння поведінки використання (кейси 3, 8 і 10). Загальну інформацію зазвичай збирають з опитувань, а оцінки чи експертні судження часто є надто розпливчастими та недостатніми, щоб охопити варіативність продуктивності, внесену користувачами. Географічне розташування також є надзвичайно важливим фактором при інвестуванні в конкретну технологію. Кейси 1 і 2 висвітлюють різні компроміси між економічними та екологічними впливами для однієї й тієї самої системи відповідно до її географічного розташування. Такі фактори, як нормативні акти, чутливість до навколишнього середовища, розподіл доступності ресурсів, доступність і ціна, а також обізнаність клієнтів щодо сталого розвитку відіграють важливу роль у прийнятті рішень і дуже впливають на показники сталого розвитку.

5. *Визначення меж системи*

Процес екодизайну складається з двох основних етапів. Перший етап містить аналіз екологічних показників існуючої системи (до екодизайну), а другий етап полягає в розробленні нових рішень, оцінці їх впливу на навколишнє середовище, а потім виборі рішень, які сприяють стратегії проєкту [AFNOR, 2013]. Елементом, який пов'язує ці два основні етапи проєкту екодизайну, є модель, яка використовується для представлення системи, що підлягає екодизайну. Ця модель є сукупністю одиничних процесів. Її екологічні показники залежать від того, як ці одиничні процеси представляють реальність оцінюваної системи, а також від того, які з цих процесів або їхні потоки «входу-виходу» дизайнер вирішив включити у свою модель. Дійсно, набір цих одиничних процесів описує як систему, так і вхідні та вихідні потоки, які генерує її життєвий цикл. Аналіз систематично передбачає уточнення того, яку систему ми хочемо вдосконалити, і контексту – середовища, у якому вона функціонує.

Як було зазначено, LCA є одним із методів, що використовується в мікроекономічному масштабі для підвищення коефективності системи. З погляду LCA, the European Guide [European Commission, 2010] визначає три рівні можливостей покращення екологічності продукту: зміна дизайну продукту, яка не змінює виробничі потужності або характеристики; зміна дизайну, яка змінює виробничі потужності/характеристики та, як наслідок, бізнес-модель компанії; зміни в державній політиці.

Інформація, зібрана для створення моделі та отримана під час її запуску, доповнює знання проєктанта та команди проєкту. Ці нові знання ведуть до поступового розуміння ситуацій дедалі більшої складності не лише в межах самого проєкту, а й від проєкту до проєкту.

Екологічна оцінка упаковки кейсу № 6 визнала б пластик як рішення з найменшим негативним впливом на навколишнє середовище. У той самий час переваги пластику серйозно зменшуються, коли периметр оцінки охоплює вплив споживчої поведінки. Після розгляду впливу харчових відходів на кожну упаковку початкове найгірше екологічне рішення (скло) зрештою стає кращим глобальним варіантом [Bertoluci et al., 2014].

Постійний розвиток методу LCA поступово змінює межі оцінки продуктів і систем з погляду трьох аспектів сталого розвитку. Розвиток телематичних систем і можливостей аналітики тепер

дають можливість прогнозувати різні сценарії можливих майбутніх життєвих циклів продуктів. Отже, метод LCA стає дедалі більш актуальним, оскільки він служить для порівняння різних сценаріїв щодо впливу на навколишнє середовище.

Література

1. ADEME. Guide Méthodologique du Développement des Stratégies Régionales D'économie Circulaire en France – Methodological Guide to the Development of Regional Circular Economy Strategies in France, French Environment & Energy Management Agency, online document 2014. (downloadable on March 6th 2020). URL: <https://www.ademe.fr/guide-methodologique-developpement-strategies>.
2. AFNOR. Management environnemental–Aide la mise en place d'une démarche d'éco-conception. Paris. 2013. NF X30-264.
3. Bertoluci G., Leroy Y., Olsson A. Exploring the environmental impacts of olive packaging solutions for the European food market. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 64. 2014. P. 234–243. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.09.029>
4. Bocken N. M., 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(5). P. 308–320.
5. Boujut J.F., Blanco E. Intermediary objects as a means to foster cooperation in engineering design. *Consumer Supported Cooperative Work (CSCW)*. 2003. Vol. 12. P. 205–219.
6. Bertoluci G., Leroy Y., Olsson A. Exploring the environmental impacts of olive packaging solutions for the European food market. *Journal of Cleaner Production*. 2014. Vol. 64. P. 234–243.
7. Cluzel F., Yannou B., Da Costa P. DECADIESE: a new method to assess buildings' sustainable value through functional performance and externalities integration. In *Proceedings of the 7th International Conference on Life Cycle Management – LCM 2015*. 2015a. Bordeaux, France.
8. Cluzel F., Yannou B., Millet D., Leroy Y. Eco-ideation and eco-selection of R&D projects portfolio in complex systems industries. *Journal of Cleaner Production*. 2015b. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.002>
9. Cluzel F., Yannou B., Leroy Y., Millet D. Proposition for an adapted management process to evolve from an unsupervised life cycle assessment of complex industrial systems towards an eco-designing Organisation. *Concurr. Eng. Res. Appl.* 2012. Vol. 20. P. 111–126.
10. European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, 2010. International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook – General guide for Life Cycle Assessment – Detailed

- guidance. First edition. EUR 24708 EN, Luxembourg, Publications Office of the European Union.
11. Farel R, Yannou B, Bertoluci G. Finding the best practices for automotive glazing recycling: A network optimization model. *Journal of Cleaner Production*. 2013. Vol. 52. P. 446–461. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.02.022>
 12. Finnveden G., Hauschild M. Z., Ekvall T., Guinée J., Heijungs R., Hellweg S., Koehler A., Pennington D., Suh S. Recent developments in life cycle assessment. *Journal of Environmental Management*. 2009. Vol. 91. P. 1–21.
 13. Grimm J. H., Hofstetter J. S., Sarkis J. Critical factors for sub-supplier management: a sustainable food supply chains perspective. *International Journal of Production Economics*. 2014. Vol. 152. P. 159–173.
 14. Kloepffer W. Life cycle sustainability assessment of products. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 2008, Vol. 13, P. 89–95.
 15. Kwak M., Kim H. Assessing time-varying advantages of remanufacturing: A model for products with physical and technological obsolescence, Proceedings of the 20th International Conference on Engineering Design (ICED15). Milan, Italy, 2015.
 16. Millet D., Bistagnino L., Lanzavecchia C., Camous R., Poldma T. Does the potential of the use of LCA match the design team needs? *Journal of Cleaner Production*. 2007. Vol. 15. P. 335–346.
 17. Papalambros P. Y. Design science: why, what and how. *Design Science*. 2015. Vol. 1(1), E1. URL: <https://doi.org/10.1017/dsj.2015.1>
 18. Perpignan C., Robin V., Baouch Y., Eynard B. Ecodesign from high school to bachelor level: a french case study. In Proceedings of the International Conference on Engineering Design (ICED19). 2019. URL: <https://doi.org/10.1017/dsi.2019.333>
 19. Picon L., Yannou B., Zaraket T., Minel S., Bertoluci G., Cluzel F., Farel R, Use-phase memory: a tool for the sustainable construction and renovation of residential buildings. *Automation in Construction*. 2013. Vol. 36. P. 53–70. URL: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.08.003>
 20. Quan N., Kim H. M., Knight E., Nelson J., Finamore P. Task-Based LCA for Environmental Impact Assessment of Multiple Heterogenous Systems, ICED-2015, 2015.
 21. Sarkis J., Zhu Q., Lai K. An organizational theoretic review of green supply chain management literature. *International Journal of Production Economics*. 2011. Vol. 130. P. 1–15.
 22. Thøgersen J., Haugaard P., Olesen A. Consumer responses to ecolabels. *European Journal of Marketing*. 2010. Vol. 44. P. 1787–1810.
 23. US DOT, Car Allowance Rebate Program (CARS). 2015 [accessed 14.9.2015]. URL: <http://web.archive.org/web/20091226080857/>

5

ТЕМА

Індикатори циркулярної економіки

- 5.1. Роль індикаторів у циркулярній економіці
- 5.2. Десять основних індикаторів циркулярної економіки
- 5.3. Онлайн- інструмент «Circularity Indicators Advisor»
- 5.4. Зв'язок індикатора оцінки життєвого циклу (LCA) з індикаторами циркулярності
- 5.5. Моніторинг циркулярної економіки та метод аналізу матеріальних потоків EW-MFA

5.1. Роль індикаторів у циркулярній економіці

Концепція циркулярної економіки вимагає більш сталого та обґрунтованого управління ресурсами протягом життєвого циклу продуктів і систем. Така економічна парадигма характеризується циклічними потоками та операціям з технічного обслуговування, ремонту та переробки. Циркулярна економіка має на меті підтримувати високу цінність і корисність продуктів, матеріалів і ресурсів у будь-який час, у такий спосіб мінімізуючи утворення відходів і негативний вплив на навколишнє середовище. Нині зростає кількість компаній, які намагаються створювати бізнес-моделі відповідно до циркулярної економіки. Виникає потреба в середньо- та довгостроковому управлінні інвестиціями та матеріально-енергетичними потоками на рівні територій та промислових організацій. Це, своєю чергою, потребує розроблення нових методів та інструментів на основі відповідних індикаторів управління інвестиціями та потоками для різних зацікавлених сторін [Saidani et al., 2019b].

Все більше підприємств хочуть досягти цілей циркулярної економіки та роблять кроки в цьому напрямі. Для того, щоб не тільки відстежувати свій прогрес, а й фіксувати його, підприємствам потрібні індикатори циркулярності як ключові показники ефективності. Індикатори мають здатність синтезувати складність мінливого середовища в більш зрозумілу, керовану та придатну для використання інформацію. У більш загальному плані такі індикатори циркулярності можна використовувати для інформаційних цілей (порівняльний аналіз, підтримка прийняття рішень), цілей

щодо вдосконалення (визначення точок прогресу), а також управлінських (керівних змін), комунікативних або освітніх цілей.

Спільне бачення, яке поділяють науковці, представники промисловості та політичні організації [Ellen MacArthur Foundation, 2015; Geissdoerfer et al., 2017; Saidani et al., 2017], сформувало загальне бачення необхідності вимірювання прогресу та наслідків переходу – від лінійної моделі економіки до циркулярної. Отже, протягом останніх років було розроблено багато індикаторів циркулярності як інструменти та каталізatori для більш циркулярних практик, за обов'язкової умови, що суб'єкти, залучені до цього переходу, можуть мати доступ і належним чином використовувати індикатори, які їм найбільше підходять. Однак поступове впровадження, поза будь-яким нормативним контекстом, цих показників зумовило неоднорідність підходів до вимірювання циркулярності [Saidani et al., 2019a]. Незважаючи на те що поняття циркулярної економіки дедалі частіше обговорюється та визнається як таке, що сприяє досягненню Цілей сталого розвитку, досі немає консенсусу щодо стабільного визначення циркулярної економіки: 114 визначень циркулярної економіки, поділених на 17 категорій, були ідентифіковані [Kirchherr et al., 2017]. Це можна розглядати як одну з причин нечіткості та широкого різноманіття індикаторів, розроблених стосовно циркулярної економіки, чи-то з погляду їх сфери дії, їхніх основних цілей чи їх бажаного використання.

Як вибрати набір індикаторів циркулярності, які є найбільш релевантними, конкретними та оперативними, для організації залишається питанням відкритим.

5.2. Десять основних індикаторів циркулярної економіки

Проведений у 2020 році бібліографічний пошук, дав можливість ідентифікувати в цілому 105 індикаторів циркулярності.

Нижче наведено перелік індикаторів, які отримали найбільшу популярність у науковому колі та застосовуються на практиці.

Два глобальні показники оцінки на рівні компанії – Circulytics і CTI:

- 1) *Circulytics* (інструмент Ellen MacArthur Foundation) – новий інструмент, який показує, наскільки компанія досягла циркулярності у своїй діяльності за допомогою комплексного

набору показників. Він вимірює циркулярність двома основними способами: 1) стимули (те, що компанії роблять для циркулярної економіки) та 2) результати (вплив циркулярності на вхідні ресурси, використані матеріали, енергію, можливість ремонту продукту);

- 2) *індикатори циркулярного переходу* (англ. – *Circular Transition Indicators*, або *CTI*) – є першою системою оцінки та онлайн-інструментом для вимірювання циркулярної ефективності бізнесу. Цей модуль розраховує, наскільки організація здатна гарантувати матеріальні потоки, які повертаються назад у ланцюжок створення вартості після завершення технічного терміну експлуатації продукту. Він визначає ефективність циркулярності організації як середнє значення між % циркулярного притоку та % циркулярного відтоку.

Два показники для оцінки циркулярності на рівні матеріалу та продукту – MCI та PCI:

- 1) *індикатор циркулярності матеріалу* (англ. – *Material Circularity Indicator*, або *MCI*) – розроблений Ellen MacArthur Foundation, поєднує аспекти терміну експлуатації та інтенсивності використання з часткою переробленого матеріалу та часткою матеріалів у продукті, які можна переробити, в одному показнику, що застосовується на рівні продукту чи компанії. Він враховує рівень перероблення та повторного використання матеріалів, вимірює, як максимізуються відновлювальні потоки та мінімізуються лінійні потоки, а також тривалість та інтенсивність використання продукту;
- 2) *індикатор циркулярності продукту* (англ. – *Product Circularity Indicator*, або *PCI*) – це новий агрегований індикатор на рівні продукту, розроблений як доповнена версія MCI.

Індикатор дизайну одного продукту (потенційна циркулярність) – CCET (також існує дві альтернативи – CEIP, CPI):

- *інструмент оцінки концептуальної циркулярності* (англ. – *concept circularity evaluation tool*, або *CCET*) – інструмент має на меті підтримувати оцінку альтернативних концепцій продукту з погляду їх потенціалу циркулярності на ранніх етапах проектування та розроблення продукту. CCET був ітеративно розроблений на основі широкого огляду літератури

щодо критеріїв успіху для розробки інструментів, інструкцій та існуючих інструментів для циркулярного проектування та розроблення продуктів і тісної співпраці з компаніями-виробниками;

- *прототип індикатора циркулярної економіки* (англ. – *circular economy indicator prototype*, або *CEIP*) – використовуючи анкету з 15 запитань на основі балів, CEIP першочергово призначений для використання компаніями-виробниками та/або роздрібними торговцями. Вони могли б використовувати CEIP для вимірювання та оцінки ефективності своїх продуктів;
- *індикатор потенціалу циркулярності* (англ. – *circularity potential indicator* або *CPI*) – спрямований на оцінку потенціалу циркулярності промислових продуктів на етапах проектування, редизайну або порівняльного аналізу, а також вдосконалення та моніторингу циркулярності продуктів і бізнес-практик. Інструмент ґрунтується на застосуванні опитувальника із двадцяти атрибутів (АТТ), бажаних для циркулярної економіки, які згруповані в межах чотирьох будівельних блоків (ВВ) циркулярної економіки, визначених Ellen MacArthur Foundation.

Два індикатори повторного використання/перероблення та управління терміном служби продуктів з погляду циркулярності ресурсів – RPI та CLI:

- 1) *індикатор потенціалу повторного використання* (англ. – *Reuse Potential Indicator* або *RPI*) – показує, наскільки один матеріал є «ресурсним», а не «відходним» відповідно до доступних на цей час технологій. Запропонований індикатор потенціалу повторного використання кількісно визначає можливість повторного технічного використання. Інструмент визначає континуум того, наскільки матеріали є ресурсним чи відходним;
- 2) *індикатори циркулярності та довговічності* (англ. *Circularity & Longevity Indicators*, або *CLI*) поєднують два підходи – частоту (циклічність) і тривалість використання (довговічність) продуктів – для визначення ефективності використання ресурсів.

Набір із трьох індикаторів потоку матеріалів туну «MFA» – показники переробки наприкінці життєвого циклу (EoL-RRs):

- *End-of-Life Recycling Rate* (англ. – *EoL-RR*): продуктивність функціональної переробки, ураховуючи лише «чисті» матеріали;
- *Recycled Content* (англ. – *RC*): частка вторинних витрат у загальних витратах матеріального виробництва;
- *Old Scrap Ratio* (англ. – *OSR*): частка старого брухту в потоці переробки.
- *C-показник потоку енергії – CI*;
- *формула індексу циркулярності* (англ. – *CI*):
Індекс циркулярності (CI) = $\alpha\beta$, максимальна вартість = 1
 α = відновлений матеріал із вичерпаним терміном служби (EOL)/загальний попит на матеріал;
 β = 1 – енергія, необхідна для відновлення матеріалу/енергії для первинного виробництва.

Набір індикаторів циркулярності в масштабі території – RMFCE:

- *інструменти регіонального матеріального потоку для циркулярної економіки* (англ. – *RMFCE*):
 - *Два індикатори впливу на навколишнє середовище (у поєднанні з LCA) – RBR та RCBR:*
Recycle Benefit Rate (англ. – *RBR*) and *Recycled Content Benefit Rate* (англ. – *RCBR*) – індикатор рівня вигоди від вторинної переробки та індикатор рівня вигоди від переробленого вмісту, виражають потенційну екологічну вигоду від переробки порівняно з утилізацією (наприклад, спалюванням), беручи до уваги життєвий цикл.

Показник(и) соціально-економічного впливу (у поєднанні з LCC та SLCA) – SEI-EoL, TCR та TCO:

- *соціально-економічний показник для стратегій кінця життєвого циклу (EoL) для продуктів на органічній основі* (англ. – *SEI-EoL*) – новий соціально-економічний показник для кінця життєвого циклу (*SEI-EoL*). Обчислюючи значення 25 соціально-економічних критеріїв, включаючи: п'ять критеріїв, пов'язаних із працівниками, споживачами, суспільством у цілому, місцевими спільнотами, учасниками ланцюжка вартості;
- *загальний циркулярний дохід* (англ. – *TCR*) – загальна вартість володіння активом (*TCO*).

5.3. Онлайн-інструмент «Circularity Indicators Advisor»

На основі систематизації досліджень у сфері розроблення показників циркулярної економіки [Saidani, 2018; Saidani et al., 2019a], було визначено 55 індикаторів циркулярності. На основі узагальнення та класифікації цих індикаторів був створений онлайн-інструмент «Circularity Indicators Advisor» (CIA). Для того щоб допомогти користувачеві у виборі відповідних індикаторів, було розроблено інструмент запиту [Saidani et al., 2019a] з метою зробити загальну класифікацію індикаторів легшою для використання та роботи, наприклад, для підприємств, які працюють над проектами та стратегіями розвитку, пов'язаними з циркулярною економікою та пошуком індикаторів. Цей інструмент призначений як для промислових практиків (дизайнерів продукції, інженерів конструкторських бюро), так і для осіб, які приймають рішення (менеджерів проектів, фінансових менеджерів). Для зручності використання та поширення інструмент розроблено на Microsoft Excel з використанням макросів. Інструмент відбору гнучкий і буде оновлюватися новими індикаторами циркулярності. Доступна вебверсія цього інструменту: The C-indicators Advisor (CIA) platform – це онлайн-платформа з міжнародним масштабом, розроблена CentraleSupélec для відбору та впровадження правильного(их) індикатора(ів) циркулярної економіки, а також для розблокування та відстеження ефективності циркулярності продуктів (рис. 5.1).

Базовими критеріями інструмента C-Indicators Advisor [Saidani et al., 2020] є такі:

- Рівень індикаторів циклічності:
 - мікрорівень (фокус на матеріал та/або продукт);
 - мезорівень (фокус на компанії, індустриальні парки);
 - макрорівень (фокус на економічні зони в масштабі регіонів, країн).
- Тип циклу циркулярної економіки:
 - перероблення;
 - повторне використання, повторне виробництво;
 - подовження терміну служби.
- Перспектива (минуле або майбутнє):
 - потенційна циркулярність (тобто потенціал циркулярності продукту на момент його розроблення);

Circularity Indicators _ The Advisor
 Target the Right C-Indicators
 Unlock the C-Potential of your Products

Home The C-Indicators Advisor (CIA) **The CIA Web-based Tool** The C-Potential Indicator Tool Publications Contribute Contact

The C-Indicators Advisor

Circular Economy (CE) Implementation Level

Macro

Meso

Micro

CE Loops

Maintain/Prolong

Reman/Reuse

Recycling

All the Loops

CE Perspective (Retro- or Pro-)

Potential

Material Circularity Indicator

MCI

Scope : Materials and Products
Loops : All the Loops
Perspective : Actual (Effective)
Performance : Intrinsic (Recirculation of materials)
Format : Dynamic Excel Spreadsheet
Authors : Ellen MacArthur Foundation (2015)

Circularity Potential Indicator

CPI

Scope : Product-centric
Loops : All the Loops
Perspective : Potential
Performance : Intrinsic (Recirculation of resources)
Format : Excel and/or Online Spreadsheet
Authors : Saidani et al. (2017)

Circular Economy Toolkit

CET

Scope : Product and Company
Loops : All the Loops
Perspective : Potential
Performance : Intrinsic (Recirculation of resources)
Format : Web-based questionnaire
Authors : Evans and Bocken (2013)

Circular Economy Indicator Prototype

CEIP

Scope : Product-centric
Loops : All the Loops
Perspective : Potential
Performance : Intrinsic (Recirculation of resources)
Format : Dynamic Excel Spreadsheet
Authors : Cayzer et al. (2017)

Рис. 5.1. Онлайн платформа «The C-indicators Advisor (CIA)»

Джерело: <http://www.circulareconomyindicators.com>

- ефективна (тобто фактична циркулярність продукту, який вже вироблено).
- Ефективність, відображена в показниках циркулярної економіки:
 - виражає швидкість рециркуляції ресурсу, %;
 - наслідки: екологічні, соціальні, економічні.

5.4. Зв'язок індикатора оцінки життєвого циклу (LCA) з індикаторами циркулярності

Хоча циркулярна економіка залишається засобом досягнення екологічних, соціальних та економічних цілей сталого розвитку, необхідно розуміти, коли циркулярність працює, а коли не працює на сталий розвиток, і які параметри (у циклах) є критичними [Saidani et al., 2021]. Ми можемо уявити три можливі шляхи дослідження зв'язків між LCA та індикаторами циркулярності:

- вихідні дані LCA (потоки/середні точки/кінцеві точки) використовуються як вхідні дані для розрахунку показників циркулярності;
- індикатор(и) циркулярності інтегровано у вихідні дані LCA як індикатор потоку/середньої точки/кінцевої точки [Saidani et al., 2019c];
- LCA використовується для перевірки відповідності набору індикаторів циркулярності.

З одного боку, циркулярна економіка фокусується на підтримці (збереженні та збільшенні) цінності ресурсів для економіки. Нова модель також має різні рівні реалізації: на макрорівні вона зосереджується на матеріальних обмінах між економікою та навколишнім середовищем, і на міжнародному рівні також; на структурному або мезорівні акцент робиться на матеріальних потоках у промислових системах, розрізняючи не лише категорії матеріалів, але також сектори та промислові галузі; на мікро- або бізнес-рівні вона зосереджується на фірмах та їхніх продуктах [Pena et al., 2021].

З іншого боку, LCA зосереджується переважно на рівні продукту та на всіх впливах, пов'язаних із життєвим циклом продукту. LCA не виступає за будь-яку конкретну стратегію, а просто надає структуру оцінки для розуміння екологічних, соціальних та економічних наслідків різних варіантів надання функції чи послуги. Отже, LCA та пов'язані з ним підходи можуть служити методологією для оцінки доцільності збереження цінності матеріалів та виробів в економіці [Pena et al., 2021].

Загалом переваги поєднання показників циркулярної економіки з оцінкою життєвого циклу охоплюють: визначення екологічних компромісів вибору циркулярності, розширення екологіч-

ного аналізу за допомогою LCA [Lonca et al., 2018]. Однак у деяких випадках застосування стратегій циркулярної економіки і результати оцінки життєвого циклу можуть мати протилежні позиції. Циркулярна економіка заохочує перероблення (як пріоритет), тоді як, згідно з оцінкою життєвого циклу, відновлення енергії іноді є більш вигідним. Крім того, LCA ще не має відповідей на всі питання щодо доцільності реалізації стратегій циркулярної економіки. Наприклад, урахування дисипативних втрат сировини майже не враховується стандартними показниками виснаження ресурсів. Крім того, непросто оцінити даунсайклінг і апсайклінг.

Ініціатива життєвого циклу заохочує фахівців LCA усунути технічні та наукові недоліки, пов'язані з оцінкою проєктів циркулярної економіки, зокрема [Pena et al., 2021]:

- послідовний облік змін запасів ресурсів з дотриманням принципів балансу маси;
- послідовне моделювання відкритих циклів перероблення;
- включення всіх відповідних ресурсів і впливів, тобто повна екологічна, соціальна та економічна перспектива (LCSA);
- прозорість припущень, надійність даних, критичне тлумачення результатів і компроміс між глобально узгодженою кількістю категорій впливу.

Отже, необхідно наголосити, що прагнення максимізувати циркулярність не завжди є найкращим варіантом з погляду додаткових витрат матеріалів і енергії, які необхідно залучити (наприклад, додаткові витрати, пов'язані зі зворотною логістикою для збору всіх використаних виробів; обробка певних матеріалів). Досягнення 100% рециклінгу часто несумісне з поточними економічними обставинами та доступними технологіями. Результативність циркулярності потрібно використовувати як важіль для гарантування економічних та екологічних переваг [Saidani et al., 2019d].

5.5. Моніторинг циркулярної економіки та метод аналізу матеріальних потоків EW-MFA

Базова концепція економіки замкнутого циклу описує систему виробництва та споживання, засновану на переробленні, повторному використанні, ремонті, спільному використанні продуктів,

переході на нові бізнес-моделі та моделі споживання. Важливим питанням є вибір ключових індикаторів, які показують, в якому напрямі відбувається розвиток економіки.

Сьогодні не існує єдиного індикатора вимірювання економіки замкненого циклу, однак у світовій науковій літературі і практиці статистичного спостереження пропонуються різні індекси та індикатори, що можуть допомогти виміряти ефективність у кількох показниках, які прямо або опосередковано сприяють розвитку економіки замкненого циклу. Так, наприклад, ООН в межах цілей стійкого розвитку розробляє статистичне забезпечення індикаторів сталого розвитку. Всесвітній банк у щорічних публікаціях «Індикатори світового розвитку» і «Короткий зелений довідник» (англ. – *World Development Indicators, Little Green Data Book*) подає еколого-економічні індикатори, включаючи індекс скоригованих чистих накопичень (англ. – *adjusted net savings*). Індекс екологічної стійкості (англ. – *environmental sustainability index, ESI*) і показник екологічної ефективності (англ. – *Environmental performance indicator, EPI*) розраховуються університетами Yale і Columbia. Необхідно зазначити імплементацію індикаторів «зеленого зростання» (англ. – *Green Growth Indicators*), яка здійснюється в межах ОЕСР (англ. – *Green growth and sustainable development*).

У межах Плану дій 2015 року Європейська комісія прийняла «Систему моніторингу економіки замкненого циклу» [Eurostat, Monitoring], уперше опубліковану в 2018 році, яка становить собою панель показників і субпоказників, поділену на чотири категорії:

- 1) *виробництво та споживання*. Щоб зрозуміти прогрес у напрямку економіки замкненого циклу, потрібно зосередитися на фазі виробництва та споживання. Компанії, державні установи та домогосподарства повинні зменшити кількість відходів, які вони утворюють. Зменшуючи обсяг утворених відходів, виробництво має можливість використовувати повторно сировину;
- 2) *поводження з відходами*. Ця категорія є важливою для циркулярної економіки, оскільки надає можливість визначити, скільки перероблених відходів повертається в економічний цикл, щоб далі створювати додану вартість. Категорія показує поточний стан кожної країни щодо програм перероблення відходів;

- 3) *вторинна сировина*. Циркулярна економіка розглядається як коло. У такому разі для того, щоб замкнути цикл, матеріали та вироби повинні знову потрапляти в економіку, набуваючи форму нових матеріалів або продуктів. Отже, не потрібно використовувати нові ресурси для виробництва конкретного об'єкта, ця дія має позитивний вплив на екологічний слід виробництва;
- 4) *конкурентоспроможність та інновації*. Циркулярна економіка сприяє створенню нових робочих місць та економічному зростанню, оскільки інновації є ключем до успішності в перехідному періоді. Завдяки інноваціям нові технології мають кращі інженерні рішення, характеризуються меншою кількістю використаних ресурсів, а отже, змінюється модель споживання, а також промислові процеси. У зв'язку з цим циркулярна економіка тісно пов'язана з іншими концепціями – такими, як економіка, орієнтована на інновації, та економіка, заснована на знаннях [Eurostat, Monitoring].

Додаткові роз'яснення категорій відображені в табл. 5.1.

Серед підходів до оцінки циркулярності бізнесу та продуктів значним потенціалом для подальшого розвитку володіє метод вимірювання та аналізу використання сировини на національному рівні, відомий як «облік та аналіз матеріальних потоків у масштабах усієї економіки» (англ. – *Economy-wide material flow accounts, EW-MFA*).

Показники, отримані з аналізу матеріальних потоків, інформують про загальний фізичний розмір економіки. Вони особливо корисні для моніторингу всеосяжних політичних цілей та завдань, наприклад, визначених у контексті цілей сталого розвитку.

На рис. 5.2 відображено різні показники аналізу матеріальних потоків та їх взаємозв'язок у контексті матеріального балансу на національному рівні. Усі наведені показники стосуються матеріалів, які використовуються ощадливо, тобто стають фізичною частиною виготовленої продукції [The material flow].

Концепція MFA бере свій початок у роботі Р. Айреса, який у 1969 році відродив структуру соціально-економічного метаболізму (англ. – *socioeconomic metabolism, SEM*), що наголошує залежність економічних процесів від фізичних об'єктів – таких, як природні

Таблиця 5.1. Індикатори для створення показника циркулярної економіки

Категорія	Індикатор	Одиниця
Виробництво та споживання	Коефіцієнт самозабезпеченості сировиною для виробництва	Відсоток
	Показник споживання сировини	Тонни на душу населення
	Продуктивність ресурсів	Євро за кілограм
	Утворення міських відходів на душу населення	Кілограми на душу населення
	Утворення відходів, за винятком основних мінеральних відходів на одиницю ВВП	Кілограми на тисячу євро
	Утворення відходів, за винятком основних мінеральних відходів на побутове споживання матеріалів	Відсоток
	Утворення відходів упаковки на душу населення	Кілограми на душу населення
	Утворення відходів пластикової упаковки на душу населення	Кілограми на душу населення
Поводження з відходами	Коефіцієнт переробки побутових відходів	Тисяча тонн
	Коефіцієнт переробки всіх відходів, за винятком основних мінеральних відходів	Відсоток
	Коефіцієнт переробки відходів упаковки за видами тари	Відсоток
	Коефіцієнт переробки електронних відходів	Відсоток
	Переробка біовідходів	Кілограми на душу населення
	Коефіцієнт відновлення відходів будівництва та знесення	Відсоток
Вторинна сировина	Коефіцієнт використання циркулярного матеріалу	Відсоток
	Торгівля вторинною сировиною	Тонна
Конкурентоспроможність та інновації	Приватні інвестиції, робочі місця та валова додана вартість, пов'язані з секторами циркулярної економіки	Додана вартість за вартістю фактору – млн євро
	Патенти, що стосуються переробки та вторинної сировини	Штуки

Побудовано за даними [Eurostat, Monitoring].

ресурси. MFA є практичною реалізацією SEM, що дозволяє охопити фізичний вимір економіки. У 1990-ті роки, практично одночасно, але незалежно один від одного виникли емпірично продук-



Рис. 5.2. Структура показників EW-MFA

Дані з джерела [The material flow]

тивні дослідження MFA: у Національному інституті екологічних досліджень (NIES) в Японії, у Вуппертальському інституті (WI) в Німеччині та в Інституті соціальної екології (SEC) в Австрії. Усі три установи мали тісні зв'язки зі своїми національними статистичними агентствами і підготували перші дані про потоки матеріалів для своїх країн. У різних багатосторонніх дослідницьких проектах, а також у статистичних установах, таких як Євростат, та міжнародних організаціях, таких як ОЕСР, методи та показники були допрацьовані, стандартизовані й розширені. Отже, було створено значну галузь досліджень, які застосовують аналіз MFA, що сьогодні надає фундаментальні екологічні показники, які визначають актуальну політику у сфері сталого використання ресурсів.

Один із ключових показників MFA, матеріальний слід, дозволяє відстежувати аутсорсинг матеріаломістких етапів ланцюжка поставок та кількісно визначити потребу в матеріалах для кінцевого споживання. Щоб забезпечити належний моніторинг, необхідно надати дані про матеріальні сліди та використовувати той самий порівняний підхід до розрахунків. Ранні ініціативи окремих країн, наприклад Австрії та Німеччини, а також конкретні європейські дослідницькі проекти почали перші спроби розроблення та впровадження методології екологічного сліду, засновані на розширеному аналізі витрат-випусків з урахуванням екологічних аспектів.

Отже, в Австрії, Німеччині та деяких інших країнах уже багато років ведеться облік слідів. Зважаючи на необхідність звітування про цілі сталого розвитку як на європейському, так і на міжнародному рівнях Євростат, Міжнародна експертна група ООН, а також ОЕСР докладають значних зусиль для розроблення стандартів для гармонізації методології [The material flow].

У 2018 році Євростат уперше презентував діаграму Сенкі для відображення матеріальних потоків разом з базовими наборами даних, яка показує потоки матеріалів, що проходять через економіку ЄС і зрештою повертаються назад у навколишнє середовище або повторно використовуються в економіці.

Ця діаграма інтерактивна та має такі функції, як тимчасові графіки, кругові діаграми та анімацію для візуалізації змін у часі, дозволяє відобразити значення різних параметрів (країна, рік, одиниця виміру, тип матеріалу тощо) (рис. 5.3).

