

DOI 10.31558/2307-2318.2025.4.23

УДК 338.45:504.06:620.9

JELClassification: Q01, Q53, Q55, O14, O33

Ульяненко Д. В.,

аспірант кафедри менеджменту та поведінкової економіки,
Донецький національний університет імені Василя Стуса

d.ulianenko@donnu.edu.ua

РОЗВИТОК ТЕХНОЛОГІЙ РЕЦИКЛІНГУ В РАМКАХ ТРАНСФОРМАЦІЇ ПРОМИСЛОВОСТІ ДО МОДЕЛІ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ

Стаття присвячена дослідженню розвитку технологій рециклінгу в контексті трансформації промисловості до моделі циркулярної економіки як відповіді на виклики виснаження природних ресурсів, зростання обсягів відходів, урбанізації, зміни клімату та підвищення рівня споживання. Обґрунтовано, що перехід від лінійної моделі «виробництво – споживання – утилізація» до циркулярної парадигми, орієнтованої на повторне використання, ремонт, відновлення та переробку матеріалів, формує нові вимоги до організації промислового виробництва, бізнес-моделей і систем управління ресурсами.

Рециклінг розглядається як ключова ланка циркулярної економіки, що забезпечує перетворення відходів на вторинні ресурси та їх повторну інтеграцію у виробничі ланцюги створення вартості. Доведено, що використання перероблених матеріалів сприяє зменшенню споживання первинної сировини, енерговитрат і негативного екологічного впливу, водночас формуючи додаткові економічні та соціальні вигоди, зокрема створення робочих місць і розвиток інноваційних секторів промисловості.

У статті узагальнено сучасні підходи до формування інфраструктури рециклінгу, зокрема систем збору, сортування, транспортування та переробки відходів, а також обґрунтовано роль «зеленого» дизайну і принципів екодизайну як передумови створення безпечної та якісної вторинної сировини. Особливу увагу приділено аналізу правових, інституційних, інфраструктурних і ринкових бар'єрів, що стримують розвиток галузей рециклінгу, включаючи недосконалість регуляторної бази, обмежені інвестиційні можливості, волатильність ринків вторинної сировини, наявність неформального сектору та торговельні обмеження.

Обґрунтовано необхідність формування комплексної державної політики підтримки рециклінгу на основі механізмів розширеної відповідальності виробника, податкових і фінансових стимулів, «зелених» державних закупівель, стандартизації та сертифікації вторинної сировини, а також розвитку міжнародного співробітництва у сфері управління відходами. Зроблено висновок, що розвиток технологій рециклінгу є стратегічною передумовою підвищення ресурсоефективності промисловості, зміцнення її конкурентоспроможності та забезпечення сталого економічного розвитку в умовах глобального переходу до моделі циркулярної економіки.

Ключові слова: рециклінг, «зелені» ланцюги вартості, циркулярна економіка, трансформація промисловості, сталий розвиток

Рис.1, Літ.22

Ulyanenko D.,

Postgraduate Student, Department of Management and Behavioral Economics,
Vasyl' Stus Donetsk National University

d.ulianenko@donnu.edu.ua

DEVELOPMENT OF RECYCLING TECHNOLOGIES WITHIN THE FRAMEWORK OF INDUSTRY TRANSFORMATION TOWARDS THE CIRCULAR ECONOMY MODEL

The article is devoted to the study of the development of recycling technologies in the context of the transformation of industry towards a circular economy model as a response to the challenges of natural resource depletion, growing waste generation, urbanization, climate change, and increasing consumption levels. It is substantiated that the transition from the linear model of “production – consumption – disposal” to a circular paradigm focused on reuse, repair, refurbishment and recycling of materials creates new requirements for the organization of industrial production, business models and resource management systems.

Recycling is considered as a key element of the circular economy, ensuring the conversion of waste into secondary resources and their reintegration into industrial value chains. It is demonstrated that the use of recycled materials contributes to reducing the consumption of primary raw materials and energy, as well as lowering negative environmental impacts, while at the same time generating economic and social benefits, including job creation and the development of innovative industrial sectors.

The paper summarizes modern approaches to the development of recycling infrastructure, including systems for waste collection, sorting, transportation and processing, and substantiates the role of green design and eco-design principles as prerequisites for creating safe and high-quality secondary raw materials. Special attention is paid to the analysis of legal, institutional, infrastructural and market barriers that hinder the development of recycling industries, including regulatory imperfections, limited investment opportunities, volatility of secondary raw material markets, the presence of an informal sector and trade restrictions.

The necessity of forming a comprehensive public policy to support recycling based on extended producer responsibility mechanisms, fiscal and financial incentives, green public procurement, standardization and certification of secondary raw