Основні пояснення для читання діаграми:

- потік прямує зліва направо;
- ширина смуг пропорційна кількості потоку, що вимірюється мільярдами тонн;
- матеріали, відображені на діаграмі:

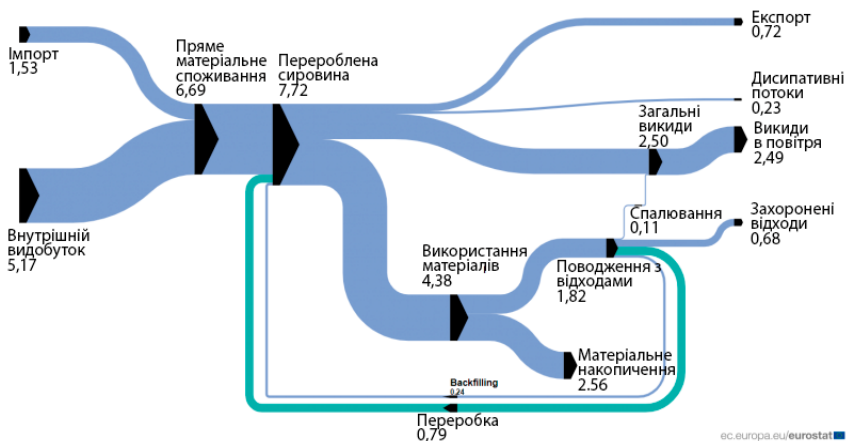


Рис. 5.3. Діаграма Сенкі – матеріальні потоки в економіці ЄС у 2020 році
Дані з джерела [Eurostat, Material]

- біомаса – використовується для виробництва продуктів харчування та кормів, одягу, деревини тощо;
- метали;
- нерудні корисні копалини;
- енергоносії, такі як сира нафта, що використовуються для виробництва викопного палива або матеріалів, таких як пластмаси;
- носії викопного палива та біомаса (деревина) виробляють викиди в атмосферу (показані у правій частині рис. 5.2) внаслідок спалювання для вивільнення енергії [Eurostat, Material].

На рис. 5.3 також показано імпорт та експорт, тобто потоки матеріалів, продуктів та відходів між різними країнами. Замкнений цикл становить собою відходи, які не викидаються в навколишнє середовище, а повторно використовуються в економіці або для виробництва вторинної сировини, або для інших цілей, запобігаючи подальшому видобуванню природних ресурсів. Спалювання відходів для виробництва енергії не є частиною циклу, але має власний потік і зрештою призводить до викидів в атмосферу.

Із діаграми Сенкі видно, що 67% (5,17 Гт) переробленої в ЄС сировини (7,72 Гт), припадає на внутрішній видобуток, 20% – на імпорт (1,53 Гт) і 13% – на перероблення та зворотне засипання (1,03 Гт), а 57% переробленої сировини було використано для виробництва продукції (4,38 Гт). Решта експортувалася чи використовувалася для виробництва енергії [Eurostat, Material].

Роз'яснення терміна

Зворотне засипання (англ. – backfilling) означає операцію з утилізації, коли відповідні відходи використовуються для рекультивациі територій або для інженерних цілей у ландшафтному дизайні як альтернатива первинним матеріалам.

Діаграма Сенкі побудована на серії вузлів, що становлять об'єкти та процеси, такі як імпорт та матеріальні ресурси. Зв'язки між вузлами – матеріальні потоки. Ліва частина рис. 5.3 показує надходження в економіку ЄС.

Імпорт – це потік продукції із світової економіки в національну. Цей потік також включає відходи, які спрямовуються на переробку.

Природні ресурси – це кількість матеріальних ресурсів, видобутих із природного середовища виробничими одиницями-резидентами, на діаграмі називається внутрішнім видобутком (DE).

Пряме матеріальне споживання (DMI) – показує матеріальне споживання, що безпосередньо надходить в економіку. Це сума внутрішнього видобутку та імпорту. DMI включає всі матеріали, що мають економічну цінність, які доступні для використання у виробництві та споживанні.

Середня частина діаграми Сенкі показує перероблені матеріали, які визначаються як загальна сума DMI та вторинної сировини, тобто матеріалу, отриманого від переробки. Перероблені матеріали можуть бути експортовані або використані всередині країни. Частина, яка не експортується, називається внутрішнім споживанням матеріалів (DMC) [Eurostat, Material].

Зелена петля у вузлі «використання матеріалів» показує відновлені відходи від переробки та зворотне засипання в пропорції до всіх оброблених матеріалів.

Матеріали та продукти можуть мати різний за тривалістю життєвий цикл, окремі з яких часто використовуються протягом десятиліть і стають доступними для переробки лише тоді, коли вони досягають завершення свого життєвого циклу. Ці матеріали накопичуються в міру зростання економіки: щороку матеріали поповнюють запаси економіки (валове збільшення запасів), і деякі застарілі матеріали вилучаються, коли утилізуються товари тривалого користування. У 2020 році чисте матеріальне накопичення ЄС становило 2,56 Гт.

Права частина діаграми Сенкі показує результати діяльності економіки:

- експорт продукції в простій вазі;
- викиди в атмосферне повітря та у воду – потоки твердих, рідких і газоподібних матеріалів, які скидаються у водні об'єкти або викидаються в атмосферу;
- дисипативні потоки – матеріали, які розсіюються в навколишньому середовищі як навмисний або неминучий наслідок використання продукту, наприклад, мінеральні добрива і абразивне стирання шин.

Із вузла «поводження з відходами» є декілька виходів:

- спалювання: відходи спалюються для отримання енергії; однак при цьому також виробляються викиди в атмосферу;

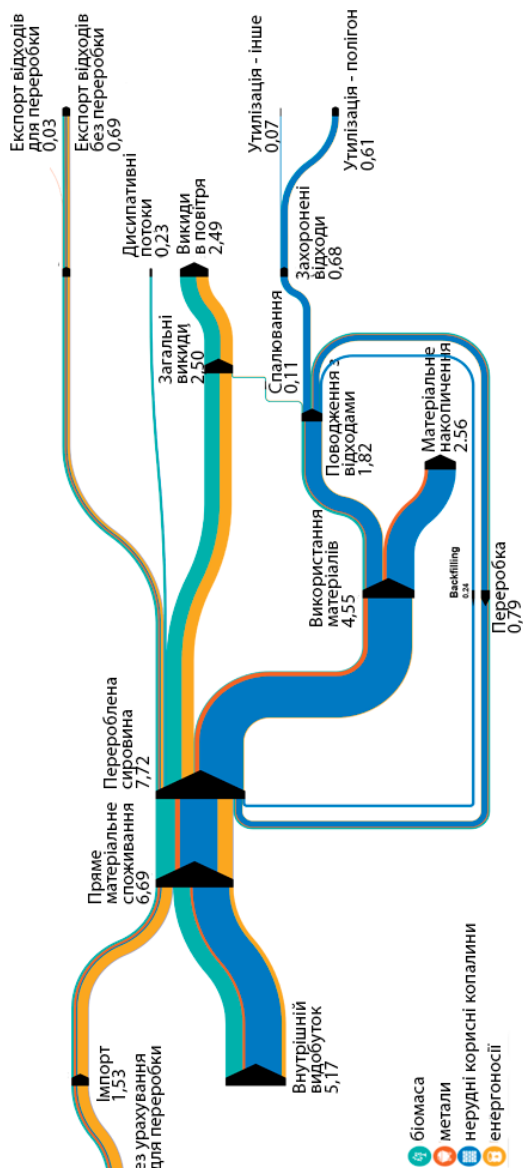


Рис. 5.4. Матеріальні потоки діаграми Сенкі за категоріями
Дані з джерела [Eurostat, Material]

- поховання відходів: видалення відходів, включаючи поховання на полігонах та інші операції;
- відновлення: операції з перероблення відходів на продукти, матеріали та речовини для повторного використання, або за первісним призначенням, або з іншою метою. Сюди входять операції з перероблення та зворотне засипання.

У діаграмі Сенкі, розробленій Євростатом, лише потоки переробки та зворотне засипання вважаються замкненим контуром циркулярної економіки. У 2020 році потоки вторинної переробки та зворотне засипання становили близько 13% загального обсягу матеріалів в економіці ЄС [Eurostat, Material].

Відходи, що утворюються внаслідок використання матеріалів, включаючи ті, що вилучені із запасів наприкінці терміну служби, становили 1,82 Гт у 2020 році. Частина цих відходів залишилася в економіці ЄС унаслідок переробки (0,79 Гт) та зворотного засипання (0,24 Гт). Потік вторинної переробки становить 43% всіх потоків матеріальних відходів, тоді як зворотне засипання – 13%, а захоронені відходи – 37%. Частина відходів спалюється, а частина (0,10 Гт) надходить у навколишнє середовище разом з іншими викидами, наприклад, викидами в повітря (2,49 Гт) та скидами у воду (0,01 Гт). Вихідні дані правої частини рис. 5.3 доповнюються експортом (0,72 Гт) та дисипативними потоками (0,23 Гт).

Доцільно розглядати матеріальні потоки з поділом за категоріями матеріалів (рис. 5.4), що показує відносну значущість різних матеріалів та їх потенціал для повторного використання, відновлення чи переробки.

Матеріальні потоки діаграми Сенкі на цей час поділені на чотири основні категорії: біомаса (MF1), металеві руди (MF2), неметалеві мінерали (MF3) та викопні енергоносії/матеріали (MF4). Нині здійснюється робота з покращення деталізації категорій, наприклад, шляхом виділення пластмас.

References

1. Ellen MacArthur Foundation. Circularity Indicators – An Approach to Measure Circularity. Methodology & Project Overview. Cowes, 2015. UK.
2. Eurostat. Circular economy indicators. Monitoring framework (accessed Aug. 2022). URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/circular-economy/indicators/monitoring-framework>

3. Eurostat. Circular economy. Material flow diagram. (accessed Aug. 2022). URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Circular_economy_-_material_flows
4. Geissdoerfer M., Savaget P., Bocken N. M., Hultink E. J. The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*. 2017. Vol. 143. P. 757–768.
5. 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.
6. Lonca G., Muggéo R., Tétreault-Imbeault H., Bernard S., Margni M. A bi-dimensional assessment to measure the performance of circular economy: a case study of tires end-of-life management. *Designing Sustainable Technologies, Products and Policies*. 2018. P. 33–42.
7. Pena C., Civit B., Gallego-Schmid A., Druckman A., Caldeira-Pires A., Weidema B. et al. Using life cycle assessment to achieve a circular economy. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. 2021. Vol. 26(2). P. 215–220.
8. Roos Lindgreen E., Salomone R., Reyes T. A critical review of academic approaches, methods and tools to assess circular economy at the micro level. *Sustainability*. 2020. Vol. 12(12). P. 4973.
9. Saidani M., Yannou B., Leroy Y., Cluzel F. How to assess product performance in the circular economy? Proposed requirements for the design of a circularity measurement framework. *Recycling*. 2017. Vol. 2(1). P. 6.
10. Saidani M. Monitoring and advancing the circular economy transition – Circularity indicators and tools applied to the heavy vehicle industry. PhD Thesis. 2018. Université Paris-Saclay.
11. Saidani M., Yannou B., Leroy Y., Cluzel F., Kendall A. A taxonomy of circular economy indicators. *Journal of Cleaner Production*. 2019a. Vol. 207. P. 542–559.
12. Saidani M., Cluzel F., Leroy Y., Yannou B. Des indicateurs catalyseurs de l'économie circulaire? *Revue Technologie et Innovation*. 2019b. Vol. 19. P. 1–19.
13. Saidani M., Kendall A., Yanno B., Lero Y., Cluzel F. Closing the loop on platinum from catalytic converters: Contributions from material flow analysis and circularity indicators. *Journal of Industrial Ecology*. 2019. Vol. 23(5). P. 1143–1158.
14. Saidani M., Kim H., Yannou B., Leroy Y., Cluzel F. Framing Product Circularity Performance for Optimized Green Profit. Proceedings of the ASME 2019 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference. Vol. 4: 24th Design for Manufacturing and the Life Cycle Conference, Anaheim, California, USA. August 18–21, 2019d.

15. Saidani M., Kim H., Cluzel F., Leroy Y., Yannou B. Product circularity indicators: what contributions in designing for a circular economy? Proceedings of the Design Society: DESIGN Conference, DESIGN2020, Oct. 2020. Dubrovnik, Croatia. P. 2129–2138.
16. Saidani M., Kravchenko M., Cluzel F., Pigosso D. C., Leroy Y., Kim H. Comparing life cycle impact assessment, circularity and sustainability indicators for sustainable design: results from a hands-on project with 87 engineering students, ICED 21, Aug. 2021.
17. The material flow analysis portal. (accessed Aug. 2022). URL: <http://www.materialflows.net/environmental-economic-accounting/>

6

Т Е М А

Оцінка ефективності рециклінгу відходів

- 6.1. Ефективність рециклінгу відходів
- 6.2. Методика розрахунку економіко-екологічної ефективності рециклінгу відходів
- 6.3. Визначення обсягу вилучення вторинних ресурсів з відходів та потенціалу їх використання в регіоні

6.1. Ефективність рециклінгу відходів

Одним із важливих завдань сфери матеріального виробництва в умовах сьогодення є підвищення ефективності поводження з відходами. З огляду на це, першочергова увага науковців поряд з вирішенням завдань щодо скорочення відходоутворення приділяється дослідженню способів максимально можливого залучення відходів у господарський обіг, тобто їх рециклінгу.

Ще у 2004 році на саміті Великої вісімки було проголошено, що пріоритетним завданням суспільного розвитку має стати зведення до мінімуму накопичення відходів та їх трансформація в корисні продукти, а також зазначено про необхідність розроблення критеріїв, які дозволяють визначити ефективність рециклінгу.

На думку М.С. Самійлика [Самійлик, 2014], при розгляді ефективності рециклінгу необхідно звернути увагу на два ключові питання у сфері ресурсозбереження, зокрема, ефективність використання ресурсів і передбачення забруднення навколишнього середовища, а також наявність та обсяги відходів, що охоплені рециклінгом на досліджуваній території. Пропонується ввести поняття *індексу ефективності рециклінгу* (I_{ER}), який враховує ці основоположні моменти:

$$I_{ER} = F(E_{EC}, E_{EN}, M) \rightarrow 1,0 \quad (6.1)$$

або

$$I_{ER} = aE_{EC} \cdot cM + bE_{EN} \cdot cM, \quad (6.2)$$

де E_{EC} – економічна складова оцінки процесу рециклінгу;

E_{EN} – екологічна складова оцінки процесу рециклінгу;

M – масштабна складова оцінки процесу рециклінгу.

a, b, c – вагові коефіцієнти, які визначають важливість кожної зі складових для процесу рециклінгу.

Відповідно до наведеної моделі ефективність суспільного значення рециклінгу залежить від трьох складових (економічної, екологічної та «масштабної») і визначається в інтервалі 0,001–1,0. Зрозуміло, що чим більше значення $I_{ER'}$ тим доцільнішим для суспільства є процес рециклінгу.

Економічна складова оцінки рециклінгу відображає економічну ефективність усього процесу; екологічна – ступінь запобігання негативного впливу на довкілля як внаслідок повного відвернення шкоди, так і в результаті зменшення екологічного збитку, зумовленого відходоутворенням. Масштабна складова характеризує кількісний вміст відходів на території (країни, регіону).

Значна частина процесів рециклінгу відходів є комерційно привабливою, а номенклатура продукції, що випускається із вторинних ресурсів, досить різноманітна і визначається якістю відходів як вторинної сировини, а також відношенням цін та місцевими особливостями попиту на взаємозамінні види продукції із первинної і вторинної сировини. Усі відходи (або їх компоненти) з погляду економічної ефективності можна класифікувати на:

- *високоліквідні* (високоякісна вторинна сировина, перероблення якої в місцевих умовах дозволяє отримати продукцію, що користується попитом, зокрема, брухт чорних і кольорових металів тощо);
- *середньоліквідні*, до яких можна віднести відходи, що становлять собою вторинну сировину середньої якості, продукція з якої користується попитом, але доходи від реалізації дорівнюють витратам на збір, транспортування, переробку і обробку, наприклад, макулатура, що містить картон; змішана макулатура; полімери із включеннями; текстильні відходи; склобій, зношені шини тощо);
- *слаболіквідні та неліквідні* відходи.

Отже, оцінку економічної доцільності процесу рециклінгу відходів потрібно здійснювати за показником ефективності переробки відходів, який ураховує всі супутні витрати (збір, сортування, транспортні і виробничі витрати тощо).

На думку М.С. Самійлика [Самійлик, 2014], рециклінг відходів комерційно обґрунтований за умови, що ефективність переробки суттєво перевищує середню ефективність по галузі, або економічно доцільний, якщо ефективність виробництва дорівнює середній по галузі. Автор розглядає економічну ефективність рециклінгу через класифікацію результатів переробки відходів з економічних позицій:

- *високоєфективний продукт*, вельми потрібний у народному господарстві. Діяльність економічного суб'єкта, який зайнятий рециклінгом відходів з одержанням такого виду продуктів, охоплює збір, транспортування, перероблення та збут вторинних матеріалів. Прикладом такого продукту є металобрухт, використання якого у виробництві сталі здешевлює кінцевий продукт майже у 20 разів, порівняно з тим, що виготовлений з руди;
- потрібний у народному господарстві, але *економічно малоєфективний продукт*. У цьому разі рециклінг відходів здійснюється, у першу чергу, унаслідок необхідності дотримання вимог екологічної безпеки, а суб'єкти господарської діяльності, які вирішують такі завдання, виконують обмежений перелік робіт, зокрема, здійснюють лише перероблення та збут вторинних матеріалів, оскільки всі інші операції не окупаються виручкою від продажу виготовленої з них продукції чи матеріалів (наприклад, автомобільні мастила);
- *нерентабельний (збитковий) продукт*. Діяльність, пов'язана з переробленням відходів здійснюється під контролем держави та в її інтересах, оскільки стосується вирішення суспільно важливих завдань у сферах екології, атомної енергетики, оборони тощо.

Отже, в економічному аспекті ефективність рециклінгу залежить від виду відходів.

Рентабельним, безперечно, є перероблення відходів чорних та кольорових металів, макулатури (перша група відходів за наведеною вище класифікацією). Рециклінг відходів, віднесених до другої групи, стає ефективним, якщо скорочуються витрати на допоміжні операції або зростає попит на вторинні ресурси, одержані з перероблених відходів. Саме до цієї групи відходів можна віднести відходи електричного та електронного обладнання, які, поряд з чорними,

кольоровими та важкими металами, містять пластмаси, скло, а також дорогоцінні та рідкісноземельні метали. Рециклінг відходів третьої групи, як правило, збитковий, тому основний підхід до його оцінки – це мінімізація витрат при задоволенні екологічних вимог [Губанова, 2014; Шаніна та ін., 2012].

6.2. Методика розрахунку економіко-екологічної ефективності рециклінгу відходів

Методика розрахунку економіко-екологічної ефективності рециклінгу ТПВ, розроблена Т.М. Довгою [Довга, 2014], охоплює економічний та екологічний блоки показників, які в сукупності дозволяють сформулювати інтегральний показник економіко-екологічної ефективності рециклінгу відходів, що обраховується за формулою

$$R_E = \frac{\sum_{i=1}^n D_R}{\sum_{i=1}^n (V_K + W_L)} \cdot 100\%, \quad (6.3)$$

де R_E – економіко-екологічна ефективність рециклінгу відходів, %;
 D_R – економіко-екологічний дохід від рециклінгу відходів, грн;
 V_K – економічні витрати, пов'язані з рециклінгом відходів, грн;
 W_L – екологічні витрати, пов'язані з рециклінгом відходів, грн.

Економіко-екологічний дохід від рециклінгу відходів є абсолютним показником, який поєднує в собі результати економічної діяльності та екологічного впливу на довкілля. Його можна розглядати як основний індикатор щодо вибору альтернативних варіантів поводження з відходами, оскільки він відбиває інтегральний економіко-екологічний ефект від реалізації процесу рециклінгу. Визначається економіко-екологічний дохід від рециклінгу відходів так:

$$D_R = \sum ЧДД_k^t + ЧДД_1^t, \quad (6.4)$$

де $ЧДД_k^t$, $ЧДД_1^t$ – економічна та екологічна складова чистого дисконтованого доходу від рециклінгу відповідно.

$$ЧДД_k^t = ЧД_k^t \cdot \alpha_k^t, \quad (6.5)$$

$$ЧДД_1^t = ЧД_1^t \bullet \alpha_1^t, \quad (6.6)$$

де $ЧД_k^t$ – чистий економічний ефект від рециклінгу відходів;
 $ЧД_1^t$ – екологічний ефект від рециклінгу відходів;
 α_k^t, α_1^t – коефіцієнт приведення економічних та екологічних доходів відповідно.

Обрахування чистого економічного ефекту (доходу) від рециклінгу відходів здійснюється шляхом визначення різниці між отриманим економічним доходом та витратами на забезпечення цього процесу:

$$ЧД_k^t = P_k^t - B_k^t, \quad (6.7)$$

де P_k^t – економічний дохід від впровадження рециклінгу відходів;
 B_k^t – економічні витрати для забезпечення рециклінгу відходів.

Економічний дохід від впровадження рециклінгу відходів розраховується за формулою:

$$P_k^t = Q_p^t + \Delta B_m^t + \Delta B_{ek}^t, \quad (6.8)$$

де Q_p^t – обсяг реалізованої продукції, виробленої з відходів, в t -му році;

ΔB_m^t – економія поточних витрат від рециклінгу відходів унаслідок скорочення транспортних витрат, витрат на утримання відходів та виплат за забруднення довкілля;

ΔB_{ek}^t – економія капітальних вкладень на реконструкцію та будівництво нових полігонів та рекультивацію звалищ, що припинили існування в результаті рециклінгу відходів.

Обрахунок економічних витрат щодо забезпечення рециклінгу відходів виконується в такий спосіб:

$$B_k^t = B_{ek}^t + B_{mp}^t + B_{ec}^t, \quad (6.9)$$

де B_{ek}^t – сума капітальних витрат (інвестицій), необхідна для рециклінгу відходів;

B_{mp}^t – сума поточних (експлуатаційних) витрат на виробництво продукції з відходів, що пройшли рециклінг;

B_{ec}^t – сума поточних витрат, пов'язаних з виплатами за додаткові викиди та скиди забруднювальних речовин, що виникають при рециклінгу відходів.

Розрахунок чистого екологічного ефекту від рециклінгу відходів передбачає визначення різниці між отриманим екологічним ефектом та збитками від здійснення цього процесу:

$$ЧД_1^t = P_l^t - B_l^t, \quad (6.10)$$

де P_l^t – екологічний ефект від впровадження рециклінгу відходів;
 B_l^t – екологічні збитки, зумовлені рециклінгом відходів.

Своєю чергою, екологічний результат (дохід) від рециклінгу відходів обчислюється за формулою

$$P_l^t = \Delta Z_d^t + \Delta Z_{ch}^t, \quad (6.11)$$

де ΔZ_d^t – вартісне вираження відверненого екологічного збитку, пов'язаного зі скороченням, унаслідок застосування рециклінгу відходів, площі деградованих земель;

ΔZ_{ch}^t – вартісне вираження відверненого екологічного збитку, зумовленого зменшенням у результаті використання рециклінгу відходів, земельних ділянок, що зазнають впливу хімічних речовин, які містяться у відходах.

Екологічні витрати, пов'язані з рециклінгом відходів, обраховуються за формулою

$$B_l^t = Z_a^t + Z_w^t, \quad (6.12)$$

де Z_a^t – вартісне вираження екологічного збитку, що виникає у t -му році використання рециклінгу відходів через додаткові викиди в атмосферне повітря;

Z_w^t – вартісне вираження екологічного збитку, що виникає у t -му році використання рециклінгу відходів через додаткові скиди у водойми.

Варто зауважити, що при оцінюванні економіко-екологічної ефективності рециклінгу відходів потрібно враховувати відмінності та особливості, притаманні економічним та екологічним ресурсам. Значною мірою вони пов'язані з фактором часу, що зумовлює необхідність застосування до оцінки їх тимчасової вартості різних методичних підходів. Так, аналіз особливостей та взаємозв'язків між економіко-екологічними витратами та доходами від рециклінгу доводить, що відходи – це своєрідні ресурси, найтіснішим чином

пов'язані з навколишнім середовищем, оскільки є потенційними заміниками природної сировини.

На думку автора [Довга, 2014], їх головна відмінність як екологічного фактора полягає в тому, що з часом «цінність» таких ресурсів, виведених з господарського обігу, не знижується, а зростає. Унаслідок вичерпання первинних природних ресурсів, вторинні ресурси, які містяться у відходах, на відміну від інших матеріальних активів та фінансових ресурсів, поступово «нарошують» свою цінність. Підвищення цінності вторинних ресурсів з плином часу пояснюється не лише зростанням дефіциту природного капіталу, а й тим, що «заморожені» у відходах ресурси знову можуть залучатись у процес виробництва продукції та приносити додатковий дохід. Отже, така категорія ресурсів знаходиться в зворотній залежності від фактора часу, нарошуючи свою цінність.

Наявність відмінностей, притаманних екологічним та економічним ресурсам, зумовлює доцільність застосування різних методичних підходів до оцінки їх тимчасової цінності при визначенні економіко-екологічної ефективності рециклінгу відходів. Так, оцінка економічної складової витрат і надходжень з урахуванням фактора часу здійснюється за допомогою дисконтування, а визначення екологічних збитків та запобігання шкоди довкіллю в результаті використання рециклінгу – за процедурою нарощення.

На цій підставі, чистий економічний ефект від рециклінгу відходів має коригуватися коефіцієнтом дисконтування α_k^t , а чистий екологічний ефект – коефіцієнтом нарощення α_l^t .

Формули, за якими обчислюються ці коефіцієнти, добре відомі з теорії фінансової ренти, і є такими:

$$\alpha_k^t = \frac{1}{(1 + r_{np}^k)^t}, \quad (6.13)$$

$$\alpha_l^t = (1 + r_{np}^l)^t, \quad (6.14)$$

де r_{np}^k – норма дисконтування економічних складових процесу рециклінгу відходів;

r_{np}^l – норма нарощення вартісного вираження екологічних складових, взята для конкретного проєкту рециклінгу відходів.

Зазвичай норма дисконтування розглядається як норма прибутку на вкладений капітал, тобто як відсоток прибутку, який

планується отримати в результаті переробки відходів. Так, у роботі [Довга, 2014] ставка дисконту взята на рівні середньої норми прибутку для сміттєпереробного підприємства і дорівнює 25%. Зацікавленість у підвищенні екологічності діяльності суб'єкта господарювання у сфері рециклінгу відходів зумовлює встановлення відповідної норми нарощення чистого екологічного доходу, яка, на думку Т.М. Довгої, має становити 35%.

Розглянутий методичний підхід щодо розрахунку економіко-екологічної ефективності рециклінгу відходів можна подати поетапною схемою, яка наведена на рис. 6.1.

Також для оцінки ефективності рециклінгу відходів суттєвим варто вважати визначення розміру соціальної складової цього показника.

Соціальна ефективність процесу рециклінгу відображає важливий для суспільства результат, проявом якого має бути збереження здоров'я населення як унаслідок ліквідації звалищ та полігонів, так і запобігання розміщення відходів у навколишньому середовищі, тобто результат, який не пов'язаний з отриманням прибутку, однак дуже значущий для покращення якості життя, зростання національного багатства країни, забезпечення сталого розвитку суспільства. Проте через труднощі розрахунку соціальної складової, відсутність у статистичній інформації чіткої кореляції між захворюваністю людей та впливом відходів безпосередньо на стан їхнього здоров'я, або виліковності і рівнем вторинного перероблення відходів, здійснити реальну оцінку економіко-еколого-соціальної ефективності рециклінгу досить складно. Однак теоретичні напрацювання в цьому напрямі, безперечно, існують.

Так, у контексті ефективного використання рециклінгу побутових відходів з урахуванням економічного, екологічного та соціального ефектів, які при цьому виникають, та з метою їх оцінки, автор роботи [Довга, 2013] розглянув показник інтегрованої ефективності (*IE*), який підсумовує результати дії трьох складових процесу переробки відходів, що можуть виражатись у вартісній формі, та відносить їх до сукупних капітальних і поточних витрат щодо впровадження рециклінгу відходів, урахуовуючи коефіцієнт дисконтування:

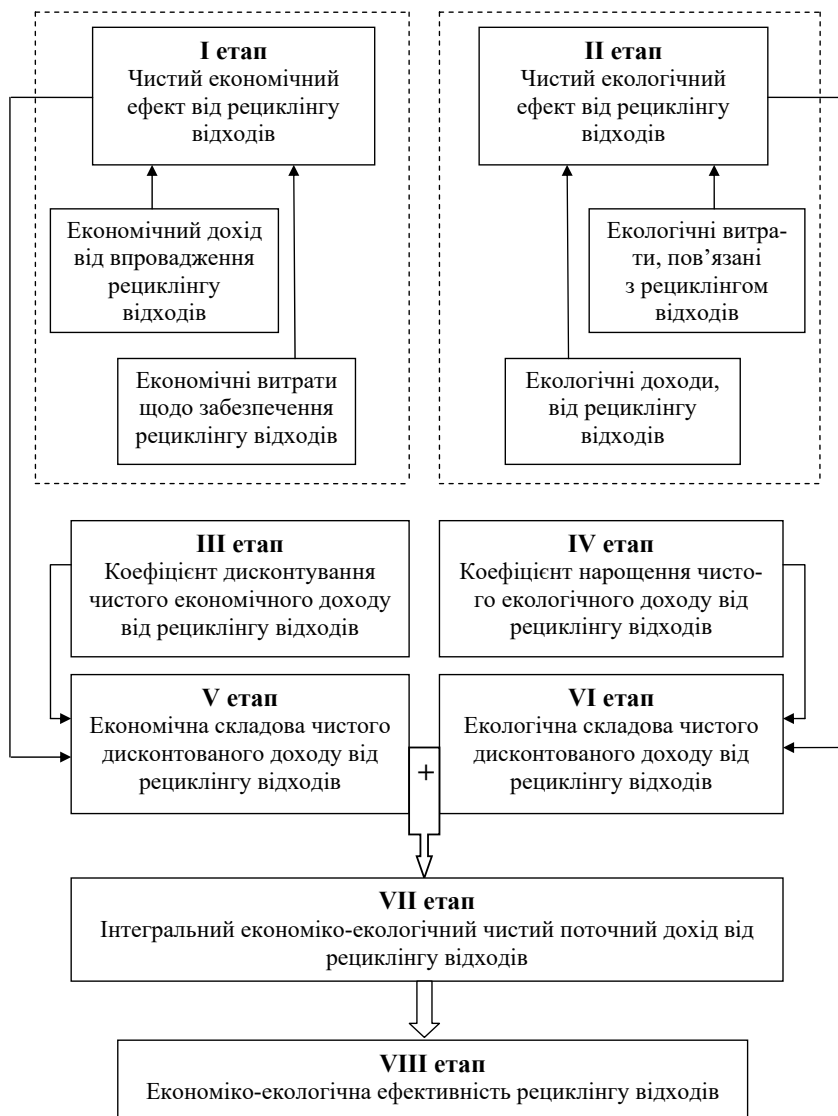


Рис. 6.1. Поетапна схема обчислення економіко-екологічної ефективності рециклінгу відходів

Джерело: [Довга, 2014]

$$IE = \frac{E_{ec} + E_{en} + E_s}{B_{mp} + B_{ek} \cdot \alpha_k^t}, \quad (6.15)$$

- де E_{ec} – економічний ефект від впровадження рециклінгу відходів;
 E_{en} – екологічний ефект від впровадження рециклінгу відходів;
 E_s – соціальний ефект від впровадження рециклінгу відходів;
 B_{bk} – капітальні витрати щодо впровадження рециклінгу відходів;
 B_{mp} – поточні (експлуатаційні) витрати щодо впровадження рециклінгу відходів;
 α_k^t – коефіцієнт дисконтування.

6.3. Визначення обсягу вилучення вторинних ресурсів з відходів та потенціалу їх використання в регіоні

Для розрахунку обсягу вторинних ресурсів (ВР), що можуть бути вилучені з твердих побутових відходів (ТПВ), а також обсягу ВР, які можна залучити у виробничу систему регіону, можна використовувати нижче наведену методику [Шевченко, 2011].

Максимально можливий обсяг ВР, який може бути отриманий з ТПВ, можна визначити в такий спосіб:

$$V_{t(q)}^{\max} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m X_{ij} * k_{der_{ij}}^{\max} * N_j = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m R_{ij}, \quad (6.16)$$

де $V_{t(q)}^{\max}$ – обсяг ВР, який може бути вилучений з відходів, утворених за період t в регіоні q , т;

$k_{der_{ij}}^{\max}$ – обсяг i -го ресурсу, що міститься в j -му виді відходів, т;

$k_{der_{ij}}^{\max}$ – коефіцієнт максимально можливого вилучення i -го ресурсу з j -го виду відходів;

N_j – кількість j -го виду відходів, що утворилися за період t в регіоні q , т;

R_{ij} – максимально можлива кількість i -го ресурсу, яка може бути отримана з j -го виду відходів, т.

Коефіцієнт максимально можливого вилучення i -го ресурсу з j -го виду відходів ($k_{der_{ij}}^{\max}$) можна визначити так:

$$k_{der_{ij}}^{\max} = 1 - k_{waste_{ij}}^t, \quad (6.17)$$

де $k_{waste_j}^t$ – коефіцієнт, що враховує величину втрат i -го ресурсу в j -му виді відходів внаслідок технічної неможливості, а також економічної недоцільності його отримання з урахуванням екологічної складової.

Максимально можливий обсяг вторинних ресурсів, який може бути використаний у виробничій системі регіону q за період t , можна визначити в такий спосіб [Шевченко, 2010]:

$$D_{t(q)}^{\max} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \frac{Y_{ij} * k_{sub_{ij}}^{\max} * N_j^p}{1000} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m H_{ij}, \quad (6.18)$$

де $D_{t(q)}^{\max}$ – обсяг ВР, який може бути використаний у виробництві за період t в регіоні q , т;

Y_{ij} – кількість i -го первинного ресурсу, що використовується для виробництва j -го продукту, кг/шт;

$k_{sub_{ij}}^{\max}$ – коефіцієнт, що враховує максимальну заміну i -го первинного ресурсу ВР для виробництва j -го продукту;

N_j^p – кількість j -го виду продукту, виробленого за період t в регіоні q , шт;

H_{ij} – максимальний обсяг i -го ВР, який може бути використаний для виробництва j -го продукту, т.

Коефіцієнт максимально можливої заміни i -го первинного ресурсу вторинним для виробництва j -го продукту ($k_{sub_{ij}}^{\max}$) можна визначити:

$$k_{sub_{ij}}^{\max} = 1 - k_{exc_{ij}}^t, \quad (6.19)$$

де $k_{exc_{ij}}^t$ – коефіцієнт, що враховує неможливість заміни i -го первинного ресурсу вторинним для виробництва j -го продукту внаслідок технічних умов, що не дозволяють використовувати ВР, а також економічної недоцільності.

Література

1. Губанова О. Р. Електронні відходи: теорія та практика поводження : монографія. Одеса: ТЕС, 2014. 120 с.
2. Довга Т. М. Економіко-екологічна ефективність рециклінгу твердих побутових відходів: дис. ... канд. екон. наук: 08.00.04. – економіка та управління підприємствами (за видами економічної діяльності), Київ, 2014, 255 с.

3. Довга Т. М. Теоретико-методичні аспекти оцінки економіко-екологічної ефективності рециклінгу твердих побутових відходів. *Бізнес-інформ.* 2013. № 1. С. 125–131.
4. Самойлік М. С. Економічна оцінка ефективності процесу рециклінгу твердих відходів з урахуванням регіональних особливостей. *Академічний огляд.* 2014. № 1. С. 77–84.
5. Шаніна Т. П., Губанова О. Р., Клименко М. О. та ін. Управління та поводження з відходами : підручник. Одеса : ОДЕКУ, 2012. 258 с.
6. Шевченко Т. І. Організаційно-економічні засади формування еколого-орієнтованої системи управління вторинними ресурсами : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук, спец.: 08.00.06 – економіка природокористування та охорони навколишнього середовища. Суми : СумДУ, 2011. 21 с.
7. Шевченко Т. И. Оценка эффективности восстановления ресурсов из отходов. *Механізм регулювання економіки.* 2010. № 2. С. 176–184.

7

ТЕМА

Нормативно-правові основи та інструменти стимулювання циркулярної економіки

- 7.1. Новий План дій ЄС з циркулярної економіки
- 7.2. Міжнародний стандарт BS 8001:2017 «Керівництво з впровадження в організації принципів циркулярної економіки»
- 7.3. Законодавча база формування та розвитку циркулярної економіки в Україні
- 7.4. Принцип розширеної відповідальності виробника
- 7.5. Інструменти стимулювання економіки рециклінгу

7.1. Новий План дій ЄС з циркулярної економіки

Передумовою переходу світових економік до циркулярної економіки стали ініціативи та нормативно-правові документи Європейського Союзу. У 2015 році Європейська комісія прийняла план дій для сприяння прискоренню переходу Європи до циркулярної економіки, підвищенню глобальної конкурентоспроможності, сприянню сталому економічному зростанню та створенню нових робочих місць (Closing the loop – An EU action plan for the Circular Economy) [Communication 2015]. У 2020 році ЄС розробив новий План дій з циркулярної економіки (EU's new Circular Economy Action Plan – For a cleaner and more competitive Europe) [Communication 2020], який є амбітним планом побудови вуглецевонеutralної економіки. Метою цього Плану є скорочення споживання в ЄС та подвоєння повторного використання ресурсів найближчими десятиліттями, одночасно сприяючи економічному зростанню.

Цифри та факти

Реалізація заходів Плану може збільшити ВВП ЄС на додаткові 0,5% до 2030 року та створити близько 700 тис. нових робочих місць.

План дій описує ініціативи для всього життєвого циклу продукції – від проєктування та виготовлення до споживання, ремонту, повторного використання, перероблення та повернення ресурсів

в економіку. На цей час життєвий цикл багатьох продуктів широкого вжитку занадто короткий, їх не можна повторно використувати, відремонтувати чи переробити або ж вони підлягають використанню лише одноразово. Лнійна структура виробництва та споживання (*take-make-use-dispose*) не дає виробникам стимулу виготовляти більш стійкі продукти. Ініціатива нової політики щодо сталості продукції має на меті змінити цю ситуацію за допомогою дій, спрямованих на «озеленення» не тільки економіки, а й продуктів, що використовуються у повсякденному житті.

До основних напрямів реалізації Плану дій з циркулярної економіки належать:

- забезпечення сталості товарів в ЄС;
- посилення можливостей споживачів та публічних закупівель;
- підвищення повторного використання ресурсів у промисловості;
- зменшення обсягу відходів.

За допомогою окремих інструментів Єврокомісія прагне встановлення принципів сталості. Нові правила, зокрема, стосуватимуться необхідності покращити довговічність, повторне використання, оновлення та ремонтпридатність, вирішення проблеми наявності небезпечних хімічних речовин у продуктах та збільшення вмісту переробленої продукції. Також Єврокомісія має на меті обмежити одноразове використання та протидіяти передчасному застаріванню продукції, що виготовляється. Введення заборони на утилізацію непроданих товарів тривалого користування також буде частиною заходів.

Для того щоб випуск продукції пристосовувався до кліматично нейтральної, ресурсоефективної та кругової економіки, скоротив обсяг відходів та забезпечив високу продуктивність учасників сталого розвитку, Єврокомісія планує законодавчу ініціативу щодо сталої продуктової політики. Основою цієї ініціативи стане розширення директиви 2009/125/ЄС, яка встановлює межі для визначення вимог з екодизайну, що застосовується до енергоспоживчих продуктів. Сферу застосування директиви поширять на якомога більше типів продукції.

Єврокомісія визначає пріоритетні ланцюги доданої вартості та товари – такі, як електроніка, ІКТ, текстиль, меблі та «промійні

товари із високим впливом», зокрема сталь, цемент та хімікати. Список є відкритим і може бути доповнений із часом. Щоб вимоги до продукції відповідали згаданим вище принципам сталості, Єврокомісія пропонувала [Communication, 2020]:

- прийняти та впровадити новий робочий план з питань еко-дизайну та енергетичного маркування (Ecodesign and Energy Labelling Working Plan) на 2020–2024 роки;
- переглянути Директиву 2009/125/ЄС та вимоги до груп продукції на основі критеріїв та правил, встановлених згідно з Регламентом (ЄС) № 66/2010 (EU Ecolabel Regulation), підходів щодо екологічного «сліду» та «зелених» державних закупівель;
- створити подальші критерії сталості не лише продуктів, а й послуг, зокрема соціальних;
- створити Європейський простір даних для «розумних» додатків (European Dataspace for Smart Circular Applications);
- удосконалити реалізацію вимог щодо сталого розвитку спільно з національними урядами.

Єврокомісія запроваджувала посилення ремонтпридатності продукції. Мета цієї ініціативи полягала у внесенні «права на ремонт» (*right to repair*) у політику ЄС щодо споживачів та реалізації товарів до 2021 року. План також передбачав заходи щодо надання споживачам більш достовірної інформації про продукцію в місці продажу, зокрема про строк використання товарів та інші показники.

Єврокомісія запропонує компаніям обґрунтовувати екологічність своєї продукції, використовуючи методи оцінки екологічного «сліду». Будуть запропоновані більш жорсткі правила для боротьби з грінвошингом та передчасним застаріванням продукції. Отже, споживачі матимуть доступ до достовірної інформації щодо ремонтпридатності та довговічності продукції, що допоможе спрямувати вектор вибору покупця на більш екологічні товари.

Ініціативи та законодавство ЄС вже певною мірою мають вплив на аспекти стійкості продуктів та можливостей споживачів. Зокрема, Директива 2009/125/ЄС щодо екодизайну успішно регулює вимоги до енергоефективності та деякі питання обігу товарів. У той самий час такі інструменти, як Регламент (ЄС) № 66/2010 та

критерії «зелених» державних закупівель є ширшими за обсягом, але мають менший вплив через добровільний характер використання цих інструментів. І хоча «зелені» закупівлі є добровільним інструментом, Єврокомісією він визнається як потужний стимул для екологічних інновацій [Green Public]. Крім того, Брюссель запропонує [Communication, 2019] мінімальні обов'язкові критерії та цілі «зелених» закупівель у галузевому законодавстві та на етапі обов'язкової звітності органів влади. Ці заходи будуть спрямовані на запобігання невиправданому адміністративному тягарю для закупівельників. Єврокомісія й далі підтримуватиме через навчання та розповсюдження кращого досвіду, а також заохочуватиме закупівельників у державному секторі до участі в ініціативі Public Buyers for Climate and Environment.

Перехід до «циркулярності» відіграє важливу роль у трансформації галузей промисловості. Цей перехід може створити значну економію ресурсів у межах виробничих процесів, створити додану вартість та розширити економічні можливості промислових підприємств. Разом з цілями, визначеними у промисловій стратегії (industrial strategy), Єврокомісія планує забезпечити більшу «циркулярність» у промисловості шляхом:

- оцінки варіантів у контексті перегляду Директиви 2010/75/ЄС про промислові викиди (*industrial emissions directive*);
- сприяння міжгалузевій співпраці шляхом розроблення самими промисловцями системи звітності та сертифікації;
- впровадження Плану дій з питань біоекономіки (*Bioeconomy Action Plan*);
- сприяння використанню цифрових технологій для відстеження, планування та фіксації руху ресурсів;
- сприяння використанню «зелених» технологій шляхом реєстрації Схеми верифікації екологічних технологій ЄС (*EU Environmental Technology Verification scheme*) як сертифікаційного знака ЄС.

Більшість екологічних проблем мають транскордонний характер та вирізняються глобальним впливом, тому піддаються ефективному вирішенню лише за допомогою міжнародної співпраці. З цієї причини Лісабонський договір [Treaty, 2007] встановлює, що однією з ключових цілей політики ЄС щодо навколишнього серед-

овища є сприяння заходам на міжнародному рівні для вирішення регіональних чи світових екологічних проблем, зокрема боротьби зі змінами клімату. ЄС бере активну участь у розробленні, ратифікації та реалізації багатосторонніх екологічних угод.

У цьому аспекті План дій вимагає систематичної роботи з переходу до глобальної кругової економіки, у тому числі багатосторонній діалог. Розширена мережа зовнішніх зв'язків ЄС та його глобальна сила надають великі перспективи для просування ключових політик і підходів у напрямку «циркулярної» економіки на міжнародному рівні. Відповідно до робочого документа Єврокомісії (*Commission Staff Working Document*) до інструментів міжнародного виміру належать такі:

- політичний діалог, торгівля, технічна, фінансова допомога та інвестиції для сприяння «циркулярній» економіці в країнах-партнерах (як частина більш широких зусиль щодо сприяння кліматичній нейтральності та сталому розвитку);
- узгодження, де це доцільно, норм та стандартів з циркулярної економіки ЄС, відповідних політик (зокрема, екодизайн);
- нові бізнес-моделі, ефективне використання ресурсів та чистих технологій;
- безпечне управління хімічними речовинами;
- масштабні заходи щодо запобігання та поводження з відходами (у тому числі плани запобігання та управління відходами, узгоджені з ієрархією відходів та цілями кругової економіки);
- розширені схеми відповідальності виробників та схеми повернення застави для пластикової тари та упаковки;
- довготривале використання продуктів та інформування споживачів;
- підвищення кваліфікації та перекваліфікація.

Зменшення обсягів відходів є надалі актуальним завданням, оскільки щороку обсяги утворення відходів в ЄС зростають. А половина країн – членів ЄС не дотрималася цілі до 2020 року досягти 50% переробки комунальних відходів. Тому ЄС планує різними методами досягти цілі – значного зменшення обсягів утворення відходів та зменшення удвічі обсягів утворення змішаних (ті, що не переробляються) муніципальних відходів до 2030 р.

7.2. Міжнародний стандарт BS 8001:2017 «Керівництво з впровадження в організації принципів циркулярної економіки»

Одним з інструментів, що допомагають бізнесу перейти до практичного впровадження принципів циркулярної економіки, є міжнародний стандарт BS 8001:2017 «Керівництво з впровадження в організації принципів циркулярної економіки», що був розроблений Британським інститутом стандартів [BS 8001:2017]. Цей стандарт призначений для застосування в будь-якій організації незалежно від місця розташування, розміру, сектора економіки та типу.

Розроблення стандарту BS8001:2017 відбувалося в кілька стадій. Перше дослідження, здійснене Інститутом британських стандартів у 2013 році, виявило існування понад 200 стандартів щодо запобігання утворенню відходів та управління ресурсами, але при цьому було наголошено повну відсутність офіційних стандартів, що фокусуються на циркулярній економіці.

Після форуму акціонерів у 2014 році Британський інститут стандартів створив комітет експертів та акціонерів зі стандартизації стійкого управління ресурсами, який прийняв рішення про розроблення базового стандарту для впровадження принципів циркулярної економіки в організаціях. У листопаді 2015 року була створена невелика редакційна група для розроблення актуального стандарту протягом 18-місячного періоду. Щоб переконатися, що стандарт відповідає потребам для використання в реальних умовах і для практичних рекомендацій, на експериментальному етапі були проведені консультації з великими і малими підприємствами та організаціями з різних напрямів діяльності [Pauliuk 2017].

Стандарт, у вступі якого докладно подано актуальність циркулярної економіки, її механізми та її зв'язок з іншими концепціями, зокрема ресурсоефективність та біоекономіку, містить широкий набір термінів та дефініцій. Зокрема, циркулярна економіка визначається як «економіка, яка є відновлювальною та регенеративною за дизайном і яка спрямована на підтримку продуктів, компонентів і матеріалів на найвищому рівні продуктивності та цінності з диференціацією технічних і біологічних циклів», де термін «відновлювальний» стосується витрачених ресурсів, які повернуті в нові продукти і послуги, а «регенеративний» – забезпечення можливості живих систем для від-

новлення й оновлення необхідних ресурсів. Цінність визначається як «фінансовий та/або нефінансовий прибуток».

Також стандарт містить переваги макрорівня циркулярної економіки, до яких належать: підвищення сталості економічних систем (шляхом зниження сировинної залежності), економічне зростання та зайнятість (шляхом відділення зайнятості від використання енергії та матеріалів), збереження природного капіталу та пом'якшення наслідків зміни клімату (завдяки охороні та регенерації біологічних поживних речовин для відновлення природного капіталу та зменшення негативних зовнішніх ефектів).

Переваги мікрорівня (драйвери розвитку циркулярної економіки) охоплюють економію коштів, нові джерела інновацій та доходу, покращення відносин із клієнтами та зміцнення сталості організацій.

BS 8001:2017 як практичне керівництво встановлює мінімальний набір із шести принципів циркулярної економіки:

- 1 – системне мислення;
- 2 – інновації;
- 3 – управління;
- 4 – співробітництво;
- 5 – значення оптимізації;
- 6 – прозорість.

При цьому стандарт не пропонує жодної ієрархії принципів циркулярної економіки, припускаючи, що системне мислення та координуюча роль – це два всеохопні принципи, які можуть, якщо їх послідовно застосовувати, мати позитивні наслідки для прийняття рішень всередині організації.

Крім того, стандарт містить вісім етапів гнучкої рамкової моделі та визначає шість груп бізнес-моделей циркулярної економіки.

Однак кожен новий стандарт має як сильні, так і слабкі сторони.

Серед переваг цього стандарту можна виділити роз'яснення термінів, опис необхідних глибоких змін, формулювання принципів циркулярної економіки та їх інтеграцію в процес розвитку бізнесу, а також докладний опис низки існуючих нормативних документів, які мають стосунок до циркулярної економіки. Відповідно до стандарту організації несуть повну відповідальність за вибір показників ефективності циркулярної економіки як усередині організації, так і для спілкування із зацікавленими сторонами [Pauliuk, 2017].

7.3. Законодавча база формування та розвитку циркулярної економіки в Україні

Стосовно ситуації в Україні, то нормативне закріплення категорій циркулярної економіки досі відсутнє. На цей час в нашій державі наявна стара законодавча база у сфері поводження з відходами, зокрема, чинний Закон «Про відходи» давно застарів та потребує повного оновлення. Також на законодавчому рівні не закріплено поняття економіки замкненого циклу, у різних нормативно-правових актах та стратегіях вживаються різні терміни: «циркулярна економіка», «кругова економіка» та «економіка замкненого циклу». Без запровадження цього терміна на законодавчому рівні, в Україні буде неможливо використовувати законодавчі норми щодо функціонування такої економіки й, відповідно, ролі відходів у виробництві [Міжнародний, 2022].

Україна прийняла низку стратегій та програм, які регулюють сферу поводження з відходами та запровадження окремих елементів економіки замкненого циклу, проте втілення завдань та цілей цих стратегій і програм є неможливим повною мірою за відсутності відповідного законодавства. Так, ще у 2017 році було прийнято Національну стратегію управління відходами в Україні до 2030 року та у 2019 році Національний план управління відходами до 2030 року. Ці документи ґрунтуються здебільшого на вимогах директив ЄС у сфері управління відходами, тому їх виконання без прийняття нового законодавства є неможливим.

З 1 січня 2020 року також набули чинності Основні засади (стратегія) державної екологічної політики України на період до 2030 року. Проте запровадження заходів цих стратегічних документів часто вимагає прийняття нових законодавчих та підзаконних актів (наприклад, щодо екодизайну, розширеної відповідальності виробника тощо).

Серед пріоритетних дій уряду на 2021 рік у переліку законопроектів, спрямованих на виконання Програми діяльності Кабінету Міністрів України, затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 12 червня 2020 р. № 471, були законопроекти «Про управління відходами» та «Про державний екологічний контроль». А також вказані такі заходи:

- розроблення порядку функціонування інформаційної системи управління відходами;

- розроблення проєкту Закону України «Про відходи упаковки»;
- розроблення проєкту Закону України «Про управління відходами видобувної промисловості» [Міжнародний, 2022].

Усі ці заходи пов'язують із прийняттям законопроєкту «Про управління відходами», без якого буде відсутня законодавча база для прийняття решти законодавчих та підзаконних актів. Попри наявність цих політичних документів уряду, контроль за виконанням зазначених програм та планів відсутній, неможлива координація між різними органами виконавчої влади щодо вирішення проблем поводження з відходами та запровадження економіки замкненого циклу, адже ці сфери потребують залучення майже всіх органів влади, оскільки зачіпаються інтереси бізнесу, промисловості, сільського господарства, транспорту тощо.

Отже, для досягнення цілей зеленого курсу Україні бракує не тільки планів (дій) у сфері запровадження економіки замкненого циклу із фокусом на поводження з відходами, а й базового законодавства у сфері управління відходами та законодавства щодо управління різними видами відходів (насамперед ВЕЕО, батарейок, упакування тощо), на якому ґрунтується виконання цілей зеленого курсу в ЄС. Без наведених вище законодавчих актів, без законодавчого закріплення трансформації економіки України до економіки замкненого циклу досягти навіть мінімальних цілей зеленого курсу буде неможливо.

7.4. Принцип розширеної відповідальності виробника

Одним із головних принципів функціонування економіки замкненого циклу можна вважати *принцип розширеної відповідальності*. Упродовж тривалого часу виробники несли відповідальність лише за відходи, які утворювались в процесі виробництва продукції, а витрати, пов'язані з утилізацією споживчих товарів відшкодували населення та держава. Отже, ідея про подовження відповідальності виробника на виготовлену ним продукцію протягом усього її життєвого циклу, у тому числі стадію кінцевої утилізації, була небезпідставною. Їй у 1980-х роках набула розвитку *концепція відповідальності виробника*, а вже на початку 1990-х років в Європі та США на законодавчому рівні був впроваджений принцип, що

отримав назву «розширена відповідальність виробника» (РВВ) і визначався як «стратегія у сфері охорони довкілля, що спрямована на зниження екологічного впливу, який здійснюється протягом всього життєвого циклу продукції, шляхом покладення відповідальності за збитки, заподіяні продукцією, та особливо обов'язки із збирання, переробки та остаточної утилізації продукту на його виробника» [Губанова, 2014].

Дотримання цього принципу є передумовою стимулювання суб'єкта господарювання до зменшення шкоди, яка завдається навколишньому середовищу його продукцією на всіх етапах її життєвого циклу, оскільки на виробника покладається фінансова відповідальність за ліквідацію негативного впливу на навколишнє природне середовище від продукції не лише на етапах її планування, проектування, виробництва та продажу, а й упродовж всього строку експлуатації та на етапах повторного використання або утилізації.

Застосування принципу РВВ стає передумовою для створення ланки, що з'єднає стадією виробництва продукції та стадією утворення відходів, і залучає до цього циклу різних суб'єктів господарювання, які безпосередньо беруть участь у життєвому циклі електричної та електронної продукції, зокрема, виробників, дистриб'юторів, споживачів та підприємства з утилізації відходів. Кожна країна в межах свого національного законодавства визначає, хто саме відповідає за збір відходів від споживачів. Ілюстрація відповідної практики в країнах ЄС наведена в табл. 7.1.

Сьогодні в межах моделі РВВ використовуються п'ять видів відповідальності виробника/імпортера: економічна, фізична, компенсаційна, інформаційна відповідальність та право власності.

Економічна відповідальність передбачає, що виробник/імпортер покриває всі або частину витрат, пов'язаних зі збиранням, переробленням або кінцевою утилізацією використаних продуктів. Під **фізичною відповідальністю** розуміють відповідальність виробника за безпосереднє збирання та остаточну утилізацію своєї продукції індивідуально або колективно. **Компенсаційна відповідальність** передбачає відповідальність виробника/імпортера за прямий екологічний збиток, який завдається його продукцією на різних стадіях життєвого циклу, включаючи використання та кінцеву утилізацію. **Інформаційна відповідальність** зобов'язує

Таблиця 7.1. Розподіл відповідальності щодо забезпечення збору ВЕЕО у країнах ЄС

Країна	Відповідальність	
	фізична	фінансова
Австрія	Д – М – В	Д – В
Бельгія	Д – М	Д
Болгарія	В	В
Велика Британія	Д – В	Д – В
Данія	М	М
Латвія	В	В
Литва	Д – М – В	В
Нідерланди	Д – М	Д – М
Німеччина	М	М
Польща	Д	Д
Словаччина	Д – В	Д – В
Угорщина	В	В
Фінляндія	Д – В	В
Франція	Д – М – В	Д – В
Чеська Республіка	Д – В	Д – В
Швеція	В	В

Примітка: Д – дистриб'ютор, М – муніципалітет, В – виробник.

Складено на основі джерела [The Producer, 2007]

виробника інформувати споживачів про екологічні властивості продукції, що виробляється ним, а також про те, як використовувати й остаточно утилізувати продукт та/або його упаковку, заподіюючи найменшу шкоду навколишньому середовищу. Пересіченням цих компонентів є «володіння», яке означає, що виробник залишає за собою право власності на товар. У цьому разі він не продає свою продукцію, а ніби надає її в оренду. Й оскільки власником товару залишається його виробник/імпортер, то відповідальність за нього не переходить на споживача.

Реалізується стратегія розширеної відповідальності виробника за допомогою адміністративно-правових (вимоги до примусового повернення продуктів, стандарти щодо мінімального вмісту вторинної сировини в продукті тощо), економічних (системи

деPOSITIV, авансові платежі та ін.) та інформаційних інструментів (наприклад, екологічне маркування).

Застосування принципу РВВ може здійснюватися на підставі добровільної та обов'язкової програм або їх комбінації. При реалізації обов'язкової програми РВВ зобов'язання учасників визначаються в межах державних програм, якими можуть встановлюватися кількісні планові рівні збору, переробки, повторного використання продукції. Добровільний підхід впровадження розширеної відповідальності виробника передбачає підписання різних угод, зокрема, зобов'язання промисловості, угоди, досягнуті шляхом переговорів «забруднювача» та «сторони, що зазнала забруднення», угоди між промисловістю та владою, добровільні програми влади, до участі в яких залучаються приватні фірми.

Виробники можуть нести індивідуальну або колективну відповідальність через створення Організацій розширеної відповідальності виробників (ОРВВ), в яких виробники тією чи іншою мірою самостійно вирішують, як у найкращий спосіб подолати проблему відходів, зокрема ВЕЕО. Можливий також варіант, за якого виробники просто виплачують певний збір до бюджету, а вже держава бере на себе відповідальність за організацію збору та переробки електронних відходів.

Проте за будь-якою програмою РВВ витрати зазнає кінцевий споживач. Відмінності полягають лише в тому, як та коли він буде платити. Отже, з огляду на це розрізняють три основні фінансові механізми програм РВВ:

- 1) система явної плати за видалення (наприклад, депозитно-зворотна система);
- 2) система неявної плати за видалення (повна інтерналізація витрат, обумовлених управлінням продукцією наприкінці її життєвого циклу, у вартість продукції);
- 3) система оплати останнім власником.

Про дієвість стратегії РВВ свідчать дані, що містяться в табл. 7.2.

Поряд із стратегією РВВ, у сфері поводження з електронними відходами використовується розроблена в США *стратегія управління продукцією*, яка визначається як «стратегія захисту навколишнього середовища, метою якої є мінімізація негативного впливу продукції, що досягається шляхом розподілу відповідаль-

Таблиця 7.2 Рівень використання окремих видів ВЕЕО в деяких країнах ЄС, %

Країна	Відходи електричного та електронного обладнання					
	велика габаритна побутова техніка		дрібна побутова техніка		ІТ-технології та телекомунікації	
	R1+R2	R3	R1+R2	R3	R1+R2	R3
Австрія	84,0	87,0	74,0	85,0	75,0	87,0
Бельгія	82,2	87,9	79,7	93,8	88,8	91,6
Данія	88,0	97,0	82,0	96,0	92,0	81,0
Литва	71,3	77,6	51,0	71,2	71,8	75,7
Нідерланди	77,0	87,0	70,0	74,0	78,0	96,0
Німеччина	84,0	91,0	67,2	91,6	77,8	95,3
Норвегія	81,9	84,4	57,4	86,3	72,0	84,6
Польща	3,7	22,2	4,3	6,9	4,2	9,8
Словаччина	88,8	90,4	69,6	82,6	74,5	88,8
Угорщина	84,5	84,6	79,4	79,6	76,4	76,7
Фінляндія	84,0	91,0	71,0	74,0	72,0	76,0
Франція	–	–	–	–	81,3	88,7
Швеція	92,0	92,0	87,0	87,0	92,0	92,0

Примітка: R1 – Reuse (повторне використання), R2 – Recycling (рециклінг), R3 – Recoverу (утилізація)

Джерело: складено за даними [Маковецька, 2011]

ності між усіма учасниками життєвого циклу продукції (виробником, дистриб'ютором, споживачем), проте максимальна відповідальність покладається на того, негативний вплив на довкілля кого найбільш значний». Отже, передбачається, що витрати за збір, транспортування та перероблення відходів розподіляються між усіма учасниками життєвого циклу продукції, зокрема, електрики та електроніки, які є фізичними та юридичними особами [Губанова, 2014].

Стратегію управління продукцією інколи помилково отожднюють зі стратегією розширеної відповідальності виробників, хоча на практиці вони суттєво відрізняються. Стратегія РВВ передбачає фінансування поводження з електронними відходами виробниками/імпортерами продукції, у той час як стратегія управління продукцією однозначно не виділяє виробника/імпортера

як основного платника, оскільки відповідальність розподіляється між усіма учасниками життєвого циклу продукції. Так, розподіл відповідальності за виконання окремих етапів поводження з ВЕЕО між учасниками життєвого циклу електричного та електронного обладнання, передбачений обома стратегіями, наведено в табл. 7.3.

Аналіз численних публікацій дозволив автору [Шулаєва, 2012] дійти висновку, що розроблення програм, спрямованих на підвищення ефективності поводженням з електронними відходами, в основу яких покладена стратегія управління продукцією, є «кроком у неправильному напрямі». Пояснюється це тим, що, по-перше, виробники ЕЕО не стимулюються до вдосконалення конструкцій виробів, здійснення екодизайну та підвищення рівня безпеки продукції, наприклад, шляхом скорочення використання шкідливих речовин у її виробництві, по-друге, відсутністю чіткого розподілу зобов'язань щодо поводження з електронними відходами між учасниками життєвого циклу ЕЕО, що призводить до їх часткового або неякісного виконання.

У той самий час реалізація стратегії розширення сфер відповідальності виробників забезпечує позитивний економіко-екологічний ефект для всіх, хто залучений у процес поводження з від-

Таблиця 7.3. Розподіл відповідальності за стратегіями поводження з ВЕЕО

Етап поводження з ВЕЕО	Персональна відповідальність	
	стратегія РВВ	стратегія управління продукцією
Повернення ВЕЕО до пунктів прийому	кінцевий користувач	кінцевий користувач
Приєм ВЕЕО	продавець ЕЕО	виробник/імпортер або продавець ЕЕО, муніципальний орган
Збір ВЕЕО	виробник/імпортер ЕЕО	
Управління пунктами збору ВЕЕО	виробник/імпортер або продавець ЕЕО	
Транспортування ВЕЕО з пунктів прийому до пунктів переробки	виробник/імпортер або продавець ЕЕО	
Демонтаж та переробка ВЕЕО	виробник/імпортер ЕЕО	
Екологічно безпечне поховання неперероблених залишків ВЕЕО	виробник/імпортер ЕЕО	

Джерело: складено за даними [Шулаєва, 2012]

ходами. Так, для виробників він проявляється в скороченні витрат на первинні матеріали внаслідок їх заміни вторинними та здешевленні поводженням з ВЕЕО внаслідок зміни дизайну виробів, який передбачає полегшення процесу демонтажу та перероблення відходів, а також у стимулюванні розвитку екоефективного конкурентоспроможного виробництва. Муніципальна влада одержує позитивний результат унаслідок передачі більшої частини економічної відповідальності щодо управління електронними відходами безпосередньо виробникам ЕЕО. Населення стає більш інформованим з приводу екологічної небезпеки, що пов'язана з накопиченням та захороненням ВЕЕО, і, крім того, починає користуватися більш ефективними та зручними схемами збору електронних відходів. Для довкілля результативність впровадження стратегії розширеної відповідальності виробника проявляється в скороченні обсягів утворення та поховання ВЕЕО, що обумовлює економію природних ресурсів, зменшення негативного впливу на навколишнє середовище внаслідок мінімізації або заміни небезпечних речовин на менш шкідливі при виробництві електричного та електронного обладнання.

Крім того, факторами, що визначають ефективність впровадження стратегії розширеної відповідальності виробника, автор [Шулаєва, 2012] визначає такі:

- наявність відповідного законодавства та дієвої системи збору електронних відходів, встановлення цілей та завдань щодо обсягів переробки відходів;
- покладання фінансової відповідальності за збір, транспортування та перероблення ВЕЕО на виробників/імпортерів обладнання;
- диференціювання процесів рециклювання та рекуперації енергії з відходів;
- надання виробниками звітів про виконання зобов'язань;
- стимулювання виробників ЕЕО до випуску екологічної продукції;
- стимулювання кінцевих користувачів до повернення відпрацьованого ЕЕО до пунктів прийому електронних відходів.

На цей час система повернення ВЕЕО у сферу відповідальності виробника електричної та електронної продукції в Україні

відсутня, незважаючи на те що український споживач, купуючи таку продукцію, уже сплачує функціонування «ланки зворотного зв'язку». Отже, першочерговими завданнями держави щодо вирішення проблеми електронних відходів мають стати опрацювання відповідного понятійно-термінологічного апарату, удосконалення нормативно-правової бази, що регулюватиме відносини у сфері поводження з ВЕЕО, та прийняття до реалізації принципу розширеної відповідальності товаровиробника, створивши умови щодо спрямування фінансових потоків на організацію інфраструктури поводження з відходами електричного та електронного обладнання. Проте для втілення в практичну площину зазначених пропозицій потрібним стає визначення інструментарію їх реалізації.

7.5. Інструменти стимулювання економіки рециклінгу

Передумовою досягнення високих результатів у ресурсозбереженні є стимулювання відповідної поведінки всіх, хто залучений до економічного циклу «виробництво – споживання». Отже, важливою складовою формування економіки замкнених ресурсних циклів, безперечно, стає вибір стимулювальних засобів. Інструментами стимулювання використання вторинних ресурсів можуть бути адміністративно-правові та ринкові важелі, сукупність яких наведена на рис. 7.1.

Отже, стимулювання суб'єктів господарювання до ефективного поводження, наприклад, з відпрацьованим електричним та електронним обладнанням може відбуватися шляхом надання ним податкових та кредитних пільг, цільових дотацій та субсидій, а також за допомогою товарних сертифікатів (продажі прав на розміщення відходів), реалізації іпотечних, концесійних, лізингових відносин тощо. Одночасно, з огляду на реалізацію функції контролю діяльності суб'єктів, спонукання їх до екологоорієнтованої поведінки може формуватися шляхом застосування інструментів альтернативного примушення (наприклад, ліцензій на депонування відходів, нормативів на відходонакопичення тощо). Проте стимулювання підвищення відповідальності виробників та споживачів за стан справ у сфері поводження з відпрацьованим обладнанням має здійснюватися шляхом збалансованого поєднання адміністративних та ринкових інструментів впливу.



Рис. 7.1. Інструменти стимулювання вторинного використання ресурсів [Губанова, 2014]

Результативність інструментів, що застосовуються, визначається ступенем досягнення мети, яка у сфері поводження з відходами спрямована на скорочення обсягів їх утворення та накопичення. З огляду на те що відпрацьоване електричне та електронне обладнання за своєю природою є відходами споживання, в управлінні ними частіше за все використовуються різноманітні інструменти, які застосовуються для регулювання поводженням з твердими побутовими відходами. Так, у роботі Ю. Шулаєвої відповідний інструментарій розглядається в аспекті типізації механізму управління ТПВ. При цьому стимулювальний та жорсткий механізми

управління відходами можуть бути реалізованими з допомогою економічних (ринкових) та законодавчо-нормативних (адміністративно-командних), а м'який – переважно інформаційних інструментів. Інструментарій ефективного управління поводженням з електронними відходами може бути поданий у вигляді схеми, наведеної на рис. 7.2, де напівжирні стрілки вказують на інструменти, які рекомендовані для використання у сфері поводження з відпрацьованим електричним та електронним обладнанням, а інші є традиційними для управління твердими побутовими відходами. Крім того, напівжирним шрифтом позначені інструменти жорсткого, курсивом – стимулювального, а звичайним шрифтом – м'якого механізму управління цього типу відходами [Шулаева, 2009].

Як бачимо з рисунку, серед інструментального забезпечення сфери поводження з електронними відходами домінують інструменти, які належать до жорсткого механізму управління відходами.

Проте тільки комплексне використання інструментів, що належать до всіх типів механізмів, може забезпечити ефективне функціонування замкнених ресурсних циклів виробництва та споживання електричної й електронної продукції. Крім того, незважаючи на те що підходи до вибору інструментів поводження з відходами різні, критеріями, якими потрібно керуватися при встановленні конкретного переліку інструментів поводження з електронними відходами, мають бути:

- *ефективність*, тобто соціально-економічна доцільність перероблення електронних відходів;
- *справедливість*, під якою розуміють обґрунтоване використання каральних та стимулювальних заходів;
- *здійсненність*, яка полягає в наявності коштів та необхідного обсягу даних щодо обґрунтування, розрахунку та контролю над дотриманням встановлених вимог;
- *гнучкість*, що характеризується здатністю змінюватися залежно від економічних умов;
- *стимулювання*, яке орієнтує виробників ЕЕО на пошук найкращих природоохоронних рішень, використання нових екологічно безпечних технологій та матеріалів, інвестування в наукові розробки тощо;
- *соціально-політична прийнятність*, яка означає ступінь підтримки та згоди на використання обраних інструментів з боку суспільства.

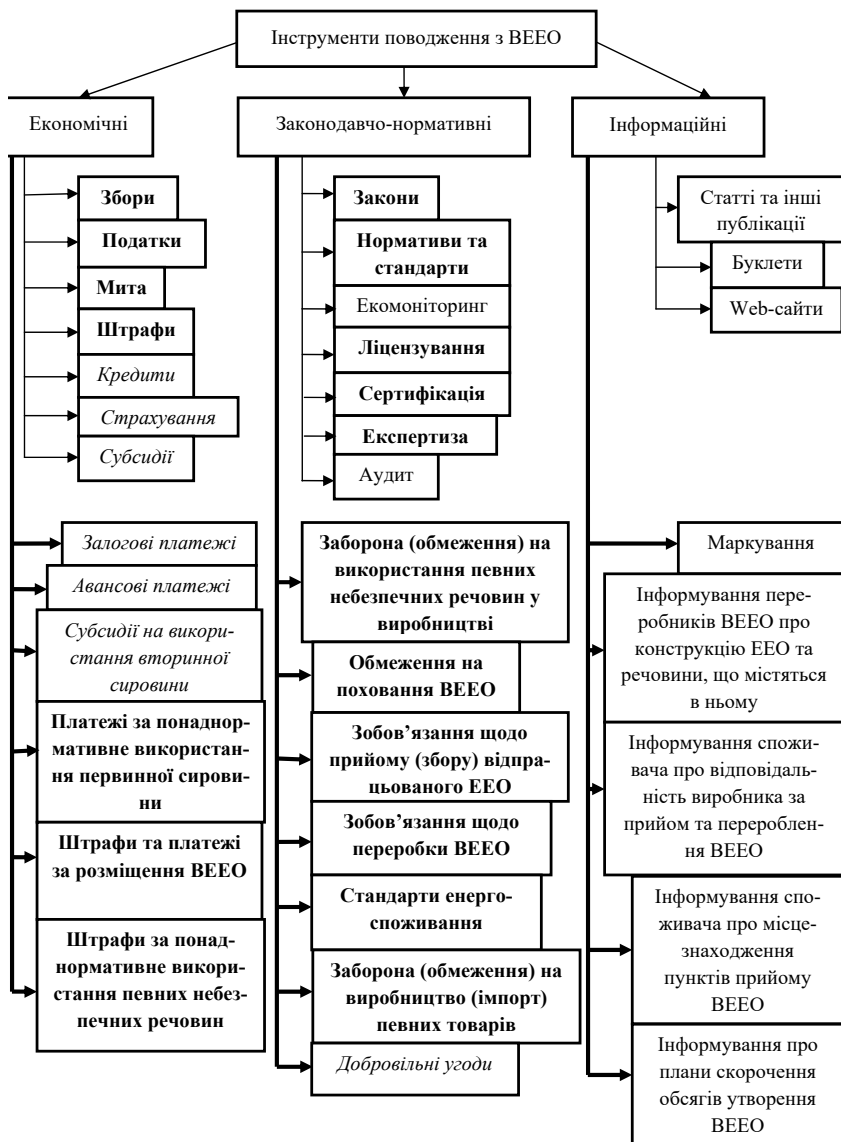


Рис. 7.2. Інструментарій поводження з електронними відходами

Джерело: складено за [Шулаєва, 2009]

Зазвичай стратегія розширеної відповідальності виробника реалізується з допомогою низки адміністративних, економічних та інформаційних інструментів, найбільш поширені з яких наведені в табл. 7.4. Значною мірою інструментальне забезпечення сфери поводження з ВЕЕО має стимулювальний характер. Так, адміністративні інструменти є *важелями примушення виробника* електричного та електронного обладнання дотримуватися встановлених нормативів та заборон, які закріплені на законодавчому рівні у відповідних нормативно-правових актах, директивах, регламентах. Ринкові інструменти, навпаки, є *засобами спонукання виробника* ЕЕО до екологічно безпечної діяльності, самостійного вибору стратегії господарювання та інструментів її реалізації з огляду на свої економічні інтереси, аналіз витрат та вигід у межах існуючих регуляторних обмежень. Інформаційні інструменти – це здебільшого *важелі впливу на споживача*, які мають спонукати його купувати чи відмовитися від придбання відповідного ЕЕО, з огляду на можливу шкоду від використання пристроїв та/або складності видалення відповідних відходів.

Крім наведених груп інструментів, у сфері поводження з відходами електричного та електронного обладнання також застосовуються технологічні та організаційні інструменти.

Під технологічними інструментами поводження з ВЕЕО необхідно розуміти методи мінімізації та запобігання утворення відходів, які ґрунтуються на чинних нормативно-правових документах та можуть бути реалізовані відповідно до можливостей галузевих технологічних процесів. Частіше за все вони передбачають:

- зменшення ваги ЕЕО;
- уніфікацію вузлів і деталей електричної та електронної продукції, що виготовляється;
- скорочення вмісту шкідливих речовин у виробках;
- заміну небезпечних матеріалів у кінцевій продукції на менш небезпечні;
- подовження терміну життя ЕЕО;
- підвищення ремонтопридатності виробів;
- зміну дизайну продукції на більш екологічний, зокрема, використання екологічно чистих матеріалів, створення продукції з максимально можливою здатністю до багаторазового використання та вторинної переробки.

Таблиця 7.4. Інструменти стратегії розширеної відповідальності виробника [Губанова, 2014]

Тип інструмента	Назва інструмента
Адміністративні	Заборони та обмеження на використання певних шкідливих речовин у виробництві
	Заборони та обмеження на розміщення ВЕЕО
	Зобов'язання з прийому (збору) відпрацьованої техніки
	Зобов'язання щодо мінімального обсягу переробки електронних відходів
	Норми обов'язкового використання вторинної сировини у виробництві
	Стандарти енергоспоживання
Ринкові	Заборони та обмеження на виробництво (імпорт) певних товарів, в яких міститься понадлімітна кількість небезпечних речовин або матеріали, непридатні до вторинного використання
	Заставний платіж, що вноситься покупцем ЕЕО
	Авансовий платіж, який покладається на виробника або покупця ЕЕО
	Штрафи та платежі за розміщення ВЕЕО
	Штрафи за використання певних небезпечних речовин при виробництві ЕЕО понад встановлену норму
	Платежі за використання первинної сировини при виробництві ЕЕО понад встановлену норму
Інформаційні	Пільгове оподаткування, субсидії за використання вторинної сировини при виробництві ЕЕО
	Маркування, яке інформує про екологічну безпеку ЕЕО для споживачів та навколишнього середовища
	Маркування, що вказує на спосіб поводження з відпрацьованим ЕЕО
	Маркування, яке попереджає про екологічну небезпеку ЕЕО
	Вказівка щодо рекомендованого терміну експлуатації ЕЕО
	Інформування покупців про місцезнаходження пунктів прийому відпрацьованого ЕЕО
Інформування переробників ВЕЕО про конструктивний дизайн ЕЕО та речовини і матеріали, що містяться в ньому	

Здатність до багаторазового використання ЕЕО передбачає довгострокове користування ним, щоб уникнути покупки нових товарів аналогічного призначення. Отже, це обумовлює можливість у подальшому застосування такого організаційного інструмента, як передача обладнання на потреби благодійності, яка може здійснюватися на безплатній основі або за невелику компенсацію. Проте за певних умов цей інструмент стає антистимулятором розширеної відповідальності виробника ЕЕО в глобальному масштабі.

Література

1. Маковецька Ю. М. Формування організаційно-економічної моделі розвитку вторинного ресурсокористування в Україні: дис. ... канд. екон. наук: 08.00.06 – економіка природокористування та охорони навколишнього середовища. Київ, 2011. 229 с.
2. Міжнародний Фонд «Відродження». Відповідність державної політики України у сфері поводження з відходами пріоритетам та цілям Європейського зеленого курсу. URL: http://epl.org.ua/wp-content/uploads/2022/02/TSyrkulyarna_ekonomika_YEZK.pdf
3. Шулаєва Ю. Є. Економіко-екологічний механізм підвищення ефективності управління поводженням з електронними відходами: дис. ... канд. екон. наук: 08.00.03 – економіка та управління національним господарством. Донецьк, 2012. 157 с.
4. Шулаєва Ю. Е. Инструментарий механизмов эффективного управления электронными отходами. *Проблеми і перспективи розвитку банківської системи України*. Суми : ДВНЗ «Українська академія банківської справи національного банку України», 2009. № 25. С. 282–293.
5. Шулаєва Ю.Е. Концептуальные основы эффективного управления электронными отходами. URL: http://ea.donntu.edu.ua:8080/jspui/bitstream/123456789/18018/1/Концептуальные_основы.doc
6. British Standards Institution. BS 8001:2017. Framework for Implementing the Principles of the Circular Economy in Organizations–Guide. *The British Standards Institution*. London, 2017.
7. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Closing the loop – An EU action plan for the Circular Economy. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52015DC0614>
8. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. A new Circular Economy Action Plan For a cleaner and more competitive Europe. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1583933814386&uri=COM:2020:98:FIN>
9. Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions (COM(2019) 640 final). The European Green Deal. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1576150542719&uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN>
10. Green Public Procurement. URL: https://ec.europa.eu/environment/gpp/index_en.htm

11. Pauliuk S. Critical appraisal of the circular economy standard BS 8001:2017 and a dashboard of quantitative system indicators for its implementation in organizations. *Resources, Conservation and Recycling*. 2017. P. 81–92.
12. Treaty of Lisbon amending the Treaty on European Union and the Treaty establishing the European Community, signed at Lisbon, 13.12.2007. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:C:2007:306:TOC>
13. The Producer Responsibility Principle of the WEEE Directive, Final Report. 19.08.2007. URL: http://www.ecyclingresource.org/UserDocuments/final_rep_okopol.pdf

8

Т Е М А

Глобальні виклики та інноваційні рішення у сфері використання пластику

- 8.1. Політика ЄС щодо пластику: основні терміни, зміст директив та їх зв'язок із циркулярною економікою
- 8.2. Забруднення Світового океану як глобальна екологічна проблема
- 8.3. Практика рециклінгу традиційних пластиків
- 8.4. Перший в Україні «Plastic Challenge Hatchaton 2021» та альтернативні рішення від українських розробників
- 8.5. Стан поводження з відходами пластику в Україні

8.1. Політика ЄС щодо пластику: основні терміни, зміст директив та їх зв'язок з циркулярною економікою

Політика ЄС щодо пластику спрямована на захист навколишнього середовища та здоров'я людини шляхом зменшення забруднення Світового океану, зниження викидів парникових газів, а також залежності від імпорту первинних матеріалів.

Щорічно в Європі утворюється майже 26 мільйонів тонн пластикових відходів. Нині ЄС вживає низку заходів для боротьби із забрудненням пластиком, прискорюючи перехід до циркулярної та ресурсоефективної економіки пластику. У січні 2018 року ЄС прийняв Європейську стратегію щодо пластику (англ. – *A European Strategy for Plastics in a Circular Economy*), яка має на меті змінити спосіб дизайну, виробництва, використання та переробки пластикових виробів у ЄС. Цей документ є частиною Плану дій ЄС щодо економіки замкнутого циклу та ґрунтується на переліку визначених заходів зі зменшення відходів пластику. Стратегія ЄС щодо пластику є одним із базових напрямів переходу країн-членів до вуглецевонейтральної економіки замкнутого циклу. Заходи Стратегії сприятимуть досягненню Цілей сталого розвитку до 2030 року в частині більш сталої та безпечної моделі споживання та виробництва, а також досягненню цілей Паризької кліматичної угоди [A European Strategy, 2018].

Стратегія ЄС щодо пластику як частина плану дій з економіки замкненого циклу більш докладно описує конкретні дії, які стосуються низки напрямів, зокрема:

- біорозкладні пластики, придатні для компостування;
- одноразовий пластик;
- мікропластик;
- поліетиленові пакети та упаковка.

Альтернативні пластики, такі як біорозкладні та компостовані пластики, можуть бути більш екологічною альтернативою пластику з викопного палива. Європейська комісія прийняла норми щодо маркування біопластику, біорозкладаного та компостованого пластику (англ. – *Communication – EU policy framework on biobased, biodegradable and compostable plastics*). Існує широка плутанина серед споживачів щодо цих різних типів пластику. Загальний термін «біопластик» (англ. – *bioplastics*) часто використовується для опису дуже різних матеріалів, а саме: а) пластиків з органічних матеріалів; б) біорозкладного пластику та в) пластику, що підлягає компостуванню, можуть ввести в оману [EU policy, 2022].

Роз'яснення термінів

Пластик з органічних матеріалів (англ. – *biobased plastics*) є повністю або частково виготовленим з органічних матеріалів, а не з викопної сировини, і вони не обов'язково підлягають біорозкладанню або компостуванню. У цьому контексті важливо аналізувати повний життєвий цикл біопластику задля обґрунтування його безпеки для навколишнього середовища, крім скорочення використання викопних ресурсів. Біорозкладний пластик (англ. – *biodegradable plastics*) розкладається в певних умовах наприкінці терміну служби. Пластик для компостування (англ. – *compostable plastics*) – підгрупа біологічних пластиків, зазвичай утилізується в промислових компостних установках, його потрібно збирати окремо. Біорозкладаний і компостований пластик може бути виготовлений з органічних матеріалів або викопної сировини. Цей вид пластику необхідно використовувати, коли неможливо зменшити традиційні пластики на основі нафтопродуктів. Можливі альтернативи традиційного пластику наведено на рис. 8.1 [EU policy, 2022].

Для боротьби з одноразовими пластиковими виробами у ЄС прийнято Директиву ЄС 2019/904 щодо одноразового пластику (англ. – *Directive 2019/904 on the reduction of the impact of certain*

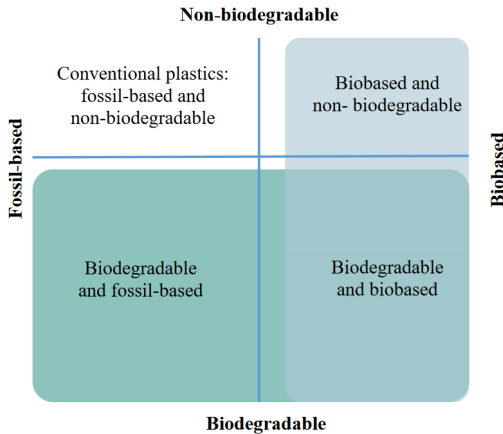


Рис. 8.1. Альтернативи традиційного пластику
Дані з джерела [EEA 2020]

plastic products on the environment), яка охоплює 10 видів виробів [Directive, 2019/904]:

- 1) ватні палички;
- 2) столові прилади, тарілки, соломинки та мішалки;
- 3) повітряні кулі та палички для повітряних куль;
- 4) харчові контейнери;
- 5) чашки для напоїв;
- 6) контейнери для напоїв;
- 7) недопалки;
- 8) пластикові пакети;
- 9) пакети та обгортки;
- 10) вологі серветки та предмети гігієни.

Одноразові пластикові вироби використовуються одноразово або протягом короткого проміжку часу, після чого їх викидають. Вплив цих відходів на навколишнє середовище є глобальним.

Цифри та факти

Близько 80% морського сміття – це пластик. 70% усього морського сміття в ЄС – це 10 видів одноразових пластикових виробів [Directive, 2019/904].

Відповідно до Директиви ЄС 2019/904 до різних виробів застосовуються різні заходи. Ці заходи є пропорційними та адаптованими для отримання найефективніших результатів, а також ураховують наявність більш екологічних альтернатив. Деякі одноразові

пластикові вироби, такі як столові набори, соломинки, мішалки та інші, не можуть бути розміщені на ринках у держав-членів ЄС у разі наявності і доступності альтернатив. Стосовно інших одноразових пластикових виробів, ЄС зосереджується на обмеженні їх споживання шляхом (а) заходів з підвищення обізнаності населення шляхом маркування виробів та (б) реалізації принципу розширеної відповідальності виробника. Заходи директиви також спрямовані на сприяння переходу до циркулярної економіки шляхом підтримки відповідного дизайну виробів і матеріалів [Directive, 2019/904].

Крім зазначених напрямів, ЄС прагне вирішити проблему зростання кількості мікропластику в навколишньому природному середовищі, зокрема у Світовому океані, а також продуктах харчування та питній воді. Мікропластик – це невеликі шматочки пластику, зазвичай менше 5 мм. Ризики, які створює мікропластик та його наявність у навколишньому середовищі, питній воді та продуктах харчування, повинні бути досліджені далі. Надходячи в навколишнє середовище, мікропластик не піддається біологічному розкладанню і має тенденцію до накопичення. На жаль, нині не існує єдиного європейського закону, який би охоплював мікропластик.

Директива ЄС 2015/720 про поліетиленові пакети (англ. – *Plastic Bags Directive*) є поправкою до Директиви 94/62/ЄС про упаковку та відходи упаковки. Вона була прийнята для попередження використання одноразових поліетиленових пакетів з товщиною плівки менше 50 мікрон. Поліетиленові пакети потрапляють у харчовий ланцюг людей і тварин у вигляді мікропластиків. Для повного розкладання в природному середовищі потрібні століття. Директива вимагає від держав-членів вживати заходів, таких як цільові показники щодо скорочення та/або економічні інструменти (наприклад, збори, податки) [Directive, 2015/720].

Директива ЄС 94/62/ЄС про упаковку та відходи упаковки (англ. – *Directive 94/62/EC on packaging and packaging waste*) стосуються як дизайну упаковки, так і управління відходами упаковки [Directive, 94/62/ЄС]. Директива про упаковку має на меті гармонізувати національні заходи щодо упаковки та управління відходами упаковки задля забезпечення захисту довкілля та належного функціонування внутрішнього ринку. Викладені в директиві норми щодо упаковки поширюються на всі види упаковки та відходів упаковки, що надходять на європейський ринок. Згідно з директивою

вся упаковка, розміщена на ринку ЄС, має бути придатною до багаторазового використання або відновлення.

Директива також встановлює такі конкретні цілі щодо переробки (табл. 8.1).

Директива ЄС 2018/852 є останньою поправкою до Директиви 94/62/ЄС і містить оновлені заходи, спрямовані на запобігання утворенню відходів упаковки, сприяння повторному використанню, переробці відходів упаковки тим самим прискорюючи перехід до циркулярної економіки. Нині країни – члени ЄС повинні сприяти збільшенню частки упаковки багаторазово використання, що розміщується на ринку, а також розвитку систем для повторного використання упаковки без шкоди для безпеки харчових продуктів або безпеки споживачів. Країни ЄС повинні гарантувати, що упаковка, розміщена на ринку, відповідає основним вимогам, які містяться в додатку II Директиви, а саме: обмежити вагу та об'єм упаковки; мінімізувати вміст небезпечних речовин; розробити багаторазову або придатну для відновлення упаковку. Країни ЄС також повинні вжити необхідних заходів для досягнення цільових показників переробки, які відрізняються залежно від пакувального матеріалу [Directive, 2018/852/ЄС].

З 2021 року у ЄС почали діяти нові правила щодо перевезень пластикових відходів з прийняттям Регламенту ЄС 2020/2174 (англ. – *Commission Delegated Regulation 2020/2174*), який вносить зміни до Регламенту ЄС 1013/2006 про перевезення відхо-

Таблиця 8.1. Норми переробки за періоди років, % [Directive, 94/62/ЄС]

Назва показника	Значення показника		
	поточні цілі (%)	до 2025 (%)	до 2030 (%)
Уся упаковка	55	65	70
Пластик	25	50	55
Деревина	15	25	30
Чорні метали	50	70	80
Алюміній	–	50	60
Скло	60	70	75
Папір і картон	60	75	85

Дані з джерела (Directive, 94/62/ЄС)

дів (англ. – *Regulation 1013/2006 on shipments of waste*) [Regulation 1013/2006]. Цим рішенням було внесено зміни для класифікації пластикових відходів, які є небезпечними, нешкідливими або потребують особливої уваги. Нові правила забороняють експорт пластикових відходів з ЄС до країн, що не входять до ОЕСР, за винятком чистих пластикових відходів, які спрямовуються на переробку. Експорт пластикових відходів з ЄС до країн ОЕСР та імпорт в ЄС також будуть більш жорстко контролюватися. Ці правила мають покласти край експорту пластикових відходів до третіх країн, які часто не мають можливостей і стандартів для їх екологічно безпечного поводження [Regulation 2020/2174].

8.2. Забруднення Світового океану як глобальна екологічна проблема

Останніми десятиліттями значно зросло світове виробництво пластмас. Універсальні, легкі, довговічні та доступні за ціною пластикові матеріали все більше витісняють у промисловості та побуті вироби з металу, дерева та інших природних матеріалів. Обсяги світового виробництва полімерів щорічно збільшуються на 8,4%. Основними сферами споживання полімерів є: тара і упаковка, будівництво, автомобільна промисловість, а також легка і харчова промисловість, електроніка, авіакосмічна галузь, суднобудування, транспорт і зв'язок, побутова техніка і т.п. (рис. 8.2) [Global, 2022].

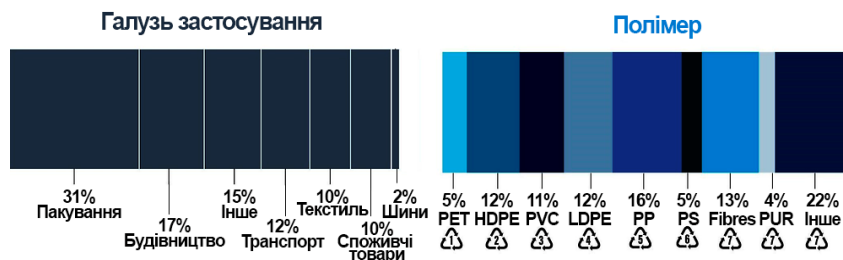


Рис. 8.2. Глобальне використання пластмас за галузями застосування та полімерами у 2019 році. Дані з джерела [Global, 2022]

На тлі значних переваг від використання полімерів світ поступово, крок за кроком наближається до екологічної катастрофи, пов'язаної з величезним накопиченням виробничих і побутових відходів пластику.

Щорічно близько 13 млн тонн пластику потрапляє в океани, завдаючи величезних збитків біорізноманіттю, економіці та здоров'ю людини. Пластик не може повністю розкластися в природі, він просто «подрібнюється» до так званого мікропластику – маленьких часточок до 5 мм. Через їжу, воду та повітря цей мікропластик потрапляє в людський організм і може, наприклад, пошкоджувати клітини або викликати запальні та імунні реакції.

Щорічні економічні збитки, завдані пластиковими відходами забрудненням довкілля, обходяться туристичному, рибальському та судноплавному секторам Азіатсько-Тихоокеанського регіону в 1,3 млрд доларів США. Об'єм пластикових відходів із пляжів та узбережжя в Європі оцінюється в 630 млн євро на рік. Згідно з дослідженнями, загальні економічні збитки, що завдаються щорічно морським екосистемам внаслідок забруднення пластиком, становить не менше 13 млрд доларів США [Gubanova, 2019].

Використання пластмас призводить до високого вуглецевого сліду, пов'язаного з продукуванням значних обсягів відходів. Викиди парникових газів у період життєвого циклу пластмас у 2019 році оцінюються в 1,8 млрд тонн, або 3,4% глобальних викидів, причому 90% зосереджено на виробництві та переробці пластмаси з викопного палива.

Зростання кількості населення та підвищення доходів зумовили збільшення світового виробництва пластмас, яке подвоїлося, збільшившись з 234 млн тонн (Мт) у 2000 році до 460 млн тонн у 2019 році. За той самий період зростання обсягів пластмас випереджало економічне зростання майже на 40%.

Незважаючи на те що пластмаси виробляються та споживаються всюди, існують значні регіональні відмінності загального обсягу попиту на пластмаси. Дві третини їх поточного споживання зосереджено в країнах Організації економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР) та Китайській Народній Республіці (рис. 8.3). На Китай припадає близько 20% світового попиту на пластмаси, США – близько 18%, Європу – близько 18%, на інші країни ОЕСР – близько 9% [Global, 2022].

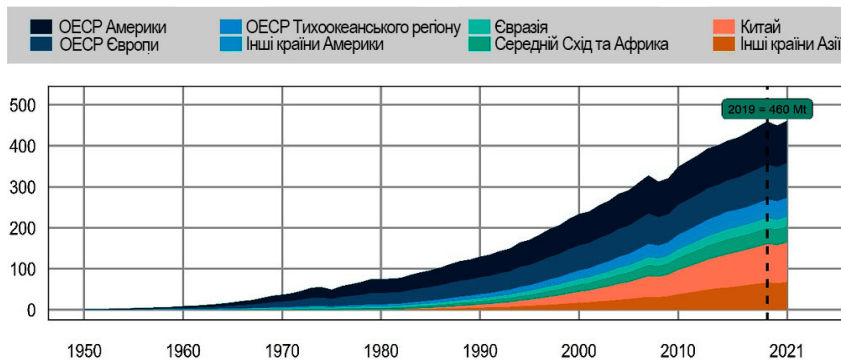


Рис. 8.3. Світові об'єми споживання пластику за 1950–2019 рр.

Дані з джерела [Global, 2022]

Щорічний обсяг пластикових відходів у світі збільшився більш ніж удвічі – зі 156 млн тонн у 2000 році до 353 млн тонн у 2019 році. Майже дві третини всіх пластикових відходів припадає на продукти з порівняно коротким терміном служби (менше п'яти років): упаковка (40%), споживчі товари (12%) та текстиль (11%). У країнах ОЕСР виробляється майже половина всіх пластикових відходів: частка США становить 21%, частка європейських країн ОЕСР – 19% та інших країн ОЕСР – 9%. За межами ОЕСР Китай виробляє 19% світових пластикових відходів, Індія – 5%, інші країни світу – 27%. Найбільша кількість пластикових відходів у 2019 році припадає на США – 221 кг на душу населення, а в країнах ОЕСР Європи – 114 кг пластикових відходів на душу населення. У Японії та Кореї обсяг утворення пластикових відходів дещо занижений як для промислово розвинених країн і становить у середньому 69 кг на душу населення. Зрештою, у Китаї у 2019 році на одного жителя припадало 47 кг пластикових відходів, а в Індії – лише 14 кг [Global, 2022].

Постійне зростання виробництва та споживання пластику у світі значно випередило розвиток наявних методів поводження з його відходами. У 2019 році в усьому світі для переробки було зібрано 15%, або 55 млн тонн пластикових відходів. У країнах ЄС, а також у Китаї, Індії, Японії та Кореї рівень переробки вищий за середній. Ключовими факторами успішної переробки пластикових відходів є розгалужена система пунктів їх роздільного збору та принцип

розширеної відповідальності виробника (РОВ), що покладає тягар переробки на виробників пластикових виробів та упаковки. Зрештою, 9% пластикових відходів було перероблено, 19% було спалено, а майже 50% потрапило на санітарні звалища. Інші 22% були утилізовані на неконтрольованих звалищах, спалені у відкритих ямах або потрапили в навколишнє середовище [Global, 2022].

П'ять основних плям скупчення океанічного пластику з орієнтовними обсягами накопичення цих відходів зображені на рис. 8.4. До найбільших забруднювачів пластиком Світового океану належать такі країни, як Китай, Індонезія, Філіппіни, В'єтнам та ін. [BBC, 2018].

Близько 13 млн тонн пластикових відходів щороку надходить у Світовий океан. Забруднення пластиком руйнує місцеву економіку, шкодить рибалкам і руйнує туристичний потенціал. Збиток морському середовищу оцінюється щонайменше у 8 млрд доларів на рік в усьому світі [EU leading, 2018].

Топ-10 річок – забрудників Світового океану пластиком зображені на рис. 8.5.

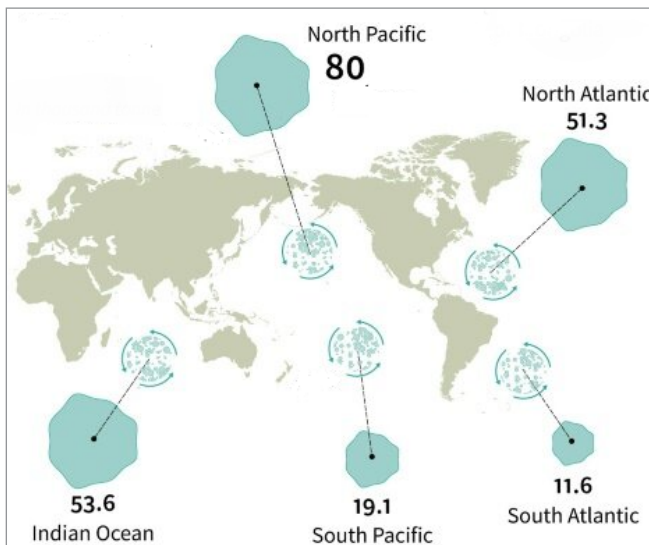


Рис. 8.4. Орієнтовні обсяги океанічного пластику, тис. тонн
Дані з джерела [Recyclables, 2019]



Рис. 8.5. Топ-10 річок – забрудників пластиком Світового океану

Дані з джерела [Schmidt et al., 2017]

Цифри та факти

Річка Ганг (Індія) приносить 315 тонн пластикових відходів на день, що еквівалентно 79 слонам [Toxics Link, 2020]. На фото нижче робітник ходить по пластикових відходах, що наповнюють «річку» в районі Таймур-Нагар у Нью-Делі. Відходи будуть змиті дощами і, врешті-решт, потраплять до Індійського океану через річку Ганг.



Район Таймур-Нагар у Нью-Делі.
Фото зроблене 12 червня 2018 р.

Дані з джерела [From India, 2018]

За результатами досліджень, здійснених Changing Markets Foundation, основними виробниками пластикової упаковки є вісім компаній, зображених на рис. 8.6.

Згідно зі звітами Greenpeace та руху «Break Free From Plastic», підготовленими в ході глобального аудиту брендів, компанії «Coca-Cola», «PepsiCo» і «Nestlé» були визнані найбільшими забрудниками довкілля відходами пластику у світі. Міжнародний рух «Break Free from Plastic» залучив 14 734 волонтерів у 55 країнах для проведення 575 аудитів брендів. Ці волонтери зібрали 346 494 залишків відходів пластику та поліетилену. Карта аудиту компаній – забрудників довкілля відходами пластику від 2020 р. показана на рис. 8.7 [Greenpeace, 2020].

За результатами діяльності Greenpeace та руху Break Free From Plastic, кожна з трьох компаній пообіцяла скоротити відходи упаковки. Coca-Cola поставила глобальну мету допомогти зібрати та переробити 100% упаковки до 2030 року. Nestlé поставила за мету розробити упаковку, що підлягає вторинній переробці або багаторазовому використанню, а також упаковку, що підлягає компостуванню або біологічному розкладанню до 2025 року.

Нині ЄС прокладає шлях до глобальної угоди щодо пластику, щоб підтримати глобальний перехід до циркулярної економіки. Забруднення пластиком є актуальною та глобальною проблемою. Сучасні відповіді на цю проблему є фрагментарними і можуть забезпечити лише обмежений довгостроковий вплив на обсяги накопичення відходів пластмас у навколишньому середовищі. Нині

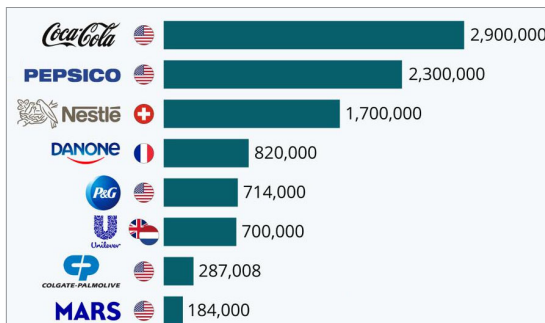


Рис. 8.6. Обсяги виробництва пластикової упаковки у розрізі компаній у 2020 р., тонн/рік (Changing Markets Foundation)

Дані з джерела [McCarthy, 2020]



Рис. 8.7. Карта аудиту компаній – забрудників довкілля відходами пластику за 2020 р.
Дані з джерела [Greenpeace, 2020]

зростає імпульс для розширення глобальних зусиль. ЄС прокладає шлях до глобальної угоди щодо пластику, щоб підтримати глобальний перехід до економіки замкнутого циклу, як зазначено в новому плані дій щодо економіки замкнутого циклу. Така глобальна угода повинна стосуватися забруднення пластиком протягом усього його життєвого циклу, щоб звести до мінімуму неправильне поводження з пластиком і запобігти його потраплянню в навколишнє середовище. На цей час не існує спеціального міжнародного інструмента, розробленого спеціально для запобігання забрудненню пластиком протягом усього життєвого циклу пластику. Нещодавні дослідження показують, що завдяки поточним заходам ми можемо лише на сім відсотків зменшити забруднення моря пластиком, який є центральним елементом пластикової проблеми. Тому понад 100 країн закликали до укладення глобальної угоди щодо пластику в межах Програми ООН з навколишнього середовища. Метою цієї угоди буде подолання глобального викиду та неправильного використання пластику шляхом зменшення як витoku пластику в навколишнє середовище, так і впливу виробництва та споживання пластику на ресурси [Global, 2022].

8.3. Практика рециклінгу традиційних пластиків

Глобальна проблема вже накопиченого пластику може бути вирішена шляхом його комплексної переробки – процесу перетворення пластикових відходів на нові вироби з пластику. На цей час використовуються два основні методи перероблення – механічний та хімічний. Пластикові відходи, які не можна переробити за допомогою наявних стандартних технологій, можуть бути спалені як паливо (у такому разі вони називаються «вторинними енергетичними ресурсами»), використані в процесі повної модернізації або перетворені на нові вироби з доданою вартістю.

На сьогодні найпоширенішим методом перероблення пластикових відходів є механічне перероблення. Вона дозволяє вилучати викинутий пластик і використовувати його як сировину, яку можна повернути у виробничий процес як заміну первинного пластику. Зазвичай проводяться збір, сортування, промивання та подрібнення матеріалу, з якого створюються пластикові гранули, які потім переплавляються й повторно використовуються для нових пластикових виробів. Такий спосіб перероблення підходить тільки для термопластів – матеріалів, які можуть бути переплавлені та використані повторно. Вони становлять близько 12% світового виробництва пластику [МАГАТЭ, 2021].

Механічне перероблення пластику є порівняно дешевим, проте воно має деякі обмеження, а саме вимагає сортування різних полімерів, що у випадку з багатошаровим пластиком становить особливу проблему. Крім того, з кожним циклом погіршується якість переробленого матеріалу, тому механічний метод можна використовувати не більше ніж для одного чи двох циклів переробки. На відміну від механічного методу хімічний метод дозволяє переробляти змішані потоки пластикових відходів. За хімічного перероблення використовуються різні технології, наприклад, газифікація, піроліз, каталітичний крекінг та гідрокрекінг, за допомогою яких пластик розщеплюється до молекулярного рівня і пластикові відходи перетворюються на вторинну сировину.

Перевага хімічного методу порівняно з механічним полягає в тому, що його можна використовувати для перероблення більш широкого діапазону пластикових відходів, зокрема змішаних, забруднених та низькоякісних. Однак, що дуже важливо, хімічне

Таблиця 8.2. Ключові показники поводження з пластиком найбільших виробників споживчих товарів за 2020 р.

Компанія	Пластикова упаковка, яка придатна для повторного використання, переробки або компостування, %	Вміст вторинної сировини в пластиковій упаковці, %		Багаторазові пластикові упаковки, %	Загальний обсяг, тонн
		2020	Ціль 2025		
Nestlé	66	2	30	1	1 524 000
PepsiCo	79	4	25	0	2 300 000
Coca-Cola	99	9,7	25	3	2 981 421
Unilever	55	5	25	1	700 000
L'Oréal	30	6,9	50	1	137 280
Danone S.A	67	10,6	50	4,3	800 000
Henkel	75	8,5	30	1,6	361 000
Essity	56	0,5	25	0	62 927
Colgate-Palmolive	63	7	25	0	275 440

Дані з джерела [Захарчук та Хаджинов, 2021]

перероблення призводить до вивільнення токсичних добавок та забруднювальних речовин, причому деякі з них вже заборонені національними нормами в різних юрисдикціях. Через це, а також унаслідок витратності самого методу хімічне перероблення в комерційних масштабах застосовується рідко [МАГАТЭ, 2021].

Перспективним напрямом у світовій роздрібній торгівлі найбільші виробники споживчих товарів вважають збільшення вмісту вторинної сировини в пластикових упаковках та створення упаковки, придатної для повторного використання, переробки або компостування. Відсоток багаторазових пластикових упаковок варіюється від 0 до 4,3%, найкращий результат у цій сфері належить компанії Danone. Упаковки Coca-Cola на 99% придатні для повторного використання або переробки і мають вміст вторинної пластикової сировини 9,7%, також високі показники показують компанії L'Oréal та Henkel (табл. 8.2) [Захарчук та Хаджинов, 2021].

8.4. Перший в Україні «Plastic Challenge Hackathon 2021» та інноваційні рішення від українських розробників щодо пластиків

Для пошуку рішень у галузі розроблення біопластиків та переробки біовмістних полімерів в Україні було проведено кілька хакатонів, перший з яких «Plastics challenge Hackathon 2021» пройшов у Сумському національному аграрному університеті 27–28 травня 2021 року. Цей захід було спрямовано на консолідацію академічних та бізнесових зусиль для пошуку інноваційних рішень та підтримки ініціатив українських новаторів у сфері розроблення біопластиків і рециклінгу полімерів відповідно до Стратегії ЄС з пластику та Плану дій ЄС щодо економіки замкнутого циклу [Shevchenko et al., 2022].

PlasticCH2021 хакатон став першим українським форумом, на якому були презентовані новітні дослідження та практики в галузі циркулярного використання пластмас. Серед прогресивних ідей, що були виголошені на цьому заході, особливої уваги заслуговує метод отримання плівок на основі хітозану, технологія виробництва біопродуктів, що ґрунтується на використанні міцелію грибів та біорозкладне пакування і етикетки з ячної шкаралупи.

Метод отримання плівок на основі хітозану було презентовано науковцями з Інституту прикладної фізики Національної академії наук України [Kalinkevich et al., 2021]. Ці плівки (рис. 8.8) можуть бути використані як пакувальні матеріали, зокрема для харчових продуктів. Пакування, виготовлене з цього полімеру, повністю біорозкладається. Полімерна основа таких плівок – хітозан є похідним від хітину, другого за поширеністю біополімеру в природі. Як джерело хітину переважно використовуються відходи переробки ракоподібних (океанічний криль, креветки та краби), але останнім часом науковці працюють над розробленням й інших джерел, таких як біомаса грибів та екзоскелети комах. На додаток до пакувальних матеріалів на основі хітину і хітозану можна виробляти й інші матеріали, що мають низку цінних споживчих властивостей [Kalinkevich et al., 2021].

Серед ініціатив зі створення біопродуктів і біопластиків цікавою є технологія виробництва, заснована на використанні міцелію (рис. 8.9). Технологію вирощування мікологічного біоматеріалу з використанням різних субстратів запропонували вчені

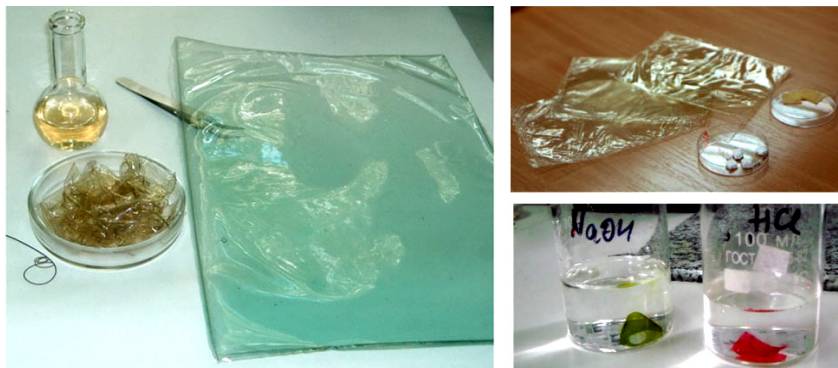


Рис. 8.8. Плівки на основі хітозану (фото з відкритих джерел) [Калінкевич, 2021]

Херсонського державного аграрно-економічного університету (рис. 8.10). Біополімери, представлені цими вченими, легкі, гнучкі, довговічні та на 100% компостуються. Ця інноваційна технологія має потенціал кардинально змінити існуючі стандарти споживання широкого спектру хімічних продуктів, наприклад, у дизайні інтер'єру, архітектурі, будівництві, садівництві та упаковці [Чернишов, 2021].

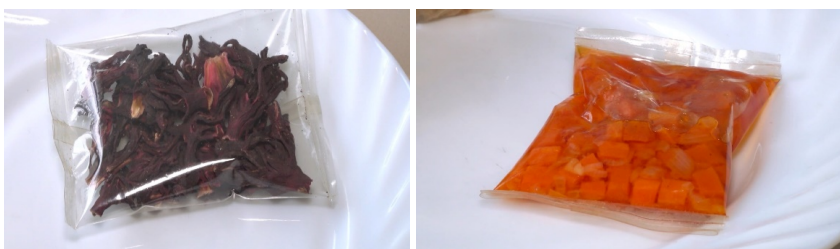
Біорозкладна упаковка для напівфабрикатів презентована науковцями Сумського національного аграрного університету в межах PlasticCP2021 хакатону (рис. 8.11а). Розроблена упаковка на 50% складається з харчових відходів, включаючи наповнювачі (наприклад,



Рис. 8.9. Утилізація польових відходів рослинного походження з одночасним вирощуванням грибів (фото з відкритих джерел) [Чернишов, 2021]



Рис. 8.10. Експериментальний зразок біополімеру з мицелію (фото з відкритих джерел) [Чернишов, 2021]



(a)

(b)

Рис. 8.11. Біорозкладна упаковка: (a) – для сухих продуктів; (b) – для напівфабрикатів (фото з відкритих джерел) [Ярмош, 2021]

залишки овочів і фруктів), і на 50% – із зв'язуючих речовин, а саме: біополімерів, отриманих з кісток тварин і риб [Ярмош, 2021].

Науковці Сумського НАУ також протестували упаковку з горіхової шкаралупи та яєчної шкаралупи, яка розкладається в природних умовах, тобто не потребує додаткових умов для утилізації, а отже, є абсолютно безпечною для навколишнього середовища [Ярмош, 2021]. На рис. 8.12 (a) і (b) показано експериментальні лабораторні прототипи біорозкладної упаковки та етикеток відповідно, виготовлених із яєчної шкаралупи, які можна утилізувати за допомогою методу компостування. Для написів на етикетці використовували



Рис. 8.12. (а) Біорозкладна упаковка для продуктів харчування з яєчної шкаралупи. (б) Біорозкладні етикетки для пляшок з яєчної шкаралупи (фото з відкритих джерел) [Ярмош, 2021]

фарби з натуральних барвників, отриманих із рослинних залишків. Рішення, подані на рис. 8.12, були запропоновані в межах спеціального кейсу від молочної компанії «Галичина» та презентовані на PlasticCP2021 хакатоні. Ідеї отримали фінансову підтримку від компанії для їх подальшого розвитку [Ярмош, 2021]. Оскільки подані упаковка та етикетка виготовлені виключно з органічних харчових матеріалів, їх можна використовувати як харчову добавку для птиці. Для виробництва цієї упаковки кондитерські підприємства можуть стати потенційними «постачальниками» яєчної шкаралупи як сировини, а птахофабрики – потенційними «споживачами» цієї упаковки після завершення терміну її експлуатації.

Технологію виробництва одноразового посуду з відходів кукурудзи запропонували науковці Ужгородського національного університету. Як сировину розробники використовували листя та стебла кукурудзи, а також їстівний і/або неїстівний крохмаль (каштани та жолуді) [Гряділь, 2021]. Цей одноразовий посуд має такі технологічні властивості, як термостійкість, міцність, простота виготовлення та низька ціна, і після використання може бути утилізований як добриво, корм для тварин (рис. 8.13).

Заслужують на увагу попередні розробки науковця Дмитра Бідюка, якими він поділився на PlasticCP2021 хакатоні. Він презентував одноразовий біорозкладний посуд на основі відпрацьованої кавової гущі [Бідюк, 2021]. Розробник наголосив, що вироби мають натуральне бар'єрне покриття та призначені для споживання будь-



Рис. 8.13. Біорозкладний одноразовий посуд на основі відходів кукурудзи (фото з відкритих джерел) [Гряділь, 2021]

яких страв і напоїв. За результатами експерименту процес біорозкладання такого посуду в природних умовах триває від 1,5 до 4,5 місяців (рис. 8.14).

Також науковцем були презентовані лабораторні прототипи одноразових біорозкладних пакетів та інших виробів (рис. 8.15).

Далі розглянемо кілька інноваційних рішень як безпечних альтернатив традиційним пластикам від українських розробників. Ці рішення мають високий рівень практичної реалізації в Україні і навіть за кордоном.

Технологію переробки листя з подальшим виробництвом паперу запропонував стартап «Re-leaf» як інноваційне рішення в боротьбі з традиційним пластиком. На рис. 8.16 зображено крафтовий папір, виготовлений за цією технологією. Цей папір має щільність 80–90 г/м² та має фізико-механічні характеристики, що робить його придатним для пакування [Re-leaf]. За запропованою технологією



Рис. 8.14. Лабораторні прототипи одноразового біорозкладного посуду з кавової гущі (фото з відкритих джерел) [Бідюк, 2021]



Рис. 8.15. Лабораторні прототипи одноразових біорозкладних пакетів та інших виробів (фото з відкритих джерел) (Бідюк, 2021)

опале листя збирають окремо, сушать і гранулюють. Потім гранули з'єднують з макулатурою у відповідних пропорціях і виготовляють рулони паперу. У виробництві паперу целюлозні волокна з опалого листя можуть використовуватися як основний, так і як додатковий компонент. Особливістю продукції з опалого листя є відсутність



Рис. 8.16. Біорозкладні пакети з листя (фото з відкритих джерел) [Re-leaf]

у технологічному процесі сполук сірки та хлору, на відміну від традиційного виробництва паперу. Для отримання однієї тонни паперу потрібно 2,3 тонн опалого листя, що рятує в середньому 17 дерев. Переваги для навколишнього середовища полягають у зменшенні споживання води в 15 разів і скороченні викидів CO₂ на 78,3%. Утилізація тари та упаковки з опалого листя передбачає використання традиційних технологій переробки макулатури [Re-leaf].

Виробництво екологічно чистих окулярів із відпрацьованої кавової гущі (рис. 8.17) – ще одне оригінальне рішення, яке запропонував стартап “Ochis”. Ці кавові окуляри виготовлені з переробленої кавової гущі, натуральних олій і біополімеру на основі рослинних олій, які використовуються як зв’язуюча речовина. Окуляри є водостійкими завдяки спеціальному гідрофобному покриттю. Технологічний процес охоплює 39 стадій обробки, більшість з яких виконується вручну. Біоматеріал оправы у природних умовах розкладається приблизно за десять років [Ochis].

Компанія «Bionus» розробила технологію одноразового посуду із натуральної сировини – бурякового жому, льняних, конопляних, соєвих та кукурудзяних шротів (рис. 8.18). Технологія виробництва передбачає компресійне формування під дією високих температур. Використаний посуд може розкладатися біологічним шляхом від 30 до 180 діб з утворенням компосту. На цей час компанія пропонує широкий асортимент столового посуду – тарілки та миски різних розмірів та форми, стаканчики для кави та чаю, підставки під піцу та ін. З однієї тонни сировини можна отримати близько 10 000 одиниць тарілок [Bionus].

Багаторазові стакани із дерева запропоновані розробниками компанії «Individual», яка почала свою діяльність з 2018 року

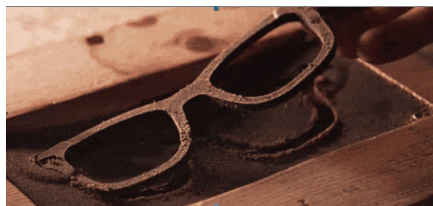


Рис. 8.17. Кавові окуляри “Ochis” із відпрацьованої кавової гущі (фото з відкритих джерел) [Ochis]



Рис. 8.18. Одноразовий біорозкладний посуд зі шротів від компанії «Віопус» (фото з відкритих джерел) [Віопус]

(рис. 8.19). Основою стаканів «Individual» є цільний шматок деревини, а стійкість та водовідштовхувальні властивості виробів забезпечує спеціальне покриття. Стакани також можна використовувати для гарячих напоїв та мити у посудомийній машині. Термін експлуатації виробів становить близько 10 років [Individual].

Українська майстерня S.Lab виготовляє посуд, декор, будівельні матеріали та меблі з міцелію та коноплі (рис. 8.20). Міцелій



Рис. 8.19. Багаторазові стакани «Individual» із дерева (фото з відкритих джерел) [Individual]



Рис. 8.20. Квітковий горщик із біорозкладного полімеру на основі міцелію (фото з відкритих джерел) [S.Lab]

є ключовим компонентом для зв'язування різних залишкових субстратів, перетворюючи їх на функціональні, високоцінні матеріали.

Для біопластику на основі міцелію можна застосовувати сировину або субстрати, такі як відходи посівів дрібних зернових культур, соломі, відходи лушпиння соняшнику, відходи деревообробної промисловості, відходи сільського господарства, які інокульовані міцелієм. Для культивування міцелію необхідні сприятливі умови, які можна забезпечити в лабораторії, оскільки біологічний процес припиняється висушуванням. Процес вирощування продукту триває 5–7 днів в українській майстерні S.Lab. Отримані продукти є екологічно чистими і розкладаються протягом 30–45 днів [S.Lab].

8.5. Стан поводження з відходами пластику в Україні

Сьогодні в Україні майже 94% усіх відходів, зокрема пластик, відправляється на полігони, де роками залишається в ґрунті. У країні відсутня культура сортування сміття, а переробляється лише 7% утворених побутових відходів. Це відбувається через відсутність налагодженої і розвинутої інфраструктури роздільного збирання, потужностей для переробки такого виду відходів, а підприємства, які вже існують, навіть недовантажені: за можливості переробляти 337 тис. т пластику переробляється лише 180 тис. т (у масштабах України) [Проект, 2021].

Цифри та факти

За експертними оцінками, щороку кожен українець використовує приблизно 500 поліетиленових пакетів, що майже в п'ять разів більше за середній показник у країнах ЄС. Із 40 тисяч тонн пластику в нашій державі на переробку надходить лише 6–7%.

Наприклад, через відсутність вітчизняної пластикової сировини завод із переробки пластику в м. Фастів, Київської області, нині змушений працювати за рахунок прямих поставок сировини з Польщі, Словаччини та інших європейських країн. Інакше кажучи, в Україні склалася парадоксальна ситуація: маючи мільярди тонн сміття на сміттєзвалищах, українські переробні заводи змушені купувати пластик за кордоном. На пластику можна заробляти, створюючи інфраструктуру та робочі місця, а український ринок має високий потенціал. За оцінками експертів, окупність бізнесу з переробки ПЕТ-пляшок становить 2 роки [Проект, 2021].

Отже, подолання проблеми пластикових відходів можливе лише за умови залучення виробників, споживачів, влади та неурядових організацій до процесу поводження з пластиком на кожному етапі його життєвого циклу. Сучасні підходи до вирішення питання зростання виробництва, використання та утилізації пластмас зосереджені на зміні в дизайні продукції шляхом використання альтернативних матеріалів, зміні в методах проектування шляхом зменшення ваги продукту та поліпшенні системи поводження з відходами для сприяння підвищенню рівня їх збору та переробки.

Варто зауважити, що використання пластикових пакетів не можна розглядати як окремий напрям державної екологічної політики, адже воно є лише складовою політики управління відходами. Так, у Національній стратегії управління відходами в Україні до 2030 р. пластик вживається в контексті сфери відходів упаковки. Нею передбачено розроблення законопроекту про упаковку й відходи упаковки відповідно до Директиви ЄС про упаковку й відходи упаковки (1994) і найкращих європейських практик із визначенням обов'язкових до виконання виробниками й імпортерами норм підготовки для повторного використання та перероблення відходів упаковки, зокрема до 31 грудня 2025 р. – не менш ніж 40% пластику; до 31 грудня 2030 р. – 60%. Також згадується про створення окремого державного органу контролю за відходами [Липницька та Довгань, 2021].

У 2021 р. в Україні було прийнято Закон «Про обмеження обігу пластикових пакетів на території України», який спрямований на зменшення обсягу використання пластикових пакетів, обмеження їх розповсюдження на території України, а також стимулювання розвитку виробництва біорозкладних пакетів [Про обмеження, 2021]. Згідно із законом, термін «біорозкладний пластиковий пакет» визначається як пластиковий пакет, що розкладається за участю мікроорганізмів на елементи природного походження та відповідає встановленим національними або гармонізованими європейськими стандартами нормам щодо утилізації способом компостування або біорозкладання [Про обмеження, 2021]. Згідно зі ст. 2 Закону забороняється розповсюдження в об'єктах роздрібно́ї торгівлі, громадського харчування та надання послуг: надтонких пластикових пакетів; тонких пластикових пакетів; оксорозкладних пластикових пакетів. Здатність пластикових пакетів до біорозкладання визначається відповідно до гармонізованих європейських стандартів.

Проте варто зазначити, що норми цього закону не конкретизовані та не містять прямих правил поведінки. Також він є своєрідною апробацією (перевіркою) того, наскільки ефективною може бути політика екологізації пластикових пакетів в Україні нині. Про це свідчить заборона не всіх видів пластикових пакетів, а лише їх частини. Позитивно можна охарактеризувати проведення поетапної політики щодо заборони різних видів пластикових пакетів, що дозволить суб'єктам господарювання плавно перейти на виробництво екологічних видів упаковки [Липницька та Довгань, 2021].

Література

1. Бідюк Д. Біопакування «FoodBIOPack», що зберігає довкілля: від ідеї до впровадження. Матеріали Першого в Україні «Plastic Challenge Hackathon 2021», Сумський НАУ, Суми, 27 травня 2021 р. URL: https://jm.snau.edu.ua/wp-content/uploads/2021/06/spiker_dmitro_bidjuk_foodbiopack.pdf
2. Гряділь Т. EcoGreenPlates. Виготовлення одноразового посуду із кукурудзи. Матеріали Першого в Україні «Plastic Challenge Hackathon 2021», Сумський НАУ, Суми, 27 травня 2021 р. URL: https://jm.snau.edu.ua/wp-content/uploads/2021/06/proiekt_taras_grjadil_ta_inshi.pdf

3. Захарчук Д. В., Хаджинов І. В. Шляхи використання пластику в циркулярній економіці. Вісник студентського наукового товариства ДонНУ імені Василя Стуса. 2021. Т. 2, № 13. С. 217–222.
4. Калінкевич О. Проектна пропозиція ФлайХіт. Матеріали Першого в Україні «Plastic Challenge Hackathon 2021», Сумський НАУ, Суми, 27 травня 2021 р. URL: https://jm.snau.edu.ua/wp-content/uploads/2021/06/proiekt_oleksii_kalinkevich_ta_inshi.pdf.
5. Липницька Є. О., Довгань Б. В. Державна політика у сфері використання пластику в Україні: правовий аспект. *Юридичний науковий електронний журнал*. 2021. № 10. С. 300–303.
6. МАГАТЭ. Инициатива по использованию ядерных технологий для борьбы с загрязнением пластиком («НУТЕК пластикс»). <https://www.iaea.org/sites/default/files/21/07/nuitec-plastics-rus.pdf>
7. Про обмеження обігу пластикових пакетів на території України : Закон України від 1 червня 2021 р. № 1489-IX / Верховна Рада України.
8. Проект Програми розвитку ООН в Україні «Поводження з пластиковими відходами на місцевому рівні». 2021. URL: <http://ecodevelopment.org.ua/wp-content/uploads/2021/07/Plastic-Waste-Management-at-Local-Level-in-Ukraine.pdf>
9. Чернишов І. В. Технологія виробництва мікогенних промислових товарів. Матеріали Першого в Україні «Plastic Challenge Hackathon 2021», Сумський НАУ, Суми, 27 травня 2021 р. URL: https://jm.snau.edu.ua/wp-content/uploads/2021/06/proiekt_igor_chernishov_ta_inshi.pdf
10. Ярмош Т. FoodWastePack. Plastic Challenge Hackathon 2021. Матеріали Першого в Україні «Plastic Challenge Hackathon 2021», Сумський НАУ, Суми, 27 травня 2021 р. URL: https://jm.snau.edu.ua/wp-content/uploads/2021/06/proiekt_tetjana_jarmosh_ta_inshi.pdf
11. A European Strategy for Plastics in a Circular Economy. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Brussels, 16.1.2018. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1516265440535&uri=COM:2018:28:FIN>
12. Break Free From Plastic, 2020. URL: <https://www.breakfreefromplastic.org/wp-content/uploads/2020/12/BFFP-2020-Brand-Audit-Report.pdf>
13. Bionus. Офіційний сайт. URL: https://bionus.com.ua/home_en/
14. BBC. Plastic patch in Pacific Ocean growing rapidly, study shows. 22 March 2018. URL: <https://www.bbc.com/news/science-environment-43490235>
15. Commission Delegated Regulation (EU) 2020/2174 of 19 October 2020 amending Annexes IC, III, IIIA, IV, V, VII and VIII to Regulation (EC) No 1013/2006 of the European Parliament and of the Council on shipments of waste. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/>

- ?uri=uriserv%3A0J.L_2020.433.01.0011.01.ENG&toc=0J%3AL%3A2020%3A433%3ATOC
16. Commission guidelines on single-use plastic products in accordance with Directive (EU) 2019/904 of the European Parliament and of the Council on the reduction of the impact of certain plastic products on the environment. *Official Journal of the European Union*. 2021. C. 216. URL: <https://cutt.ly/cRLXji7>
 17. Directive (EU) 2019/904 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on the reduction of the impact of certain plastic products on the environment. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2019/904/oj>
 18. Directive (EU) 2015/720 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2015 amending Directive 94/62/EC as regards reducing the consumption of lightweight plastic carrier bags. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32015L0720>
 19. Directive 94/62/EC of the European Parliament and of the Council of 20 December 1994 on packaging and packaging waste. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A01994L0062-20180704>
 20. Directive (EU) 2018/852 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 94/62/EC on packaging and packaging waste. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:32018L0852>
 21. EU Action to tackle the issue of plastic waste. URL: https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/RW20_04/RW_Plastic_waste_EN.pdf
 22. EU policy framework on biobased, biodegradable and compostable plastics. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Brussels, 30.11.2022. URL: https://environment.ec.europa.eu/system/files/2022-12/COM_2022_682_1_EN_ACT_part1_v4.pdf
 23. EU leading global action – a European strategy for plastics in a circular economy. 2018. URL: https://commission.europa.eu/system/files/2018-01/plastics-factsheet-global-action_en.pdf
 24. European Environment Agency. Biodegradable and compostable plastics – challenges and opportunities. 27.08.2020. URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/biodegradable-and-compostable-plastics>
 25. From India to Spain, plastic waste becoming a global threat to ecosystems. Mainichi. 16.07.20018. URL: <https://mainichi.jp/english/articles/20180716/p2a/00m/Ona/024000c>
 26. Global Plastics Outlook: Economic Drivers, Environmental Impacts and Policy Options. OECD, 2022, 201 p. URL: https://www.oecd-ilibrary.org/sites/de747aef-en/1/3/2/index.html?itemId=/content/publication/de747aef-en&csp_=e9020c542dd024467e760066b0abe328&itemIGO=oecd&itemContentType=book

27. Global Alliance on Circular Economy and Resource Efficiency. GACERE concept note. 4.02.2022. URL: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/40298/GACERE_ConceptNote.pdf?sequence=1&isAllowed=y
28. Gubanova E., Kupinets L., Deforz H. et al. Recycling of polymer waste in the context of developing circular economy. *Architecture Civil Engineering Environment*. 2019. Vol. 4. URL: <https://doi.org/10.21307/ACEE-2019-055>
29. Individual. Офіційний сайт. <https://individual.com.ua/>
30. McCarthy N. The World's Worst Offenders For Plastic Pollution. Statista. 2020. URL: <https://www.statista.com/chart/22959/metric-tons-of-plastic-packaging-produced-annually/>
31. Ochis. Офіційний сайт. URL: <https://ochis.ua/>
32. Quantitative analysis of micro plastics along river Ganga. Report by Toxics Link. 2020. URL: <http://toxicslink.org/docs/Quantitative%20analysis%20of%20Microplastics%20along%20River%20Ganga.pdf>
33. Regulation (EC) No 1013/2006 of the European Parliament and of the Council of 14 June 2006 on shipments of waste. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=celex%3A32006R1013>
34. Recyclables, biosourcés, biodégradables: état des lieux des plastiques alternatifs. Agence France-Presse. 2019. URL: <https://ednh.news/fr/recyclables-biosources-biodegradables-etat-des-lieux-des-plastiques-alternatifs-2/>
35. Re-leaf paper. Офіційний сайт. URL: <https://re-leaf-paper.com/>
36. Shevchenko T., Ranjbari M., Shams Esfandabadi Z. et al. Promising Developments in Bio-Based Products as Alternatives to Conventional Plastics to Enable Circular Economy in Ukraine. *Recycling*. 2022. № 7, 20. URL: <https://doi.org/10.3390/recycling7020020>
37. Schmidt Christian, Krauth Tobias, Wagner Stephan. Export of Plastic Debris by Rivers into the Sea. *Environmental Science & Technology*, 2017. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b02368>
38. S.LAB. Офіційний сайт. URL: <https://ilab-s.com/>

Сучасні загрози та прогресивні тенденції розв'язання проблеми поводження з електронними відходами

- 9.1. Визначення терміна «електронні відходи» та їх класифікація
- 9.2. Екологічний аспект проблеми електронних відходів та їх ресурсний потенціал
- 9.3. Глобальний вимір проблеми електронних відходів
- 9.4. Неформальний сектор поводження з електронними відходами у країнах Азії та Африки
- 9.5. Особливості законодавства ЄС у сфері поводження з електронними відходами
- 9.6. Використання потенціалу електронних відходів щодо стабілізації глобального ринку рідкісноземельних металів
- 9.7. Практика поводження та законодавче регулювання галузі в Україні

9.1. Визначення терміна «електронні відходи» та їх класифікація

Сучасне життя неможливо уявити без електричних та електронних приладів – побутової техніки, ІТ-обладнання, засобів зв'язку, які постійно удосконалюються. Із розвитком ІТ-технологій з'являються нові можливості та напрями використання електронних засобів, що призводить до появи нових виробів і як наслідок – ще більшого їх різноманіття. Із появою удосконалених приладів, особливо для електронних виробів, що швидко оновлюються, їх аналоги втрачають свою цінність для користувача, навіть за повної функціональності. З часом електричне та електронне обладнання стає відходами – електронними відходами.

За Директивою ЄС WEEE (англ. – *waste electrical and electronic equipment*) [Директива No 2012/19/ЄС] електронні відходи – це електричне або електронне обладнання (ЕЕО), включаючи всі

його комплектуючі, підсистеми та механізми, що становить собою відходи, якими згідно з Рамковою Директивою ЄС «Про відходи» є «будь-яка речовина чи предмет, яких власник позбувається, має намір чи зобов'язаний позбутися».

У проєкті Технічного регламенту [Технічний регламент] відходи електричного та електронного обладнання (ВЕЕО) визначаються як будь-яке ЕЕО, що втратило повністю або частково свої корисні властивості чи застаріло, але зовнішній вигляд якого дає безперечну можливість виявити його вид (найменування та/або призначення), виробника (імпортера), та яке утворюється у процесі діяльності людини і не має подальшого використання за місцем утворення чи виявлення, та якого їх власник хоче або повинен позбутися шляхом утилізації чи видалення, крім виробничих залишків.

На основі існуючих визначень поняття «електронні відходи» можна виділити два підходи до трактування цієї категорії – споживацький та ресурсний.

Згідно зі споживацьким підходом електронні відходи – це електротехнічне та електронне устаткування, яке втратило свою споживчу цінність і якого власник позбувається, має намір чи зобов'язаний позбутися. Відповідно до ресурсного підходу електронні відходи – це відповідне обладнання, що непридатне для подальшого використання, є ресурсом, який має бути залучений до сфери виробництва.

Отже, з огляду на існуючі підходи до визначення поняття «електронні відходи» під ними доцільно розуміти електротехнічні та електронні пристрої, які вичерпали свій фізичний та/або моральний ресурс, проте мають значний потенціал щодо вторинного використання замість первинних матеріалів або сировини при виробництві продукції після їх відповідної переробки.

Швидкі темпи зростання номенклатури електронної продукції та збільшення обсягів її виробництва за одночасного скорочення тривалості життєвого циклу стали передумовами посилення позитивної динаміки утворення електронних відходів, різноманіття яких унеможливує ефективне управління ними без науково обґрунтованої класифікації. Мета впровадження класифікації електронних відходів – забезпечення єдиного порядку характеристики та систематизації відходів для обрання дієвого способу поводження

з ними, зменшення загрози через їх негативний вплив на довкілля, суспільство, майно та інтереси людей. Класифікація ВЕЕО може ґрунтуватися на різних системах ознак.

Згідно з Директивою ЄС WEEE [Директива No 2012/19/ЄС] ВЕЕО поділяються на 10 категорій:

- 1) велика побутова техніка (холодильників, пральні та посудомийні машини, мікрохвильові печі, кондиціонери тощо);
- 2) побутова техніка малого розміру (пилососи, прилади для обробки текстилю, праски, тостери, кавовароки, настінні та на ручні годинники, терези та ін.);
- 3) ІТ і комунікаційне обладнання (персональні комп'ютери, ноутбуки, принтери, друкарські машинки, калькулятори, телефони, телефони тощо);
- 4) побутова апаратура (радіоприймачі, телевізори, відеокамери та відеомагнітофони, музичні інструменти);
- 5) освітлювальне обладнання (офісні світильники для флуоресцентних ламп, а також самих люмінесцентних ламп);
- 6) електричні й електронні інструменти, зокрема, дрилі, пили, швейні машини, шуруповерти, зварювальники тощо;
- 7) іграшки та обладнання для дозвілля й спорту (відеоігри та ручні пульти до них, спортивне обладнання з електричними або електронними компонентами);
- 8) медичні пристрої (обладнання для радіотерапії, кардіології, діалізу, аналізатори, прилади для виявлення, запобігання, моніторингу, лікування, полегшення хвороби тощо);
- 9) інструменти моніторингу й контролю (датчики диму, термостати, вимірювальні, зважувальні, налагоджувальні прилади та ін.);
- 10) торгові автомати (різноманітні пристрої для продажу напоїв та твердих продуктів, видачі грошей).

Отже, електронні відходи можна розподіляти за відповідними групами. Проте перелік найменувань ЕЕО, яке виготовляється в Україні, визначається Державним класифікатором продукції та послуг [КВЕД-2010], а перелік найменувань ЕЕО, що імпортовано, – Державним класифікатором товарів зовнішньоекономічної діяльності [КТВЭД, 2011].

9.2. Екологічний аспект проблеми електронних відходів та їх ресурсний потенціал

Збільшення обсягів утворення електронних відходів з кожним роком та неналежне поводження з ними створюють значні ризики для навколишнього середовища і здоров'я людей. Не зважаючи на те що електронні відходи становлять лише 1–3% твердих побутових відходів, вони є найбільш шкідливими серед відходів споживання, оскільки містять токсичні речовини – свинець, ртуть, хром, кадмій та ін. На цей час доведено, що близько 90% ВЕЕО придатні для переробки [Torretta et al., 2013], але в разі неправильного поводження вони спричинюють забруднення навколишнього природного середовища. Негативна дія електронних відходів на довкілля залежить від методів поводження з ними.

Токсичні речовини, які входять до складу електронних відходів, значною мірою порушують сталість екосистем, оскільки опиняються в поверхневих та ґрунтових водах, ґрунті та повітрі, а потім з їжею потрапляють як до сухопутних та морських тварин, так і до людини, а також до джерел питної води.

Значний ризик для довкілля та населення становлять ВЕЕО, що містять важкі метали, які не знищуються навіть після перероблення або видалення відходів з використанням методу спалювання, а надходять у навколишнє середовище як зі сміттєспалювальних підприємств разом із димовими газами, так і зі стічними водами або з продуктами спалювання. Згубний ефект може стати очевидним для людини через кілька років, оскільки важкі метали справляють свій вплив, лише досягаючи певної концентрації – викликають отруєння, ракові захворювання.

Наприклад, кадмій вражає нирки, печінку, підшлункову залозу, блокує роботу деяких важливих для життєдіяльності організму ферментів і незворотні процеси в організмі починаються непомітно. Свинець та його сполуки є політропною отрутою і спричиняють зміни імунного статусу організму, впливають на нервову, серцево-судинну та опорно-рухову системи. Ртуть та її сполуки (сулема, каломель, ціанід ртуті) вражають нервову систему, печінку, нирки, шлунково-кишковий тракт, при вдиханні – дихальні шляхи (а проникнення ртуті в організм частіше за все відбувається саме при вдиханні її парів, що не мають запаху).

Разом з тим, електронні відходи містять дорогоцінні метали, зокрема золото, срібло, мідь, платину та паладій, а також інші матеріали, такі як залізо, алюміній, пластмаси, які можуть бути повторно використані.

У межах парадигми циркулярної економіки електронні відходи мають розглядатися як важливе джерело вторинної сировини. Через проблеми, пов'язані з видобутком первинної сировини, коливаннями ринкових цін, нестачею матеріалів, наявністю та доступом до ресурсів, виникла потреба покращити видобуток вторинних ресурсів та знизити тиск на первинні матеріали. Переробляючи електронні відходи, країни можуть принаймні знизити свій попит на матеріали безпечним та сталим способом.

У складі електронних відходів 50% припадає на залізо та його сплави, 20% – на пластик, 13% – на кольорові метали, такі як мідь, алюміній, та дорогоцінні метали, а саме: золото, срібло, платина, паладій.

Цифри та факти

У середньому в телевізорі міститься близько 5,9 кг полістиролу, 0,17 кг алюмінію, 0,223 кг міді, 23,4 м джгутів та кабелів, 15,6 кг скла, а в мобільному телефоні – 8,75 г міді, 3,81 г кобальту, 3 г заліза, 1 г олова, 0,4 г танталу, 0,25 г срібла, 0,024 г золота, 0,009 г паладію. Отже, викидаючи на смітник електрику та електроніку, що стала непридатною для користування, суспільство не тільки забруднює навколишнє середовище шкідливими речовинами, а також втрачає значні матеріальні та енергетичні ресурси, які можна вважати відновлюваними [Губанова, 2014].

З однієї тонни мобільних телефонів у середньому можна вилучити приблизно 280 г золота, 140 г паладію та платини, 140 кг міді. Порівняно з природною золотовмісною рудою, у якій зазвичай виявляють від 0,5 до 5 г золота на тонну, телефонний брухт є вторинною сировиною з дуже високим вмістом благородних металів. Параметри кондиції відходів комп'ютерного обладнання також виявляються кращими за аналогічні показники природних руд. Так, в 1 т комп'ютерних відходів знаходиться золота стільки, скільки у 18 тоннах природної руди [Філатов та ін., 2012].

9.3. Глобальний вимір проблеми електронних відходів

Споживання ЕЕО тісно пов'язане із глобальним економічним розвитком. Сучасна людина вже не може уявити своє повсякденне життя без різноманітних електротехнічних та електронних при-

ладів, що постійно вдосконалюються та швидкими темпами поповнюють ринок побутової техніки, засобів зв'язку, комунікативного обладнання тощо.

Кількість виробленого у світі ЕЕО постійно збільшується. За підрахунками науковців загальна вага проданих електротоварів щорічно зростає на 2,5 млн метричних тонн (Мт). Згідно зі звітом ООН Global E-waste Monitor 2020, у 2019 році було утворено рекордну кількість електронних відходів – 53,6 Мт, що в середньому становить 7,3 кг на душу населення. З 2014 року глобальне виробництво електронних відходів зросло на 21%, або на 9,2 Мт. Половина всіх електронних відходів – це персональні пристрої, такі як комп'ютери, екрани, смартфони, планшети та телевізори, а решта – це побутові прилади, а також опалювальне та охолоджувальне обладнання [Forti et al., 2020].

Цифри та факти

Масштаб глобальних електронних відходів не піддається порівнянню, така маса може бути зіставлена з масою 4500 ейфелевих веж, що зібрані в одному місці поруч одна з одною, займають територію розміром з Манхеттен.

У звіті також прогнозується, що до 2030 року глобальні електронні відходи досягнуть 74 Мт, що майже подвоїть обсяг електронних відходів лише за 16 років. Таке стрімке збільшення обсягів пов'язане з тим, що дедалі більше людей на планеті використовує електронне обладнання, а також з постійним розвитком технологій та виведенням з експлуатації застарілого обладнання попередніх поколінь. Усе це призводить до скорочення терміну придатності виробів та розробленню конструкцій, які не підлягають ремонту чи повторному використанню.

Згідно зі звітом ООН, у 2019 році найбільший обсяг електронних відходів утворився в Азії – близько 24,9 Мт, за нею йдуть Америка (13,1 Мт) та Європа (12 Мт), а в Африці та Океанії – 2,9 Мт і 0,7 Мт відповідно. При цьому Європа є континентом із найвищим документованим показником офіційного збору та переробки електронних відходів, що становив 42,5% (рис. 9.1). В Азії цей показник сягнув 11,7%, у Північній та Південній Америці та Океанії 9,4% та 8,8% відповідно, а в Африці лише 0,9% [Forti et al., 2020].

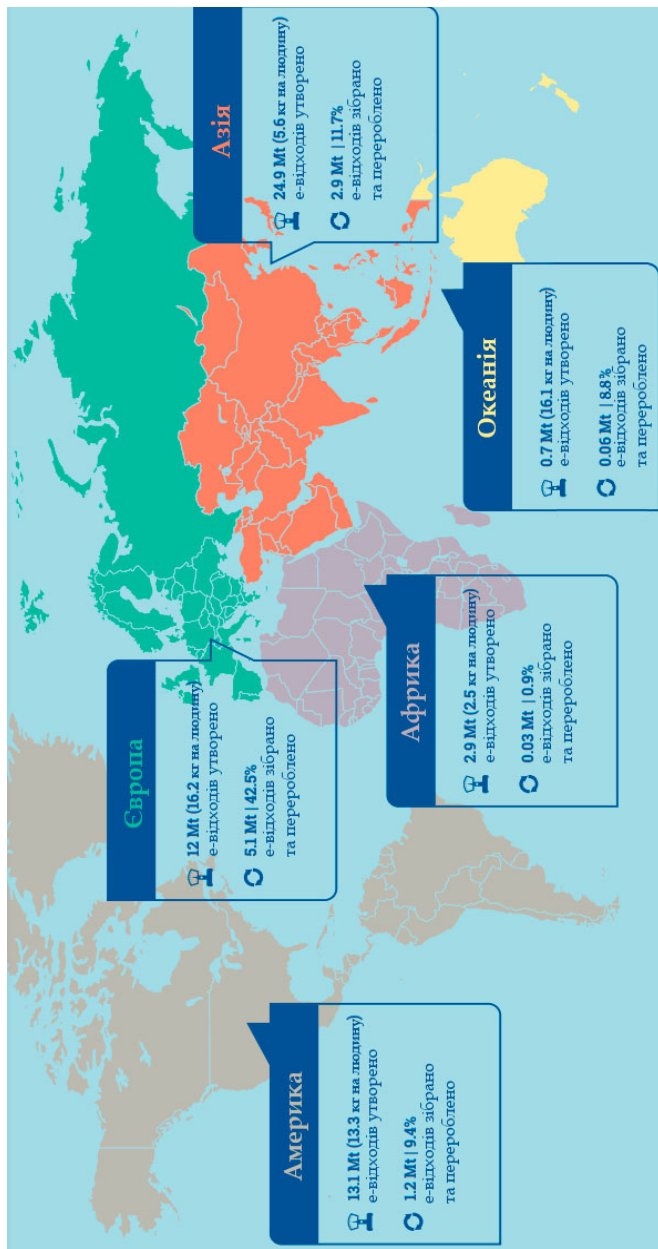


Рис. 9.1. Світові обсяги утворення та перероблення електронних відходів у 2019 р.

Дані з джерела [Forti et al., 2020]

У табл. 9.1 наведено більш деталізовані дані загальних та питомих показників щодо утворення електронних відходів та їх збирання за континентами у 2016 р.

Згідно з даними таблиці 9.1 у розрахунку на людину найбільшу кількість електронних відходів було утворено в Океанії – 17,3 кг, у той час як на Океанію припадає найменша частка світових електронних відходів – 0,7 млн тонн, а частка в офіційному оформленні обсягів збору та утилізації цих відходів становила лише 6%. Найменший питомий показник збирання електронних відходів припадає на країни Африки і дорівнює 1,9 кг/на людину.

Динаміку обсягів утворення електронних відходів за 2014–2021 рр. подано на рис. 9.2.

Протягом наступних років сукупне утворення електронних відходів у світі зростатиме. У той самий час різні категорії продукції демонструють різні темпи річного зростання. Найбільші темпи зростання обсягів відходів очікуються для терморегульовального, а також малогабаритного і великогабаритного обладнання. Темпи зростання електронних відходів за категоріями електронного та електронного обладнання наведено на рис. 9.3.

На рис. 9.4 зображено країни Європи, проранжовані за обсягом утворення електронних відходів на душу населення станом на 2016 р. Найбільший обсяг утворення електронних відходів на людину в Норвегії – більше 25 кг, найменший питомий показник (15–20 кг на людину) припадає такі країни, як Чехія, Португалія, Італія, Ірландія та ін.

Таблиця 9.1. Утворення відходів та їх збирання за континентами у 2016 р.

Показник	Африка	Північна та Південна Америка	Азія	Європа	Океанія
Кількість країн у регіоні	53	35	49	40	13
Населення регіону, млн	1,174	977	4,364	738	39
Обсяг відходів, кг на люд.	1,9	11,6	4,2	16,6	17,3
Обсяг відходів, млн тонн	2,2	11,3	18,2	12,3	0,7
Обсяг офіційно зібраних та перероблених електронних відходів, млн тонн	0,004	1,9	2,7	4,3	0,04
Норма збирання в регіоні, %	0	17	15	35	6

Дані з джерела [Balde et al., 2017]

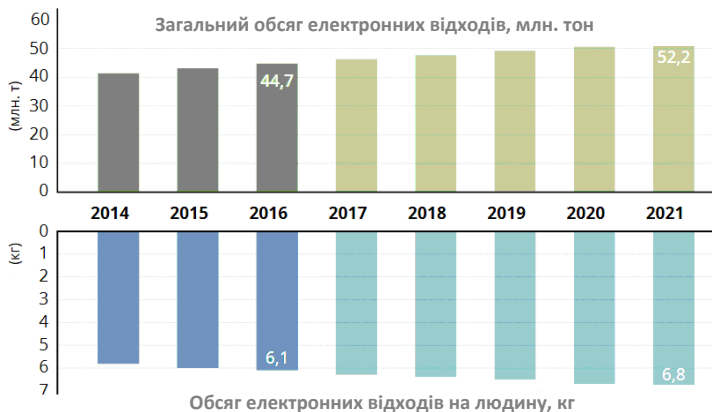


Рис. 9.2. Обсяги утворення електронних відходів у світі за 2014–2021 рр.
Дані з джерела [Balde et al., 2017]

Розглянемо особливості систем роздільного збирання та переробки електронних відходів у деяких країнах – членах ЄС, а саме: Швеції, Данії та Бельгії, які мають показник переробки 50–70%.

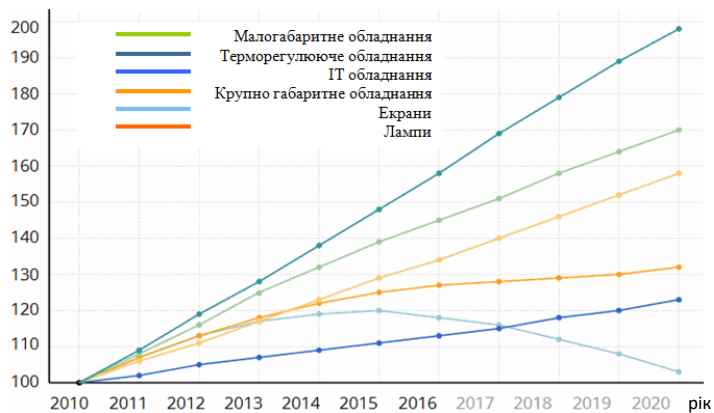


Рис. 9.3. Темпи зростання електронних відходів за категоріями обладнання у світі, 2010–2020 рр.
Дані з джерела [Balde et al., 2017]

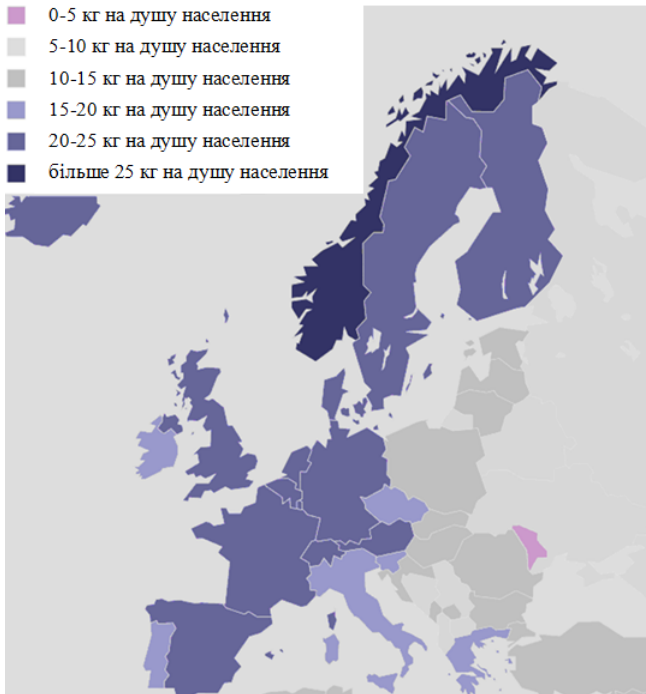


Рис. 9.4. Обсяги утворення відходів електричного та електронного обладнання на душу населення в країнах Європи

Дані з джерела [Balde et al., 2017]

У Швеції функціонує загальнонаціональна система збирання та перероблення відходів електричного та електронного обладнання «Elretur». Функції управління цією системою здійснює El-Kretsen у співробітництві зі шведськими місцевими органами влади. Завдання місцевих органів влади полягає в організації та фінансуванні пунктів збирання – «recycling centers», де жителі можуть залишити відпрацьоване електричне та електронне обладнання без оплати. El-Kretsen організовує й фінансує транспортування цих відходів, попередню обробку та перероблення відповідно до чинного законодавства. При цьому членами El-Kretsen є безпосередньо виробники. Муніципалітети фінансують заходи щодо інформування населення та заходи з організації збирання, а виробники –

транспортування електронних відходів, їх обробку та перероблення [Шевченко та ін., 2019].

У Данії функціонує аналогічна шведській система збирання та перероблення відходів електричного та електронного обладнання «Elretur», членами якої є всі виробники та імпортери обладнання Данії. Виробники щомісяця платять екологічний збір в «Elretur» залежно від кількості реалізованої продукції. Розмір плати визначається за категорією цього типу відходів, для семи категорій плата здійснюється за одиницю обладнання, за останніми трьома категоріями – залежно від ваги. Плата покриває адміністративні витрати «Elretur», витрати на утримання пунктів збирання, витрати на операторів, які збирають та переробляють електронні відходи. Практично все відпрацьоване обладнання збирається через муніципальні центри переробки – «recycling center», де жителі можуть залишити всі типи побутових відходів [Шевченко та ін., 2019].

У Бельгії діє три організації – «Vebat», «Fost Plus» та «Recupel», які здійснюють роздільне збирання, обробку та перероблення відходів електричного та електронного обладнання. Для підвищення рівня збирання ці організації разом впроваджують інноваційні технології. У 2013 році організацією «Recupel» разом з «Vebat» було запущено пілотний проєкт з використання нових модернізованих контейнерів – «RecyclePoint», які розміщувалися в супермаркетах і спеціалізованих магазинах. «RecyclePoint» містить три окремі модулі для збирання використаних невеликих електричних приладів, лампочок та портативних батарейок [The annual, 2014].

9.4. Неформальний сектор поводження з електронними відходами в країнах Азії та Африки

Недосконалість чинного законодавства щодо поводження з електронними відходами в країнах світу сприяє розвитку неформального сектору перероблення, коли відбувається вилучення найбільш ліквідних частин/цінних компонентів, а решта викидається, завдаючи шкоду навколишньому середовищу і здоров'ю людей. У табл. 9.2 приведено дані щодо охоплення населення законодавством з електронних відходів у різних регіонах світу за 2014–2017 рр.

Таблиця 9.2. Частка населення в регіонах, охоплена законодавством у сфері поводження з електронними відходами у 2014–2017 р., %

	2014 р.	2017 р.
Весь світ	44	66
Східна Африка	10	31
Центральна Африка	14	15
Північна Африка	0	0
Південна Африка	0	0
Західна Африка	49	53
Карибський регіон	12	12
Центральна Америка	74	76
Північна Америка	98	100
Південна Америка	29	30
Центральна Азія	0	0
Східна Азія	99	100
Південно-Східна Азія	14	17
Південна Азія	0	73
Західна Азія	37	38
Східна Європа	46	99
Північна Європа	99	100
Південна Європа	100	100
Західна Європа	99	100
Австралія і Нова Зеландія	81	85
Меланезія	0	0
Мікронезія	0	0
Полінезія	0	0

Дані з джерела (Balde et al., 2017)

Неформальний сектор поводження з електронними відходами часто розглядається як недоступний для регулювання та управління.

У кожній країні розвиток неформального сектору має свої особливості. Наприклад, у Китаї недосконалість чинного законодавства та менталітет «відходи як цінність» сприяє розвитку неформального сектору переробки [Han et al., 2022]. Згідно з дослідженнями 94% домашніх господарств позбуваються електронних

відходів, використовуючи неформальні канали. У деяких провінціях їх збирання відбувається на велосипедах та візках «від дверей до дверей», коли відпрацьовані електронні прилади купуються в користувачів, а потім перепродаються для переробки [Lu et al., 2015]. Ціни на відпрацьовані вироби, що пропонує неформальний сектор, наведено на рис. 9.5.

В Індії неформальний сектор також є звичайною практикою, де 95% електронних відходів поглинається ним. Споживачеві платять за відпрацьоване/застаріле електричне та електронне обладнання, що є економічним стимулом позбуватися непотрібних речей через неформальний сектор [Borthakur and Govind, 2017].

Значну шкоду навколишньому середовищу і здоров'ю людей завдає «поводження» з електронними відходами в Нігерії, де відсутні елементарні законодавчі норми щодо поводження з цими відходами. Відпрацьовані вироби переробляються з використанням грубих методів, а небажані компоненти викидаються в місцеві звалища або поверхневі водойми [Nduneseokwu et al., 2017].

Цифри та факти

Нижче наведено фото звалища електронних відходів «Agbogbloshie», м. Гана, Африка (фото зроблене у 2018 р.). «Agbogbloshie» – це одне

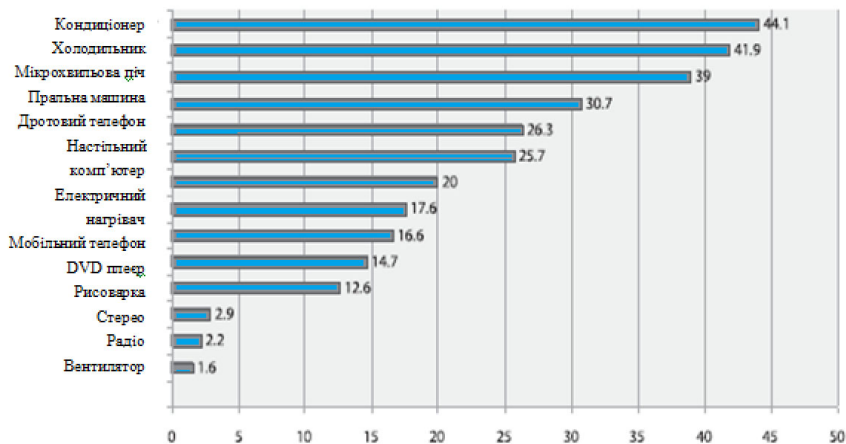


Рис. 9.5. Ціни на відпрацьовані вироби, що пропонує неформальний сектор збирання, дол. Дані з джерела [Lu et al., 2015]



Рис. 9.6. Звалище електронних відходів Agbogbloshie, м. Гана, Африка, 2018 р.

Джерело: <https://medium.com/@shreyanskhunteta/the-complex-reality-of-the-e-wastelands-what-and-why-4e2cd1de72fc>

з найбільших звалищ електронних відходів у світі. У 2013 році за версією «Blacksmith Institute» звалище Агбогблосі випередило зону відчуження в Чорнобилі за забрудненістю згідно з Top Ten Threats 2013, Blacksmith Institute. На цьому звалищі електронних відходів після вилучення цінних металів пластикові корпуси і дроти просто спалюють. Токсини, такі як свинець, миш'як, кадмій і ртуть, перевищують норми концентрації в сотні разів.

Цифри та факти

На рисунку 9.7 фото, де мешканці Гани спалюють електричні дроти для відновлення міді на сміттєзвалищі «Agbogbloshie», м. Гана, Африка, 2018 р.

За результатами досліджень, здійснених румунськими вченими, неформальна система залишається працездатною, не зважаючи на те що створено офіційну системи збирання електронних відходів зі зручними каналами, надаючи знижки на нове обладнання при поверненні відпрацьованого. Згідно з опитуванням, проведеним у Румунії, 42,29% респондентів відповіли, що вони позбавляються від старої електрики та електроніки, використовуючи муніципальну систему поводження, у той час як 29,25% респондентів збувають старе обладнання через неформальну систему [Colesca et al., 2014]. Відсутність стимулів



Рис. 9.7. Мешканці Гани спалюють електричні дроти для відновлення міді на сміттєзвалищі "Agbogbloshie", м. Гана, Африка, 2018 р.

Джерело: <https://spotlight.africa/2018/06/15/waste-the-african-problem/>

є основною причиною, що спонукає домогосподарства повертати електронні відходи через неформальний сектор, хоча більше половини респондентів обізнані про важливість екологічно безпечної переробки.

9.5. Особливості законодавства ЄС у сфері поводження з електронними відходами

Як відповідь на виклики «суспільства споживання» в усіх розвинутих країнах вже здійснюються кроки щодо створення механізму управління процесом утворення та накопичення ВЕЕО. Насамперед, розроблені та діють законодавчі акти щодо запобігання забрудненню довкілля відпрацьованим електротехнічним і електронним устаткуванням. Так, в ЄС ще у 2003 році були прийняті та регулярно переглядаються й актуалізуються дві базові директиви: «Про відходи електричного та електронного обладнання» (WEEE) та «Про обмеження використання деяких речовин в електричному і електронному обладнанні» (RoHS). Перша встановлює принцип розширеної відповідальності виробників і розповсюджувачів електричного та електронного обладнання за збирання, перероблення та

утилізацію такої техніки наприкінці її життєвого циклу, тобто на стадії її перетворення на відходи, друга – обмежує використання небезпечних речовин в електричному та електронному устаткуванні. Прийняття цих директив та їх дотримання зумовило те, що Євросоюз став лідером за рівнем офіційного збирання та перероблення електронних відходів та зменшення екологічної шкоди, що завдається ними, а європейські виробники поступово вносять зміни в процес виробництва, переймають на себе відповідальність з управління своєю продукцією в кінці її життєвого циклу, проєктують нову техніку відповідно до вимог директив WEEE і RoHS, які також поширюються на виробників інших країн, що експортують свою продукцію на територію ЄС [Губанова, 2014].

Важливо зазначити, що директивою № 2012/19/ЄС встановлено мінімальні рівні щорічного збирання за періодами років. Для 2019–2020 рр. встановлено норму збирання на рівні 65% середнього обсягу обладнання, розміщеного на ринку за останні три роки, або 85% утворених електронних відходів. Відповідно до ст. 5 цієї директиви держави-члени повинні створити систему роздільного збирання, що дозволить кінцевим користувачам повернути електронні відходи принаймні безплатно, а також забезпечити наявність і доступність необхідних засобів для їх збирання з урахуванням щільності населення. Збирання використаних маленьких електричних та електронних виробів повинні забезпечувати дистриб'ютори в роздрібних магазинах з продажу електричного та електронного обладнання з визначеною площею (щонайменше 400 м²) на безплатній основі, і це не зобов'язує кінцевого споживача купувати обладнання еквівалентного типу.

9.6. Використання потенціалу електронних відходів щодо стабілізації глобального ринку рідкісноземельних металів

ВЕЕО як потенційне джерело вторинної сировини становлять собою складну суміш найрізноманітніших матеріалів. І хоча певною мірою деякі види відходів електроніки можна класифікувати, у загальній своїй масі це «багатокомпонентна субстанція». З огляду на таке проблема електронних відходів схожа на проблему ТПВ, але вона є більш складною через велику кількість токсичних складових та неможливість визначення морфологічного складу відходів

електричного та електронного обладнання. Проте, якщо відомий склад пристроїв одного типу, то реальною стає приблизна оцінка доцільності їх вторинного використання.

Науковцями доведено, що з відходів побутової електрики та електроніки можна вилучити певну кількість вторинних матеріалів тобто «матеріалів, отриманих внаслідок збирання, заготовлення та/або перероблення (зокрема, сепарації) відходів, і які застосовуються замість первинних матеріалів або сировини для виготовлення продукції» [Мищенко і Виговська, 2009]. Ресурсний резерв побутових електронних відходів за вмістом вторинних матеріалів наведено в табл. 9.3.

Наприкінці життєвого циклу високотехнологічного виробу його вартість стає практично нульовою і цінність визначається лише вартістю одержаних вторинних матеріалів, зокрема, кольорових та дорогоцінних металів, пластмас тощо. У той самий час вартість компонентів ВЕЕО умовна навіть для матеріалів, які в чистому вигляді мають цілком конкретну ціну, наприклад, дорогоцінні та кольорові метали. Умовна вартість «електронної суміші» визначається так:

$$S = \sum_{i=1}^N (D_i - C_i), \quad (9.1)$$

де S – потенційна вартість вторинних матеріальних ресурсів у ВЕЕО;

Таблиця 9.3. Вміст вторинних матеріалів в електронних відходах

Матеріал	Частка, %
Пластмаси	4,4
Скло, що містить свинець	16
Скло без свинцю	3,2
Друковані плати	5,9
Мідьвмісні компоненти	3,3
Чорні метали	25
Компоненти, придатні для повторного використання	4,5
Інші компоненти	5,5
Безповоротні відходи	13

Дані джерела [Губанова, 2014]

D_i – вартість вторинних матеріальних ресурсів i -го виду;

C_i – витрати на вилучення вторинних матеріальних ресурсів i -го виду з електронних відходів.

Отже, з економічного погляду, перероблення електронних відходів стає доцільним лише за умови, що сумарні витрати на вилучення корисних матеріалів є меншими від їх загальної вартості.

Сьогодні одним із найважливіших показників економічного розвитку країни є рівень видобутку та споживання рідкісних елементів у різноманітних сферах господарської діяльності. Рідкісні елементи – це умовна назва великої групи хімічних елементів (більш ніж 60), до якої входять, зокрема, літій, берилій, галій, ванадій, титан, молібден, вольфрам, рідкісноземельні елементи (РЗЕ), а в також інертні гази (He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn). Оскільки більшість рідкісних елементів – метали, тому зазвичай використовується термін «рідкісні метали», а європейських країнах – «less common metals» (*менш звичайні метали*). Застосовуються рідкісні метали у багатьох галузях промисловості: радіоелектроніці, приладо- та машинобудуванні, атомній енергетиці, металургії тощо. Сфери використання РЗМ наведено на рис. 9.8

Так, сполуки рідкісноземельних металів (РЗМ) використовують при створенні лазерних та інших оптично активних елементів в оптоелектроніці, у виробництві гібридних автомобільних двигунів тощо. Основні сфери застосування РЗМ – каталізatori крекінгу нафти (нітрати РЗМ), виробництво високоміцного чавуну, низьколегованих сталей і спеціальних сплавів (церій, лантан, неодим, празеодим тощо), а також скляна і керамічна промисловість (суміш оксидів церієвих РЗМ).

Ринки збуту РЗМ з погляду продукції, що виробляється, поділяються на два сегменти.

Перший охоплює сфери промисловості, які вимагають використання неподілених елементів, зокрема, виробництво скла, нафтопереробка та нафтохімія (каталізatori для крекінгу нафти, присадки до дизельного пального тощо), металургійна промисловість, виробництво мішметалу для акумуляторних батарей та ін. Другий – галузі, у яких використовуються індивідуальні елементи: виробництво каталітичних фільтрів-нейтралізаторів вихлопних газів автомобілів, магнітів, люмінофорів, керамічних конденсаторів,

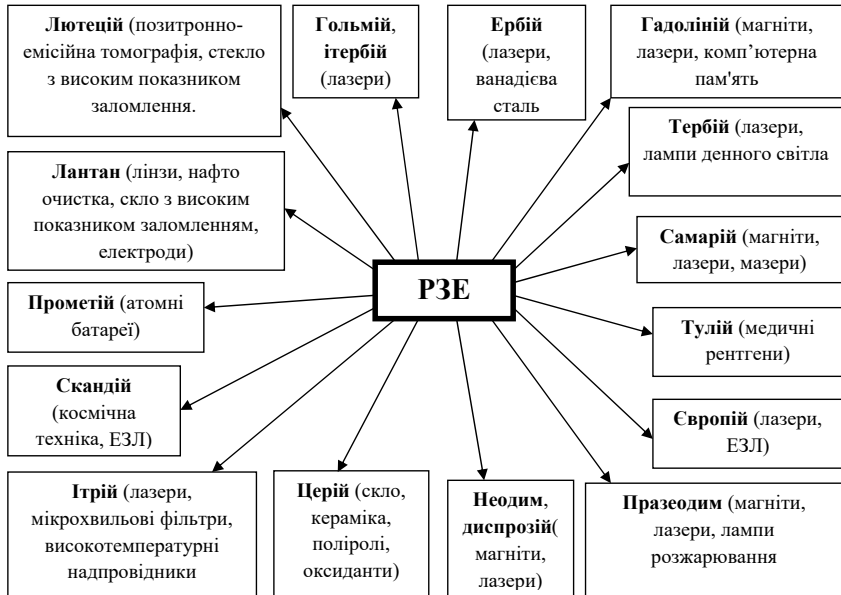


Рис. 9.8. Сфери промислового використання РЗЕ [Губанова, 2014]

електроніки, вирощування кристалів та для інших цілей. Щорічне збільшення споживання індивідуальних РЗМ значно перевищує зростання споживання неподілених (до 25% на рік).

Рідкісноземельні метали стають частиною стратегічних запасів індустріально розвинутих країн ЄС, які шукають шляхи екстреного скорочення дефіциту РЗМ на світовому ринку. Експерти пропонують такі:

- пошук нових постачальників рідкісноземельних металів;
- використання запасів нових родовищ рідкіснометалевих руд;
- розроблення та впровадження у виробництво ЕЕО сполук – заміників РЗМ;
- зменшення вмісту РЗМ у нових конструкціях високотехнологічних виробів;
- освоєння потенціалу техногенних і вторинних джерел РЗМ – відвалів і хвостів збагачувальних фабрик, продуктів перероблення металевих руд;

- залучення до вторинного перероблення твердих побутових відходів, що містять РЗМ (наприклад, ЕЕО, які наприкінці свого життєвого циклу становлять собою потенційне джерело вторинної сировини з багатокомпонентною та змінною за складом сумішшю різноманітних металів і матеріалів).

Отже, з огляду на те що життєвий цикл сучасного ЕЕО з кожним роком скорочується, а підвищення рівня сучасних технологій потребує залучення великої кількості РЗМ, виробники дедалі частіше розглядають доцільність використання вторинного потенціалу ВЕЕО як пріоритетний напрям забезпечення промисловості так званими «стратегічними металами», дефіцит та ціна яких здатні негативно впливати як на економічний розвиток провідних країн світу, так і на стан глобальної економіки.

9.7. Практика поводження та законодавче регулювання галузі в Україні

В Україні нормативно-правові акти, які мають регулювати поводження з електронними відходами, подібні директивам WEEE і RoHS, майже відсутні, тому в країні засвідчується безконтрольне позбавлення від застарілої техніки та її накопичення на полігонах побутових відходів. Проте певна робота в цьому напрямі здійснюється. Деякі аспекти поводження з електронними відходами прописані в таких законодавчих актах:

- Постанова Кабінету Міністрів України від 02.09.2017 р. «Про затвердження Технічного регламенту щодо обмеження використання деяких небезпечних речовин в електричному та електронному обладнанні»;
- наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України «Про затвердження Методичних рекомендацій щодо збирання відходів електричного та електронного обладнання, що є у складі побутових відходів»;
- наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 30 серпня 2013 р. № 423 «Про затвердження Методичних рекомендацій

щодо безпечного поводження з компонентами небезпечних відходів у складі побутових відходів»;

- Постанова Кабінету Міністрів України від 13 липня 2020 р. № 1120 «Про затвердження Положення про контроль за транскордонними перевезеннями небезпечних відходів та їх утилізацією/видаленням та Жовтого та Зеленого переліків відходів».

Крім того, у 2017 році Постановою Кабінету Міністрів України № 820-р від 8 листопада 2017 р. було запроваджено Національну стратегію поводження з відходами в Україні до 2030 року, спрямовану на вирішення проблем, пов'язаних з утворенням, накопиченням, зберіганням, переробленням, утилізацією та видаленням відходів.

Проте, чинна законодавча база не дозволяє налагодити ефективний облік та систему контролю в галузі управління електронними відходами. Інформація про електронні відходи не є спеціально доступною або обов'язковою. В Україні нині не визначено перелік товарів та виробів, що належать до електронних відходів, відсутній статистичний облік обсягів їх виробництва та переробки, немає правової бази для регулювання процесу поводження з ними. Також відсутня адміністративна відповідальність за порушення роздільного збирання відходів. Проект системи розширеної відповідальності виробників знаходиться в Україні в процесі прийняття поряд з іншими законопроектами, спрямованими на покращення наявної системи управління електронними відходами та їх переробки [Baldé et al., 2021].

Дані про виробництво ЕЕО та електронні відходи доступні в Державній статистичній та Державній митній службах, однак вони не є повними, тому для оцінки основних статистичних показників електронних відходів в Україні було використано внутрішні дані УООН/ЮНІТАР (рис. 9.9).

За 2014–2019 рр. обсяг реалізації ЕЕО на ринку України збільшився. Після значного зниження з 9,1 кг на душу населення (414,8 кт) у 2010 році до 5,8 кг на душу населення (248,2 кт) у 2015 році відбулося зростання до 8,7 кг на душу населення (365,7 кт) у 2019 році; однак рівня 2010 року не досягнуто [Baldé et al., 2021].

Найбільшу частку в обсязі реалізації ЕЕО на ринку становить малогабаритне обладнання (кат. V) – 3,0 кг на душу населення (34%), далі – терморегульовальне обладнання (кат. I) та велико-

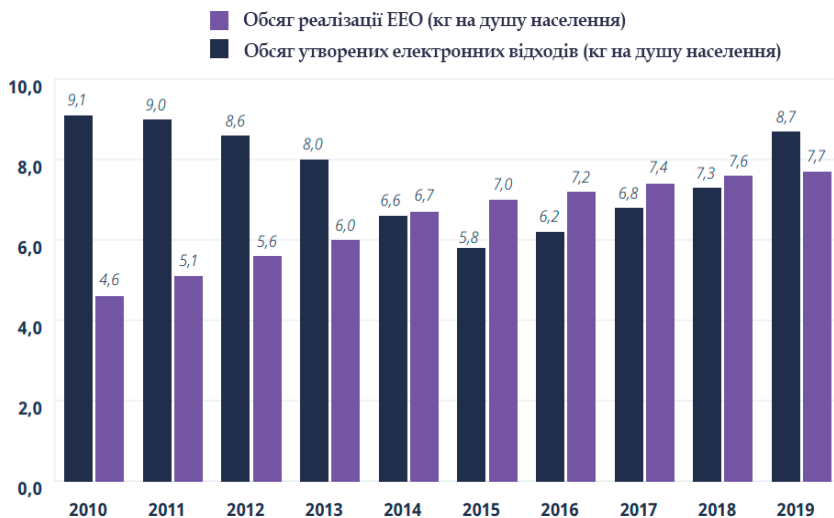


Рис. 9.9. Обсяги реалізованого ЕЕО та утворених електронних відходів в Україні у 2019 р. Дані з джерела [Baldé et al., 2021]

габаритне обладнання (кат. IV) – по 2,3 кг на душу населення, що еквівалентно 26% загального обсягу реалізації ЕЕО на ринку на душу населення. Найменша частка припадає на лампи (кат. III), що дорівнює 0,2 кг на душу населення (2%) (рис. 9.10). Найбільша частка електронних відходів, що утворилися в 2019 році в Україні, припадає на малогабаритне обладнання (кат. V) і становить 2,5 на душу населення (31%), далі маємо терморегульовальне обладнання (кат. I) – 1,9 на душу населення (24%). Екрани та монітори (кат. II) і малогабаритне обладнання ІТ (кат. VI) становлять 1,1 кг на душу населення (15%) та 0,5 кг на душу населення (7%) відповідно (рис. 9.10) [Baldé et al., 2021].

За даними анкетування 2019 року, проведеного статистичним відділом ООН, 2017 року Україні вдалося зібрати екологічно безпечним способом 1,0 кг (40,0 кт) електронних відходів на душу населення. У 2016 році ця цифра була ще вищою і дорівнювала 1,1 кг на душу населення (45,9 кт). Частка електронних відходів незначна порівняно з досить значними даними збирання акумуля-

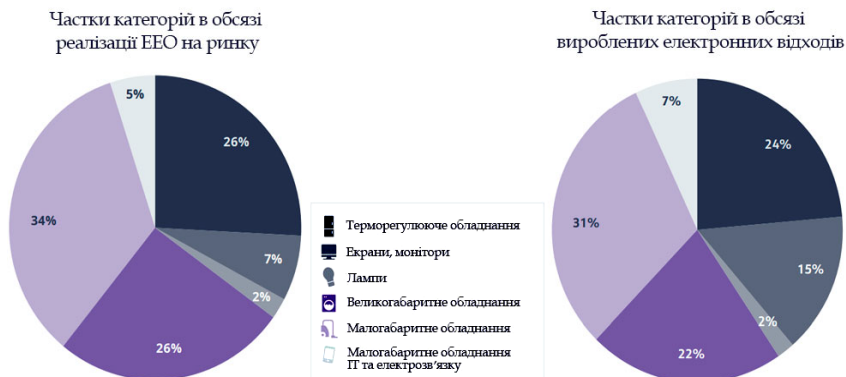


Рис. 9.10. Обсяги реалізованого ЕЕО та утворених електронних відходів в Україні у 2019 р. за категоріями. Дані з джерела [Baldé et al., 2021]

торів, тому ця точка вимірювання не враховується при розрахунку підсумкових регіональних показників.

Сьогодні вирішенням проблеми збирання електронних відходів переймаються громадські організації, організовуючи відповідні акції, а також окремі зусилля робляться торговельними підприємствами, які приймають деякі типи відпрацьованого обладнання за певну знижку при покупці нового виробу.

Цифри та факти

Більша частина електронних відходів в Україні потрапляє на полігони та звалища, а з ними щорічно – близько 500 кг ртуті, 160 кг кадмію, 260 т марганцевих сполук, 250 т натрієвих хлоридів [Кравченко та ін., 2013].

Україна як нещодавній підписант Угоди про асоціацію повинна формувати інфраструктуру роздільного збирання відходів, що дозволить кінцевим користувачам повернути відпрацьовані електронні вироби принаймні безплатно. Становлення та розвиток прогресивних систем роздільного збирання та подальшого рециклінгу можливе за умови формування відповідної законодавчої бази на основі положень Директиви № 2012/19/ЄС, що буде сприяти створенню організаційних структур та економічних механізмів задля реалізації стратегій відновлення, ремануфактурингу та рециклінгу матеріалів відпрацьованих виробів.

Список джерел

1. Губанова О. Р. Електронні відходи: теорія та практика поводження : монографія. Одеса : ТЕС, 2014. 120 с.
2. Міщенко В. С., Виговська О. П. Організаційно-економічний механізм поводження з відходами в Україні та шляхи його вдосконалення : монографія. Київ : Наукова думка, 2009. 294 с.
3. Сучасний стан політики поводження з електронними відходами в Україні та Європейському Союзі: кроки до зближення. *Огляд, підготовлений в рамках проекту «Громадське лобювання впровадження в Україні європейських підходів до вирішення проблеми електронних відходів» за підтримки Міжнародного фонду «Відродження»*. URL: <http://www.mama-86.org.ua/index.php/uk/chemsec/chemsec-news/495-2013-05-13-14-49-16.html>
4. КВЕД-2010. Держстат України, 2011. URL: http://kved.ukrstat.gov.ua/KVED2010/52/KVED10_52_29.html
5. КТВЭД 2011. Держстат України, 2011. URL: <http://kved.ukrstat.org/uk/work/klass200n.htm>
6. Кравченко В. А., Бондар І. Л., Муравйова Н. В. та ін. Проведення досліджень щодо безпечного поводження з компонентами (складовими) небезпечних відходів у складі побутових відходів : Звіт про науково-дослідну роботу від 16.05.2013 № 1-17/59-2013 (заключний). Київ : НДКТИ МГ, 2013. 63 с.
7. Технічний регламент з поводження з відходами електронного та електричного обладнання. URL: http://civic.kmu.gov.ua/civic_old/control/uk/discussion/ovv/preview?attache=159138
8. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони : ратифікована із заявою Законом № 1678-VII від 16.09.2014. URL: http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/984_011
9. Філатов Л. Г., Сидоренко С. В., Кононенко О. С. Поводження з електронними відходами в Україні. Аналіз проблеми та шляхи вирішення. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Харків: НТУ «ХПІ». 2012. № 34. С. 124–130.
10. Шевченко Т. І., Гончарова Н. І., Мельник Ю. М. Обґрунтування доцільності створення оператора руху електронних відходів від користувача до переробного підприємства для запобігання розвитку неформального сектору поводження з відходами в Україні. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2019. № 3(81). С. 23–29.
11. Baldé C. P., Iattoni G., Luda V. et all. Regional E-waste Monitor for the CIS + Georgia – 2021, 2021, United Nations University (UNU) / United Nations Institute for Training and Research (UNITAR) – co-hosting the SCYCLE Programme, Bonn, Germany. URL: https://ewastemonitor.info/wp-content/uploads/2021/11/REM_2021_CISGEORGIA_WEB_final_nov_11_spreads.pdf

12. Balde C. P., Forti V., Gray V., Kuehr R., Stegmann P. The Global E-waste Monitor – 2017, United Nations University, International Telecommunication Union & International Solid Waste Association, Bonn/Geneva/Vienna. 2017. URL: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Climate-Change/Documents/GEM%202017/Global-E-waste%20Monitor%202017%20.pdf>
13. Borthakur A., Govind M. Emerging trends in consumers' E-waste disposal behaviour and awareness: A worldwide overview with special focus on India. *Resources, Conservation and Recycling*. 2017. Vol. 117. P. 102–113.
14. Colesca S. E., Ciocoiu C. N., Popescu M. L. Determinants of WEEE Recycling Behaviour in Romania: A fuzzy Approach. *International Journal of Environ. Res.* 2014. Vol. 8(2). P. 353–366.
15. Chi X., Wang M. Y. L., Reuter M. A. E-waste collection channels and household recycling behaviors in Taizhou of China. *Journal of Cleaner Production*. 2014. Vol. 80. P. 87–95.
16. Directive No 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives [Electronic resource]. – URL: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32008L0098>
17. Directive No 2012/19/EC of the European Parliament and of the Council of 4 July 2012 on waste electrical and electronic equipment.
18. Forti V., Baldé C. P., Kuehr R., Bel G. The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows, and the circular economy potential. United Nations University (UNU)/United Nations Institute for Training and Research (UNITAR) – co-hosted by the SCYCLE Programme, International Telecommunication Union (ITU), International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Rotterdam, 2020. URL: https://ewastemonitor.info/wp-content/uploads/2020/11/GEM_2020_def_july1_low.pdf
19. Han Y., Shevchenko T., Qu D. Smart e-waste management in China: a review. 2nd Congress on Intelligent Systems. CIS, Springer Book Series, "Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies", September 04-05 2021, 2022. P. 515–533. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-16-9113-3_38
20. Liu X., Tanaka M., Matsui Y. Generation amount prediction and material flow analysis of electronic waste: Case study in Beijing. *Waste Management and Research*. 2006. Vol. 24(5). P. 434–445.
21. Lu C. Y., Zhang L., Zhong Y. G. et al. An overview of E-waste management in China. *Journal of Material Cycles and Waste Management*. 2015. Vol. 17(1). P. 1–12.
22. Nduneseokwu C. K., Qu Y., Appolloni A. Factors influencing consumers' intentions to participate in a formal e-waste collection system: A case study of Onitsha, Nigeria. *Sustainability*. 2017. Vol. 9(6). P. 1–17.
23. Torretta V., Ragazzi M., Istrate I. A., Rada E. C. Management of waste electrical and electronic equipment in two EU countries: A comparison. *Waste Management*. 2013. Vol. 33, no 1. P. 117–122.

Відпрацьовані хімічні джерела струму: моделі та методи збирання, сучасні технології рециклінгу

- 10.1. Вплив на довкілля та ресурсна цінність відпрацьованих хімічних джерел живлення
- 10.2. Моделі роздільного збирання відпрацьованих хімічних джерел струму
- 10.3. Законодавство ЄС та досвід роздільного збирання в країнах ЄС
- 10.4. Законодавче регулювання та поводження з хімічними джерелами струму в Україні

10.1. Вплив на довкілля та ресурсна цінність відпрацьованих хімічних джерел живлення

Термін «хімічні джерела струму», або «батареї та акумулятори», визначають як джерела електричної енергії, яка виробляється шляхом перетворення хімічної енергії в електричну, що складаються з одного чи декількох неперезаряджувальних первинних елементів або перезаряджувальних вторинних елементів (акумуляторів), у тому числі інтегрованих у вироби промислового чи побутового призначення [Закон про хімічні, 2006]. Сферу хімічних джерел струму цей закон трактує як відносини, що виникають при розробленні, виробництві, реалізації, імпорті та експлуатації хімічних джерел струму, заготівлі та утилізації відпрацьованих хімічних джерел струму. Відпрацьовані хімічні джерела струму – це хімічні джерела струму, непридатні для експлуатації за рішенням споживача через фізичний, моральний знос, непоправний брак або з інших причин, які потребують належного поводження [Закон про хімічні, 2006].

У повсякденному житті автономні джерела живлення, що вичерпали свій ресурс, є настільки ж звичною складовою змішаних побутових відходів. Під агресивною дією зовнішніх чинників відбувається поступове руйнування оболонки гальванічних елементів, що спричиняє безперешкодне потрапляння забруднювальних

речовин, які містяться в них (свинець, кадмій, ртуть, хром, цинк та ін.), у навколишнє середовище.

Цифри та факти

Незважаючи на те що відпрацьовані портативні батарейки і акумулятори становлять менш ніж 0,25% обсягу ТПВ, на їх частку припадає більше 50% усіх важких металів, які надходять у навколишнє середовище внаслідок господарської діяльності людини [Кравченко, 2013].

Харчовими ланцюгами ці речовини надходять до організму людини і спричинюють негативні зміни здоров'я (рис. 10.1). Сьогодні українські дослідники вивчають вплив батарейок та акумуляторів на живі організми на прикладі одноклітинних водоростей. Результати цих досліджень свідчать, що всі гальванічні елементи, у тому числі непошкоджені, при потраплянні до навколишнього середовища впливають на живі організми [Шуптар-Пориваєва, 2019a].

Цифри та факти

За результатами досліджень лише одна батарейка є джерелом забруднення близько 800 л води або 16 м² ґрунту [Кравченко, 2013].

Крім важких металів (свинець, ртуть, кадмій, хром, цинк), до складу хімічних джерел струму входять також токсичні сполуки, що

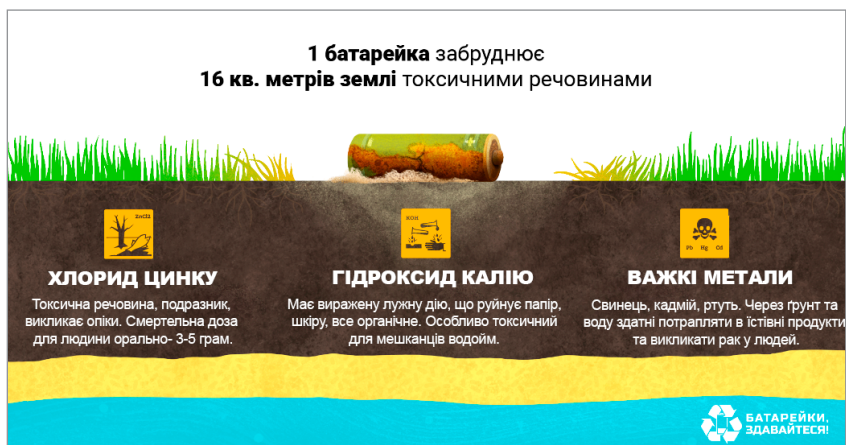


Рис. 10.1. Токсичні речовини в складі батарейок та їх вплив на живі організми.

Дані з джерела [Інтернет-портал проекту «Батрейки здавайтесь»]

опиняються на полігонах та сміттєзвалищах, забруднюють ґрунти і водні об'єкти й харчовими ланцюжками надходять у людський організм. Вплив цих компонентів на здоров'я людини дуже небезпечний, оскільки вони мають властивість накопичуватися в тканинах живих організмів, викликаючи порушення функціонування імунної, нервової, травної та інших систем. Проте через низьку обізнаність населення України щодо безпеки, яку становить собою ця категорія електронних відходів, а також через відсутність системи їх збирання, відпрацьовані джерела живлення здебільшого разом із ТПВ потрапляють на сміттєзвалища, забруднюючи довкілля. У той самий час малогабаритні джерела струму, термін працездатності яких закінчився, – це вторинні ресурси з високим вмістом цінних елементів, зокрема, кольорових металів, тому їх збирання та перероблення може мати значний економічний ефект [Shuptar-Poryvaieva et al., 2020].

З огляду на те що тренд масового споживання електричних та електронних пристроїв обумовлює глобальне зростання потоку електронних відходів, зокрема відпрацьованих малих побутових хімічних джерел енергії, формування ефективної системи поводження з ними є досить актуальним завданням [Shevchenko et al., 2021].

Незважаючи на те що батарейки та акумулятори є компліментарними товарами для низки електричних приладів домашнього та професійного призначення, без яких неможливим стає функціонування таких пристроїв, ВДЖ доцільно розглядати як самостійний вид електронних відходів, розподіл яких може здійснюватися за групами за сукупністю пріоритетних ознак, а саме [Шуптар-Пориваєва 2019а]:

- за призначенням (портативні, автомобільні, промислові);
- за типом хімічної реакції, яка обумовлює генерацію струму (первинні – гальванічні елементи, вторинні – елементи, які можна заряджати, – акумулятори);
- за типом електроліту (сольові, літєві, срібні, ртутні та лужні хімічні джерела струму);
- за рівнем впливу на навколишнє середовище (помірно небезпечні та високонебезпечні);
- за наявністю цінних компонентів (корисні та особливо цінні);
- за формою та розміром (циліндричні, призматичні і дискові батарейки).

В основу запропонованої класифікації відпрацьованих джерел живлення покладена класифікація існуючих на цей час автономних джерел струму. Проте з виходом на ринок інноваційних пристроїв у майбутньому, безперечно, з'явиться необхідність у визначенні нових класифікаційних ознак та удосконаленні наведеної класифікації. Класифікація відпрацьованих джерел живлення сприятиме отриманню даних, необхідних для розроблення організаційно-економічних заходів щодо зменшення кількості відходів та їх утилізації, а також здійсненню сталого управління автономними джерелами живлення після завершення терміну їх споживання. Крім того, з метою використання відпрацьованих джерел живлення як вторинної сировини на основі розробленої класифікації може бути створена генеральна схема їх централізованого збирання, вивезення та перероблення на територіях міських агломерацій [Шуптар-Пориваєва, 2019b].

10.2. Моделі роздільного збирання відпрацьованих хімічних джерел струму

Однією з головних парадигм європейського законодавчого поля у сфері поводження з відпрацьованими джерелами живлення є принцип відповідальності виробника, якій фінансує заходи зі збирання та перероблення батарейок і акумуляторів, які він розмістив на ринку. Організаційна відповідальність і методи фінансування визначаються безпосередньо державами – членами Європейського Союзу та можуть змінюватися залежно від місцевих умов.

Досвід європейських країн дозволяє визначити три основні моделі збору відпрацьованих джерел живлення [Шуптар-Пориваєва, 2019a]:

- 1) модель державного фінансування;
- 2) модель єдиної організації (екологічна угода);
- 3) модель організацій, що конкурують.

Відповідно до моделі державного фінансування (англ. – *state fund model*), виробники несуть тільки фінансову відповідальність за витрати зі збирання та утилізації електронних відходів і відпрацьованих батарейок та акумуляторів. Організаційну від-

повідальність за управління відходами несуть державні контрольні органи або міська чи обласна влада. Модель державного фінансування надає субсидіювання за допомогою «ЕКО-внеску» або «ЕКО-податку», який платять виробники або імпортери до фонду, що контролюється урядом. Беззаперечною перевагою цієї моделі є досить висока юридична відповідальність виробників. «ЕКО-податок» стягується митними або податковими органами, що забезпечує високий ступінь поповнення відповідного фонду. Однак, використання податкового законодавства знижує точність показників збирання, оскільки воно не дозволяє розрізняти типи гальванічних елементів (портативні або промислові). Крім того, за наявності великої кількості державних фондів існує ризик того, що уряд може прийняти рішення про надання коштів на забезпечення екологічних програм, які не мають стосунку до тієї продукції, за яку стягувався податок.

Згідно з моделлю єдиної організації, або моделлю «екологічної угоди» з урядом (англ. – *single organization model*), весь промисловий сектор, що забезпечує ринок елементами живлення, зобов'язаний керувати відходами за допомогою єдиної організації. За цієї моделі санкціоноване монопольне становище дозволяє централізовано й ефективно збирати відходи батарейок і підвищувати поінформованість споживачів. Проте при цьому окремі організації були помічені антимонопольними органами, оскільки вони не знижували фінансові збори відповідно до фактичних витрат. Тільки введення фірм, що конкурують, дозволило знизити рівень зборів організацій з управління електронними відходами.

За моделі організацій, що конкурують, (англ. – *competing organizations model*), уряд дозволяє декільком організаціям взяти на себе зобов'язання зі збирання відпрацьованих джерел живлення. Організації, як правило, конкурують на рівні грошових зборів з виробників і, відповідно, на рівні витрат на управління ВДЖ для досягнення мети збирання. Також можуть застосовуватися певні нормативні вимоги, такі як обов'язкова участь організацій у складі координаційного органу для забезпечення загальнонаціонального збирання відходів батарейок та акумуляторів, що допомагає уникнути порушення конкуренції. Основною перевагою цієї моделі є можливість підвищення поінформованості споживачів та забезпечення достатньої кількості пунктів збору. До недоліків

потрібно віднести ризик некоректних звітних даних, недовіру між організаціями через можливе порушення конкуренції, складний вибір обслуговуючої організації зі збирання.

Сьогодні в розвинутих країнах світу діють різні варіації цієї моделі. Найпоширеніша з них – модель організацій, що конкурують, на основі екологічних платежів. Для того щоб забезпечити збирання відпрацьованих батарейок у деяких країнах (наприклад, у Болгарії, Латвії, Польщі) застосовують однаковий рівень збирання для кожної організації. Екологічний податок/платіж перетворюється на штрафний інструмент, який застосовується в разі, якщо організація не досягає поставленого рівня збирання. Досвід країн – членів ЄС показує, що досягнення високих показників рівня збирання – відпрацьованих батарейок та акумуляторів можливе за використання будь-якої моделі.

10.3. Законодавство ЄС та досвід роздільного збирання в країнах ЄС

У Європейському Союзі на сьогодні чинною є Директива 2006/66/ЄС з поправками, яка регулює процеси зберігання й утилізації використаних батарейок і акумуляторів – як побутових, так і електромобільних. Однак розвиток технологій спонукає європейське співтовариство до регулярних переглядів «батарейкових» директив. Нині проходить установлену законодавчу процедуру новий Регламент (ЄС) № 2020/0353, який скасовує Директиву 2006/66/ЄС та змінює Регламент (ЄС) № 2019/1020, що модернізує законодавство ЄС по батарейках для забезпечення їх «сталості, високопродуктивності та безпечності протягом усього їхнього життєвого циклу». Ця ініціатива вимагатиме від виробників, імпортерів та/або дистриб'юторів усіх типів акумуляторів на ринку ЄС внесення значних змін у маркування, управління кінцевим терміном служби та комплексну перевірку ланцюжка постачання [Procedure, 2020].

Новий Регламент зберігає наявні обмеження на використання небезпечних речовин в усіх батарейках і, зокрема, забороняє батарейки, що містять ртуть і кадмій. Крім того, мінімальні рівні переробленого вмісту в батарейках будуть введені в 2030, що в 2035 році будуть збільшені. Існують додаткові пропозиції щодо мінімальних

вимог до характеристик та довговічності (набувають чинності у 2026 та 2027 роках) та можливості заміни батарейок у побутових приладах (набув чинності у 2022 році). Пропонована постанова запроваджує посилені зобов'язання щодо роздільного збирання відпрацьованих батарей (з метою збору 70% до 2030 року для портативних батарей) та повну заборону на поховання відпрацьованих джерел живлення. Також будуть встановлені обов'язкові цілі щодо вилучення матеріалів з батарейок щодо кобальту, міді, нікелю, свинцю та літію [Procedure, 2020].

Проаналізуємо, які організаційні структури та економічні механізми лежать в основі результативних з погляду виконання вимог Директиви № 2006/66/Є національних систем поводження з відпрацьованими батарейками і акумуляторами країн ЄС.

Розглянемо особливості систем збирання портативних батарейок і акумуляторів у країнах ЄС, яки не тільки досягли мінімальної норми збирання (встановлено Директивою), а значно перевищили цю норму. Так, у Бельгії, Швейцарії, Швеції та Люксембурзі використовується модель єдиної організації (табл. 10.1, табл. 10.2).

Ключова роль у реалізації принципу розширеної відповідальності виробника належить *відповідальній за батарейки організації* (англ. – *Compliance Organisation for Batteries*). Ця організація забезпечує здійснення всіх операцій, що стосуються вимог відповідальності виробника, тобто гарантує, що батарейки будуть зібрані, розсортовані, пройдуть попередню обробку та переробку відповідно до положень національного законодавства [Eucobat, 2014]. Для виконання вимог Директиви № 2006/66/ЄС в частині управління життєвим циклом використаної батарейки така організація забезпечує роздільне збирання, укладає субконтракти з перевізниками та переробними підприємствами. Вони також роблять звіти для міністерства щодо виконання вимог директиви [Eucobat, 2014].

Таких організацій в країні може бути декілька, тоді мова йде про використання моделі організацій, що конкурують. Така модель використовується в Австрії та Словаччині (див. табл. 10.2). Роздільне збирання, перевезення та перероблення відпрацьованих батарейок здійснюються відповідальною організацією від імені її членів, тобто виробників батарейок. Фінансові зобов'язання щодо забезпечення здійснення зазначених операцій розподіляються серед виробників пропорційно частці батарей і акумуляторів, роз-

Таблиця 10.1. Організаційно-економічні аспекти схем збирання відпрацьованих елементів живлення для Швейцарії, Швеції і Люксембургу

Описові характеристики схеми	Країна		
	Швейцарія	Швеція	Люксембург
1	2	3	4
Модель збирання відпрацьованих батарейок	модель єдиної організації	модель єдиної організації	модель єдиної організації
Відповідальна організація/ організації	INOBAT	El Kretsen	Ecobatterien
Учасники організації процесу збирання	виробники окремо проданих батарейок; виробники умонтованих в обладнання батарейок, дистриб'ютори, муніципалітети	Муніципалітети, виробники, дистриб'ютори, організації, які збирають батарейки	Виробники, дистриб'ютори, муніципалітети
Забезпечення мережі пунктів збирання	муніципальні пункти, дистриб'ютори, добровільні центри збирання, що обслуговуються INOBAT, підприємства, пристрої для демонтування ВЕЕО ²	муніципальні пункти, дистриб'ютори, підприємства, пристрої для демонтування ВЕЕО	муніципальні пункти, дистриб'ютори, школи, підприємства, пристрої для демонтування ВЕЕО, мобільні пункти збирання
Усього пунктів збору батарейок, од.	12 000	10 000	640
Кількість жителів на один пункт, ос.	660	970	800
Ключова роль в організації збирання	муніципальні пункти збирання – 50% ²	муніципальні пункти збирання – 70%	муніципальні пункти збирання – 43%
Фінансування операцій	плата за переробку становить 3 316 євро/тонну до 2014 р. ² , 918 євро/тонну до 2016 р.	–	–
Витрати на заходи для інформування населення ³	25% цільового фонду	–	–

¹ Спеціальні пристрої для демонтування відпрацьованого електричного та електронного обладнання (англ. – WEEE dismantlers).

² Частка зібраних батарейок, %.

³ Заходи, спрямовані на формування раціональної поведінки кінцевих споживачів.

Складено на основі джерел: [Update, 2014; The official, EPBA; The official, El Kretsen; The official, Ecobatterien]

Таблиця 10.2. Організаційно-економічні аспекти схем збирання відпрацьованих елементів живлення для Бельгії, Австрії і Словаччини

Описові характеристики схеми	Країна		
	Бельгія	Австрія	Словаччина
1	5	6	7
Модель збирання відпрацьованих батарейок	модель єдиної організації	моделі організацій, що конкурують ¹	модель організацій, що конкурують
Національна організація/ організації	BEBAT	Intersoh Austria, ERA, ERP, UFH, CCR	ASEKOL, ZOS ESKO, SLOVMAS, NATUR ELEKTRO, SEWA
Учасники організації процесу збирання	відповідальна організація, виробники, дистриб'ютори, муніципалітети	муніципалітети, виробники, організації, які збирають батарейки, дистриб'ютори, clearing house	муніципалітети, економічні оператори, виробники окремо проданих батарейок, виробники батарейок умонтованих у ЕЕО, дистриб'ютори
Забезпечення мережі пунктів збирання	дистриб'ютори, муніципалітети, школи, підприємства, пристрої для демонтажу BEEO	дистриб'ютори, муніципалітети, школи, підприємства	дистриб'ютори, муніципалітети, школи, підприємства, пристрої для демонтажу BEEO
Усього пунктів збору батарейок, од.	24 000	23 000	–
Кількість жителів на один пункт, ос.	450	380	–
Ключова роль в організації збирання	муніципальні пункти – 27%, школи – 20%, підприємства – 31%	муніципальні пункти – 60%	–
Фінансування операцій	–	–	виробники зобов'язані сплачувати у Фонд ресайклінгу 6 310 євро/тонну
Витрати на заходи для інформування населення	–	0,05 євро/людину	–

¹ З 2008 року у країні відбувся перехід від моделі єдиної організації до моделі організацій, що конкурують.

² Спеціальні пристрої для демонтажу відпрацьованого електричного та електронного обладнання (англ. – WEEE dismantlers).

³ Частка зібраних батарейок, %.

⁴ Заходи, спрямовані на формування раціональної поведінки кінцевих споживачів.

Складено на основі джерел: [Update, 2014; The official, EPBA; The official, BEBAT]

міщених на ринку. При цьому поділ відповідальності по всьому ланцюжку створення вартості є невід'ємною частиною розширеної відповідальності виробника [Eucobat, 2014]. Наприклад, у Швеції муніципалітети фінансують заходи щодо інформування населення та організації збирання, а виробники – транспортування зібраних батарейок, їх попередню обробку і переробку [Updated, 2014].

На думку експертів European Portable Battery Association [Updated, 2014], досягти високого рівня збирання можна в разі впровадження будь-якої з наведених вище моделей. На прикладах країн, які вже досягли цільового показника, можна побачити, що всі обов'язки щодо забезпечення процесу роздільного збирання розподілені між її основними учасниками – організаціями, роздрібними торговцями, муніципалітетами. До факторів, які забезпечують ефективне функціонування системи роздільного збирання, можна віднести: встановлення пунктів збирання, регламентацію дій торговельних посередників щодо приймання відпрацьованих батарейок на безплатній основі, а також проведення інформаційно-роз'яснювальних заходів серед населення та ін. Для підвищення рівня збирання використаних портативних батарейок країни Європи використовують різні підходи та інструменти, ураховуючи інтереси кінцевого споживача. Так, у Бельгії індивідуальні сумки та коробки для накопичення батарейок є основним інструментом їх збирання -створення нормативно-правової бази у сфері поводження з відпрацьованими батарейками і акумуляторами, яка регулює всю послідовність операцій у ланцюжку поводження з ними, зокрема операцій щодо роздільного збирання;

- впровадження механізму розширеної відповідальності виробника, за яким усі учасники у виробничого ланцюжка є відповідальними за мінімізацію негативного впливу процесів використання батарейок та розміщення їх відходів на довілля та здоров'я людини;
- забезпечення централізованого здійснення всіх операцій з управління потоками відходів відповідальною за поводження з відпрацьованими батарейками організацією, яка гарантує їх збирання, розсортування, попередню обробку та перероблення відповідно до положень національного законодавства.

10.4. Законодавче регулювання та поводження з відпрацьованими хімічними джерелами струму в Україні

Сьогодні в користуванні українців перебуває близько 1 млрд батарейок. Щорічно утилізації підлягає не менше ніж 6 тис. тонн відпрацьованих елементів живлення [Довбуш, 2012]. Для утилізації відпрацьованих джерел струму в Україні функціонує державне підприємство «Аргентум» – єдине підприємство в Україні, що має великий досвід роботи з подібними матеріалами, володіє всім необхідним обладнанням і науково-дослідницькою базою, де разом з фахівцями Інституту неорганічної хімії Національного університету «Львівська політехніка» ведуться роботи з удосконалення технологій та методів утилізації батарейок.

Технологічний цикл утилізації батарейок на ДП «Аргентум» містить такі етапи:

- ручне сортування батарейок за групами;
- подрібнення сортованих батарейок;
- суха або мокра сепарація наявних матеріалів;
- застосування різних технологічних схем для вилучення металів – цинку, нікелю, літію, хлоридних та марганцевих сполук.

Застосування «сухої» технології, за словами розробників, є максимально екологічним, адже воно не передбачає жодних викидів в атмосферу, кислоти, що застосовуються в цій технології використовуються повторно, а із твердих речовин залишаються картон, пластик, смола та клеї. На жаль, наявність відповідної технології для утилізації відпрацьованих джерел живлення не вирішує проблеми, оскільки переробка на ДП «Аргентум» здійснюється в лабораторному режимі, а для промислових масштабах не вистачає сировини, оскільки в Україні досі не запроваджено систему роздільного збирання цього типу відходів.

Вирішення проблеми організації збирання батарейок в Україні, враховуючи європейський досвід, полягає в необхідності здійснення низки заходів, з яких ключовими два:

- 1) забезпечення кінцевих користувачів зручними засобами для повернення відпрацьованих батарейок;
- 2) активізація інформаційно-роз'яснювальної роботи муніципалітетів з населенням з метою формування раціональної поведінки кінцевих користувачів.

В Україні поки що немає жодного закону, що регламентує порядок дій із батарейками та акумуляторами, що вийшли з ладу. Закон «Про хімічні джерела струму», який діє сьогодні, стосується лише тих джерел живлення, ємність яких більше 7 А/год. Натомість розвинені країни вже близько тридцяти років успішно на законодавчому рівні вирішують питання поводження з відпрацьованими джерелами струму.

Законодавство України у сфері поводження з батарейками і акумуляторами (визначено ст. 3 Закону України «Про хімічні джерела струму») частково відповідає європейському. На жаль, в Україні відсутня цілісна система нормативно-правових актів, яка регламентує всю послідовність операцій поводження з відпрацьованими елементами живлення. Після прийняття Закону України «Про хімічні джерела струму» відпрацьовані батарейки не мають правового статусу «відходів» (Закон України «Про відходи»), а визначаються як «хімічні джерела струму», до яких мають бути застосовані системи поводження, які відповідають вимогам цього закону. Зазначений закон регламентує тільки деякі операції, пов'язані із поводженням з відпрацьованими небезпечними хімічними джерелами струму (ст. 17 – заборону виробництва (імпорту) хімічних джерел струму, які містять важкі метали (ртуть, свинець, кадмій), кількість яких перевищує нормативні значення, встановлені директивою № 2006/66/ЄС;

- поступове заміщення батарейок, що містять важкі метали в межах нормативних значень, встановлених директивою № 2006/66/ЄС, батарейками, виробленими з безпечних речовин;
- зміну структури виробництва (імпорту) і споживання (використання) батарейок у напрямі збільшення частки тих, які не містять небезпечних речовин;
- зміну структури виробництва (імпорту) і споживання (використання) батарейок у напрямі збільшення частки тих, які мають більший електрохімічний ресурс;
- впровадження сучасних високоефективних систем збирання відпрацьованих батарейок; використання найбільш екологічно безпечних технологій виробництва батарейок;
- використання найбільш екологічно безпечних технологій та методів утилізації відпрацьованих батарейок.

Для впровадження ефективної системи поводження з відпрацьованими портативними батарейками і акумуляторами в Україні, у сфері нормативно-правового регулювання мають бути першочергово здійснені такі заходи [Shevchenko et al., 2017]:

- розроблення та прийняття нового загального нормативно-правового документа, що стосується всіх типів відходів, виходячи з положень Рамкової директиви № 2008/98/ЄС «Про відходи»;
- внесення змін у чинний в Україні Закон «Про хімічні джерела струму», які відповідно до норм Директиви 2006/66/ЄС «Про батарейки і акумулятори та відходи батарейок і акумуляторів» забезпечать урегулювання всіх операцій з життєвого циклу хімічного елемента живлення від моменту його виготовлення до моменту захоронення неутилізованого залишку;
- урегулювання питання щодо створення спеціальних полігонів для неутилізованого залишку хімічних джерел струму на основі вимог Директиви 1999/31/ЄС «Про захоронення відходів».

Сьогодні розвинені країни світу демонструють успішний досвід ефективного вирішення питання поводження з відходами електронного та електричного обладнання та відпрацьованих джерел живлення шляхом впровадження державної політики, орієнтованої на принципи циркулярної економіки. Переорієнтація існуючих в нашій державі методів господарювання в системі поводження з відходами, зокрема з відпрацьованими джерелами живлення, на засади циркулярної економіки забезпечить попередження забруднення довкілля та збереження цінності матеріалів і виробів в економічній системі якомога довше.

Література

1. Довбуш Е. Куда украинцам девать отработанные батарейки. Великая Эпоха. (2012). URL: <https://www.epochtimes.com.ua/ru/ukraine/society/kuda-ukrayntsam-devat-otrabotann-e-batareyky-105367.html>
2. Інтернет-портал проекту «Батрейки, здавайтеся!». URL: <https://batareiky.in.ua/>
3. Кравченко В. А., Бондар І. Л., Муравйова Н. В. та ін. Проведення досліджень щодо безпечного поводження з компонентами (складовими) небезпечних відходів у складі побутових відходів : Звіт про науково-дослідну роботу від 16.05.2013 № 1-17/59-2013 (заключний). Київ : НДКТИ МГ, 2013. 63 с.

4. Шуптар-Пориваєва Н. Й. Класифікація відпрацьованих джерел живлення як одна з умов реалізації стратегії поводження з електронними відходами. *Економічні проблеми сталого розвитку*: тези допов. міжнар. наук.-практ. конф., м. Суми, 16–18 квітня 2019 р. Суми, 2019b. С. 84–86.
5. Шуптар-Пориваєва Н. Й. Організаційно-економічні засади формування системи поводження з електронними відходами : дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук : спец. 08.00.06 «Економіка природо-користування та охорони навколишнього середовища». Одеса, 2019a. 194 с.
6. Directive No 2006/66/EC of the European Parliament and of the Council of 6 September 2006 on batteries and accumulators and waste batteries and accumulators and repealing Directive No 91/157/EC. URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:266:0001:0014:EN:PDF>
7. Directive No 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives. URL: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32008L0098>
8. Eucobat Position Paper – Responsibilities for the collection of portable batteries (2014). The official website of Eucobat. URL: <http://www.eucobat.eu/downloads>
9. Procedure 2020/0353/COD. Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL concerning batteries and waste batteries, repealing Directive 2006/66/EC and amending Regulation (EU) No 2019/1020. URL: https://eur-lex.europa.eu/procedure/EN/2020_353
10. Shevchenko T., Koblianska I., Markova O. Waste portable batteries and accumulators' management in compliance with European Union requirements in Ukraine: Present state and high priority activities. *Journal of Environmental Management and Tourism*. 2017. Vol. VIII, spring, 1(17). P. 232–246. URL: [https://doi.org/10.14505/jemt.v8.1\(17\).22](https://doi.org/10.14505/jemt.v8.1(17).22)
11. Shevchenko T., Saidani M., Danko Y. et al. Towards a Smart E-Waste System Utilizing Supply Chain Participants and Interactive Online Maps. *Recycling*, MDPI. 2021. Vol. 6(1). P. 8. URL: <https://doi.org/10.3390/recycling6010008>
12. Shuptar-Poryvaieva N., Gubanova E., Andryeyeva N., Shevchenko T. Examining of portable batteries externalities with focus on consumption and disposal phases. *Ekonomia i Srodowisko*. 2020. Vol. 4(75), P. 8–22. URL: <https://www.ekonomiaisrodowisko.pl/uploads/nr75.pdf>
13. The official website of European Portable Battery Association. URL: <http://www.epbaeurope.net/>
14. The official website of El Kretsen. URL: <http://www.el-kretsen.se/english/>

15. The official website of Ecobatterien. URL: <http://www.ecobatterien.lu/>
16. The official website of Bebat. URL: <http://www.bebat.be/>
17. The annual report Recupel. Waste electronic and electrical equipment in Belgium. 2014. URL: <http://www.recupel.be/the-annual-reports-recupel.html>
18. Updated European Portable Battery Association Study on the Collection of Waste Portable Batteries in Europe. 2014. December. 245 p. URL: http://www.epbaeurope.net/pub_technicalSupport.html

Словник

Аеробне перероблення – процес розкладання органічних речовин в аеробних (з доступом кисню) умовах [EMF, 2022].

Анаеробне перероблення – процес розкладання органічних речовин за відсутності кисню [EMF, 2022].

Аналіз матеріальних потоків (англ. – *material flow accounts*, або MFA) – кількісне визначення потоків маси та енергії в системах – від промислових підприємств до глобальної економіки.

Апсайклінг (англ. – *upcycling*) – перероблення будь-яких використаних виробів у такий спосіб, щоб отриманий продукт мав більшу цінність, ніж оригінальний.

Біорозкладний пластик (англ. – *biodegradable plastics*) – розкладається в певних умовах наприкінці терміну служби [EU policy, 2022].

Біомімікрія (англ. – *biomimicry*) – нова дисципліна, яка вивчає найкращі ідеї природи, а потім імітує ці розробки та процеси для вирішення людських проблем [Benyus, 1997].

Біогенний цикл (англ. – *biological cycle*) – цикл у моделі циркулярної економіки, у якому матеріали, що розкладаються, повертаються в довкілля за допомогою таких процесів, як компостування та анаеробне перероблення [EMF, 2022].

Бізнес-моделі кругової економіки (англ. – *circular business model*) – обрана організацією система взаємопов'язаних і взаємозалежних рішень і дій, яка визначає, як вона створює, доставляє та фіксує цінність протягом короткого, середнього та довгострокового періоду [BS 8001:2017, 2017].

Відновлення (англ. – *recovery*) – діяльність, основною метою якої є забезпечення того, щоб використані продукти, компоненти або матеріали служили корисним цілям шляхом заміни на інші нові продукти, компоненти або матеріали, які мали б використовуватися для цієї мети, або були підготовлені для досягнення цієї мети на підприємстві чи в економіці загалом [BS 8001:2017, 2017].

Відходи електричного та електронного обладнання (англ. – *waste electrical and electronic equipment*) – електричне або електронне обладнання, що є відходами, включаючи всі компоненти, вузли та витратні

матеріали, які є частиною виробу на момент його утилізації [*Directive, 2012/19/EU*].

Вторинна сировина – речовини та матеріали, отримані в процесі перероблення побутових відходів, з яких може вироблятися продукція або які можуть використовуватися як продукція/сировина [*Постанова № 683 від 25.05.2017*].

Відпрацьовані джерела живлення – хімічні джерела струму, непридатні для експлуатації за рішенням споживача через фізичний, моральний знос, непоправний брак або з інших причин, які потребують належного поводження [*Закон України «Про хімічні джерела струму», 2006*].

Відходи – будь-які речовини, матеріали і предмети, що утворилися в процесі виробництва або споживання, а також товари (продукція), що повністю або частково втратили свої споживчі властивості і не мають подальшого використання за місцем їх утворення чи виявлення і від яких їх власник позбувається, має намір або повинен позбутися шляхом утилізації чи видалення [*Закон України про відходи*].

Відходи як вторинна сировина – відходи, для утилізації та переробки яких в Україні існують відповідні технології та виробничо-технологічні і/або економічні передумови [*Закон України про відходи*].

Державний класифікатор відходів – систематизований перелік кодів та назв відходів, призначений для використання в державній статистиці з метою надання різнобічної та обґрунтованої інформації про утворення, накопичення, оброблення (перероблення), знешкодження та видалення відходів [*Закон України про відходи*].

Дизайн від колуки до колуки (англ. – *cradle to cradle design*) – інноваційний підхід до розроблення продуктів і систем, який моделює системи виробництва на основі природних процесів, де матеріали розглядаються як поживні речовини, що циркулюють у системі «виробництво – споживання» [*Braungart et al., 2006*].

Екологічний дизайн (англ. – *ecodesign*) – інтеграція екологічних аспектів у дизайн і розроблення продукту з метою зменшення негативного впливу на навколишнє середовище протягом життєвого циклу продукту [*BS 8001:2017, 2017*].

Економіка спільного використання (англ. – *sharing economy*) – розгортання моделей на основі доступності для ринків, щоб забезпечити доступ до продуктів і послуг. Економіку спільного використання також можна назвати спільним споживанням [*BS 8001:2017, 2017*].

Економічна відповідальність виробника – виробник/імпортер покриває всі витрати або їх частину, пов'язані зі збиранням, переробленням або кінцевою утилізацією використаних продуктів [*Губанова, 2014*].

Економіка спільного використання (англ. – *sharing economy*) – це економічна модель, що визначається як діяльність на основі однорангового зв'язку (P2P), яка полягає в придбанні, наданні або спільному доступі до товарів і послуг, що часто здійснюється за допомогою онлайн-платформи, заснованої на спільноті [Hamari et al., 2016].

Екологічна свідомість – одне з ключових понять екологічної психології, що означає вищий рівень психічного відображення природного, штучного, соціального середовища та внутрішнього світу людини, саморегуляцію цього відображення та усвідомлення місця і ролі людини в реальному світі [Енциклопедія Сучасної України, 2022].

Екологічне маркування (англ. – *environmental label*) – надає інформацію про продукт або послугу з погляду загальних переваг для навколишнього середовища, наприклад, можливість перероблення упаковки або відсутність шкідливих компонентів [ISO 14020:2022, 2022].

Зворотне засипання, або зворотне заповнення (англ. – *backfilling*) – означає операцію з утилізації, за якої відповідні відходи використовуються для рекультивациі територій або для інженерних цілей у ландшафтному дизайні як альтернатива первинним матеріалам.

Замкнена система (англ. – *closed loop system*) – система, в якій продукти, компоненти або матеріали повторно використовуються або переробляються організацією або групою організацій, що співпрацюють, у ті самі або подібні продукти, компоненти чи матеріали з мінімальною втраченою кількістю, якості або функцій [BS 8001:2017, 2017].

Зелена економіка (англ. – *green economy*) – господарська діяльність, яка підвищує добробут людей та забезпечує соціальну справедливість і водночас істотно знижує ризики для довкілля та збіднення природи [Резолюція ООН № A/RES/52/2].

Збирання і заготівля відходів як вторинної сировини – діяльність, пов'язана зі збиранням, купівлею, прийманням, зберіганням, обробленням (переробленням), перевезенням, реалізацією і постачанням таких відходів переробним підприємствам на утилізацію, а також надання послуг у цій сфері [Закон України про відходи].

Збирання відходів – діяльність, пов'язана з вилученням, накопиченням і розміщенням відходів у спеціально відведених місцях чи об'єктах, зокрема сортування відходів з метою подальшої утилізації чи видалення [Закон України про відходи].

Запобігання утворенню відходів – досягається реалізацією таких заходів: 1) заохочення та підтримка сталого виробництва і споживання продукції; 2) заохочення проектування, виробництва та використання ресурсоефективної та більш довговічної продукції, зокрема подовження

терміну її використання, а також продукції, придатної до ремонту, повторного використання та модернізації; 3) виділення з відходів сировини, яка може бути використана повторно; 4) забезпечення доступності запасних частин, інструкцій з експлуатації, технічної інформації чи інших інструментів, обладнання або програмного забезпечення, що дозволяють проводити ремонт і забезпечують повторне використання продукції без зниження рівня її якості та безпечності функціонування; 5) зменшення обсягів утворення відходів з урахуванням впровадження найкращих доступних технологій і методів управління в процесі промислового виробництва; 6) зменшення вмісту небезпечних речовин у продукції відповідно до технічних регламентів; 7) зменшення утворення відходів, непридатних з технічних чи економічних причин до рециклінгу або інших операцій з відновлення відходів; 8) визначення продукції, яка є основним джерелом засмічення навколишнього природного середовища, та вжиття відповідних заходів для запобігання та зменшення утворення відходів такої продукції; 9) проведення інформаційних кампаній для підвищення обізнаності громадськості з питань запобігання утворенню відходів та забрудненню навколишнього природного середовища; 10) створення суб'єктами господарювання, органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування відповідно до компетенції та забезпечення діяльності пунктів приймання відходів продукції для ремонту та підготовки їх до повторного використання; 11) зменшення обсягів утворення відходів харчових продуктів у роздрібних та інших торговельних мережах, закладах громадського харчування та домогосподарствах [Закон України про управління відходами, ст. 5].

Індустріальний симбіоз – це сукупність міжфірмових відносин, у яких відходи одних підприємств стають ресурсами чи енергією інших [Yeo et al., 2019].

Ієрархія циркулярних стратегій (англ. – *circular strategies hierarchy*) – різні стратегії зменшення споживання природних ресурсів і матеріалів та мінімізації утворення відходів, які впорядковані за пріоритетністю відповідно до рівнів циркулярності [Potting, 2017].

Індустріальний метаболізм (англ. – *industrial metabolism*) – інтегрована сукупність фізичних процесів, що перетворюють сировину та енергію, а також працю на готові продукти та відходи [Ayres, 1994].

Індикатори циркулярної економіки (англ. – *circular economy indicators*) – ключові показники ефективності, що дозволяють організаціям відстежувати свій прогрес на шляху до досягнення цілей циркулярної економіки.

Індустріальна екологія – це інструмент реалізації цілей екологічної політики в промислових галузях економіки, що фокусується на синергії

між організаціями для повторного використання промислових відходів [Wareham et al., 2014].

Ієрархія управління відходами (англ. – *waste management hierarhy*) – впроваджується центральними та місцевими органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування, підприємствами, установами та організаціями з метою (у порядку пріоритетності): запобігання утворенню відходів; підготовки відходів до повторного використання; рециклінгу; відновлення відходів (у тому числі виробництва енергії); видалення відходів [Закон України про управління відходами, ст. 4].

Інформаційна відповідальність виробника – зобов'язує інформувати споживачів про екологічні властивості продукції, що виробляється ним, а також про те, як використовувати й остаточно утилізувати продукт та/або його упаковку, заподіюючи найменшу втрату навколишньому середовищу [Губанова, 2014].

Каскад (англ. – *cascade/cascading*) – багаторазове використання ресурсу, як правило, зі зменшенням кількості та якості на кожному наступному етапі/циклі [BS 8001:2017, 2017].

Компенсаційна відповідальність виробника – передбачає відповідальність виробника/імпортера за прямий екологічний збиток, який завдається його продукцією на різних стадіях життєвого циклу, включаючи використання та кінцеву утилізацію [Губанова, 2014].

Компостування – це природний аеробний процес розкладання органічних відходів в аеробних умовах за участю біологічних організмів.

Лінійна економіка (англ. – *linear economy*) – традиційна модель економіки, за якою для виробництва продукції та/або послуг використовуються сировина, яка в подальшому не відновлюється.

Ланцюжок поставок (англ. – *circular supply chain*) – послідовність дій або сторін, які надають продукти чи послуги організації [BS 8001:2017, 2017].

Медичні відходи – відходи, що утворюються внаслідок діяльності з медичного обслуговування або ветеринарної практики, здійснення експертиз та досліджень у сфері охорони здоров'я, ветеринарної медицини, у тому числі наукових або дослідницьких робіт [Закон України про управління відходами].

Небезпечні відходи – відходи, що мають одну чи більше властивостей, що роблять їх небезпечними, наведених у Переліку властивостей, що роблять відходи небезпечними [Закон України про управління відходами].

Національна програма запобігання утворенню відходів – 1. Національна програма запобігання утворенню відходів розробляється на період 10 років центральним органом виконавчої влади, що

забезпечує формування державної політики у сфері охорони навколишнього природного середовища, та затверджується Кабінетом Міністрів України. 2. Національна програма запобігання утворенню відходів визначає: 1) цільові показники запобігання утворенню відходів; 2) перелік заходів, спрямованих на запобігання утворенню відходів; 3) перелік організаційно-економічних інструментів, що мають бути запроваджені для виконання визначених завдань; 4) перелік показників оцінки досягнення цілей та виконання заходів щодо запобігання утворенню відходів, що дають змогу здійснювати моніторинг та оцінку стану виконання програми [Закон України про управління відходами].

Оцінка життєвого циклу (англ. – *Life Cycle Assessment*, або *LCA*) – це метод систематичної оцінки потенційного впливу продукту, процесу чи послуги на навколишнє середовище протягом їх життєвого циклу [ISO 14040:2006].

Організація, яка виконує зобов'язання з розширеної відповідальності від імені виробника або організація розширеної відповідальності виробника): 1) забезпечує утворювачів відходів послугами з приймання та збирання відходів, що утворилися внаслідок використання продукції; 2) забезпечує досягнення встановлених законодавством цільових показників щодо збирання, підготовки відходів до повторного використання та рециклінгу або іншого відновлення відходів; 3) повинна мати достатню фінансову та організаційну спроможність для виконання таких зобов'язань; 4) забезпечує щорічне проведення зовнішнього незалежного аудиту фінансової звітності відповідно до законодавства та оприлюднює відповідні аудиторські звіти; 5) оприлюднює інформацію про стан досягнення цільових показників щодо збирання, підготовки відходів до повторного використання та рециклінгу або іншого відновлення; 6) оприлюднює інформацію про своїх засновників та членів, розмір фінансових внесків, сплачених виробниками на одиницю або на тону виробленої продукції, введеної в обіг, процедуру відбору суб'єктів господарювання, що надають послуги із збирання та оброблення відходів; 7) проводить роз'яснювальну та просвітницьку роботу серед населення, у тому числі в закладах освіти, щодо управління відходами від продукції, на яку поширюється розширена відповідальність виробника [Закон України про управління відходами].

Операції поводження з відходами – збирання, перевезення, зберігання, сортування, оброблення (перероблення), утилізація, видалення, знешкодження і захоронення відходів [Закон України про відходи].

Поводження з відходами (англ. – *waste management*) – процеси та дії, необхідні для поводження з відходами з моменту їх утворення до остаточного видалення [Глосарій ООН, 1997].

Продуктивна економіка, або економіка функціональних послуг (англ. – *performance economy*) – розвиває ідею циркулярної економіки в межах виробничих процесів, визначаючи чотири основні напрями, зокрема: подовження життєвого циклу продукту, створення довговічних продуктів, можливість відновлення їх споживчих властивостей і запобігання забрудненню довкілля. Продуктивна економіка також передбачає переосмислення ідеї купівлі та продажу виробів, пропонуючи розглядати товар як послугу [Walter Stahel, 2010].

Продукт кругової економіки (англ. – *circular product*) – продукт, виріб або речовина, які пропонуються для продажу або є частиною послуги, що надається організацією [BS 8001:2017, 2017].

Перероблення (англ. – *recycle/recycling*) – процес оброблення викинутого або використаного продукту, компонента чи матеріалу для використання в майбутньому продукті, компоненті чи матеріалі [BS 8001:2017, 2017].

Повторне використання (англ. – *reuse*) – операція, за допомогою якої продукт, компонент або матеріал можна використовувати знову без необхідності будь-якого повторного оброблення [BS 8001:2017, 2017].

Промислові відходи (англ. – *industrial waste*) – рідкі, тверді та газоподібні відходи, що утворюються в результаті промислового виробництва продукції [Глосарій ООН, 1997].

Поводження з відходами – дії, спрямовані на запобігання утворенню відходів, їх збирання, перевезення, сортування, зберігання, оброблення, перероблення, утилізацію, видалення, знешкодження і захоронення, включаючи контроль за цими операціями та нагляд за місцями видалення [Закон України про відходи].

Плани управління відходами – розробляються на національному, регіональному та місцевому рівнях, а також на рівні підприємств, організацій та установ. Національний план управління відходами розробляється з метою визначення екологічних, суспільно-політичних, інституційних, організаційно-технічних, регуляторних, технологічних заходів, спрямованих на реалізацію державної політики у сфері управління відходами, визначення відповідальних виконавців і строків здійснення заходів, джерел та обсягів фінансового забезпечення, засобів контролю за станом здійснення заходів та проведення моніторингу результатів їх впровадження у сфері управління відходами. Регіональні плани управління відходами розробляються для кожної області протягом року після набрання чинності Національним планом управління відходами. Місцеві плани управління відходами розробляються та затверджуються для кожної територіальної громади. [Закон України про управління відходами, ст. 49–52].

Перевезення відходів – операція, що полягає в транспортуванні відходів від місця їх утворення до об'єкта оброблення відходів, а також від одного місця/об'єкта до іншого [Закон України про управління відходами].

Побутові відходи – відходи, що утворюються в процесі життя і діяльності людини в житлових та нежитлових будинках (тверді, великогабаритні, ремонтні, рідкі, крім відходів, пов'язаних з виробничою діяльністю підприємств) і не використовуються за місцем їх накопичення [Закон України про відходи].

Пластик для компостування (англ. – *compostable plastics*) – підгрупа біологічних пластиків, зазвичай утилізується в промислових компостних установках, його потрібно збирати окремо. Біорозкладний і компостований пластик може бути виготовлений з органічних матеріалів або викопної сировини. Цей вид пластику потрібно використовувати в разі, якщо неможливо зменшити традиційні пластики на основі нафтопродуктів [EU policy, 2022].

Послуги з вивезення побутових відходів – збирання, зберігання та перевезення побутових відходів, що здійснюються в населеному пункті згідно з правилами благоустрою, затвердженими органом місцевого самоврядування [Закон України про відходи].

Послуги з перероблення (оброблення) побутових відходів – здійснення будь-яких технологічних операцій, пов'язаних із зміною фізичних, хімічних чи біологічних властивостей побутових відходів, з метою підготовки їх до екологічно безпечного зберігання, перевезення, утилізації чи видалення [Закон України про відходи].

Пластик з органічних матеріалів (англ. – *biobased plastics*) є повністю або частково виготовленим з органічних матеріалів, а не з викопної сировини, і вони не обов'язково підлягають біорозкладанню чи компостуванню. У цьому контексті, важливо аналізувати повний життєвий цикл біопластику задля обґрунтування його безпеки для навколишнього середовища, крім скорочення використання викопних ресурсів [EU policy, 2022].

Роздільне збирання відходів (англ. – *separate collection of municipal waste*) – метод збирання, за якого потоки відходів відокремлюються за типом і характером з метою полегшення специфічного поводження з ними [Directive 2018/851].

Ремануфактуринг (англ. – *remanufacturing*) – відновлення виробу відповідно до специфікацій його первісного виготовлення з використанням комбінації повторно використаних, відремонтованих і нових частин [Johnson and McCarthy, 2014].

Ресайклінг (англ. – *recycling*) – процес збирання та перероблення матеріалів, які в іншому випадку були б викинуті як сміття, і перетворення їх на нові продукти [*Environmental Protection Agency, 2022*].

Розширена відповідальність виробника – комплекс економічних, фінансових, адміністративних та організаційних заходів для забезпечення відповідальності виробників певних видів продукції за управління стадією відходів у життєвому циклі продукції [*Закон України про управління відходами*].

Споживання відповідно до кругової економіки (англ. – *circular consumption*) – дія використання ресурсу. Прикладом споживання є видобуток і збирання ресурсів з екосистем і шахт разом з подальшою їх утилізацією [*BS 8001:2017, 2017*].

Стратегія кругової економіки (англ. – *circular strategies*) – підхід високого рівня, прийнятий для досягнення довгострокового або загального бачення чи цілі. Стратегія, як правило, не визначає, як організація має досягти своєї довгострокової чи загальної мети чи бачення в деталях. Вона може існувати на різних рівнях організації: може стосуватися всієї організації, бути специфічною для відділу чи групи [*BS 8001:2017, 2017*].

Індустріальний симбіоз (англ. – *industrial symbiosis*) – сукупність міжфірмових відносин, у яких відходи одних підприємств стають ресурсами чи енергією інших [*Yeo et al., 2019*].

Сортування відходів – операція, пов'язана з механічним розподілом відходів залежно від їхніх фізико-хімічних властивостей, матеріальних складових, енергетичної цінності, інших показників з метою їх підготовки до оброблення [*Закон України про управління відходами*].

Система розширеної відповідальності виробника – охоплює: 1) приймання та/або збирання на всій території України відходів, що утворилися внаслідок використання продукції, а також подальше управління цими відходами та фінансову відповідальність за таку діяльність; 2) інформування утворювачів відходів від продукції, на яку поширюється розширена відповідальність виробника, про заходи, яких вони можуть вживати для запобігання утворенню відходів, про придатність відходів до повторного використання та рециклінгу, про наявні системи для приймання та роздільного збирання відходів, що утворилися внаслідок використання продукції; 3) здійснення заходів для розроблення продукції та її складових (компонентів) з урахуванням мінімізації негативного впливу на здоров'я людей та навколишнє природне середовище, запобігання та зменшення обсягів утворення відходів у процесі виробництва та використання продукції, виробництва довговічної продукції, придатної для ремонту та повторного використання, а також максимального

залучення у виробництво вторинної сировини [Закон України про управління відходами, ст. 10).

Сортування відходів – механічний розподіл відходів за їхніми фізико-хімічними властивостями, технічними складовими, енергетичною цінністю, товарними показниками тощо з метою підготовки відходів до їх утилізації чи видалення [Закон України про відходи].

Стратегія зменшення використання ресурсів (англ. – *Reduce*) – полягає у зменшенні використання енергії, матеріалів та інших ресурсів на етапах підготовки та безпосередньо виробництва і, відповідно, мінімізації відходів на етапі використання продукту [Van Buren, 2016].

Стратегія повторного використання (англ. – *Reuse*) – полягає у вторинному використанні продукту, що втратив свою цінність для одного користувача, проте може бути використаний іншим задля зменшення використання первинних ресурсів і матеріалів [Van Buren, 2016].

Стратегія перероблення задля отримання вторинних матеріалів (англ. – *Recycling*) – передбачає процес перероблення відходів та залишкових матеріалів для отримання сировини того самого рівня якості або нижчого [Van Buren, 2016].

Стратегія перепроєктування (англ. – *Redesign*) – процес розроблення продуктів наступного покоління, у яких використовуються компоненти та ресурси, вилучені з попереднього життєвого циклу або продуктів попереднього покоління без втрати функціональності [Van Buren, 2016].

Стратегія ремануфактурінгу (англ. – *Remanufacturing*) – використання частин продукту, що вийшов з ладу, в новому продукті з тим самим призначенням [Van Buren, 2016].

Стратегія відмови (англ. – *Refuse*) – скорочення надлишкового споживання товарів шляхом повної відмови від їхнього функціоналу або шляхом передачі їх функціоналу іншим виробам [Van Buren, 2016].

Стратегія відновлення виробу (англ. – *Refurbishing*) – оновлення та/або відновлення старого, але справного продукту при збереженні незмінною більшої його частини, наприклад, оновлення картриджів, ремонт будівель та споруд, важкої техніки та ін. [Van Buren, 2016].

Стратегія перепрофілювання (англ. – *Repurpose*) – використання несправного продукту та його частин у новому продукті з іншим призначенням. Ця стратегія частіше за все має місце у сфері дизайну [Van Buren, 2016].

Стратегія ремонту (англ. – *Repair*) – ремонт та обслуговування несправного продукту з метою продовження терміну його служби [Van Buren, 2016].

Стратегія переосмислення (англ. – *Rethink*) – переосмислення життєвого циклу продукту і використання сировини шляхом підвищення

інтенсивності використання продукту шляхом його спільного використання або перепродажу [Van Buren, 2016].

Традиційні пластики – пластики, що виготовляються з природних матеріалів, таких як целюлоза, вугілля, природний газ, сіль та сира нафта, у процесі полімеризації або поліконденсації.

Тверді побутові відходи (англ. – *solid household waste*) – відходи, які утворюються в процесі життя і діяльності людини та накопичуються в житлових будинках, закладах соціальної культури, громадських, навчальних, лікувальних, торговельних та інших закладах (це харчові відходи, предмети домашнього вжитку, сміття, опале листя, відходи від прибирання і поточного ремонту квартир, макулатура, скло, метал, полімерні матеріали тощо) і не мають подальшого використання за місцем їх утворення [Правила надання послуг із збирання та вивезення твердих побутових відходів, затверджені наказом Держбуду України від 21.03.2000 № 54].

Техногенний цикл (англ. – *technical cycle*) – цикл у моделі циркулярної економіки, через які проходять матеріали для того, щоб постійно підтримувати їх максимально можливу цінність. Матеріали, придатні для цих процесів, – це ті, що не споживаються під час використання, наприклад, метали, пластмаси та деревина [EMF, 2017].

Транскордонне перевезення відходів – транспортування відходів з території або через територію України на територію або через територію іншої держави [Закон України про відходи].

Утилізація відходів – використання відходів як вторинних матеріальних чи енергетичних ресурсів [Закон України про відходи].

Фізична відповідальність виробника – це відповідальність виробника за безпосереднє збирання та остаточну утилізацію своєї продукції, індивідуально або колективно [Губанова, 2014].

Циркулярний ланцюжок поставок (англ. – *circular supply chain*) – послідовність дій або сторін, які надають продукти або послуги організації [BS 8001:2017, 2017].

Циркулярна економіка (англ. – *circular economy*) – це індустріальна система, яка відновлюється завдяки дизайну та спрямована на використання відновлюваної енергії, усунення використання токсичних хімічних речовин та попередження утворення відходів шляхом досконалого дизайну матеріалів, виробів, систем та бізнес-моделей [EMF, 2017].

Нотатки

Навчальне видання

Шевченко Тетяна Іванівна
Шуптар-Пориваєва Наталія Йосипівна
Губанова Олена Ростиславівна та ін.

ЦИРКУЛЯРНА ЕКОНОМІКА

Навчальний посібник

Макет В.Б. Гайдабрус

Підписано до друку 23.12.2022

Формат 60x84 1/16. Папір офсетний

Друк цифровий. Ум. друк. арк. 12,79. Обл.-вид. арк. 11,75

Тираж 300 прим. Замовлення № 05-02/022

Відділ реалізації. Тел.: (067) 542-08-01. E-mail: info@book.sumy.ua

ПФ «Видавництво «Університетська книга»»

40000, м. Суми, площа Покровська, 6

Тел.: (0542) 65-75-85. E-mail: publish@book.sumy.ua

www.book.sumy.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7461 від 05.10.2021
Віддруковано на обладнанні ПФ «Видавництво «Університетська книга»»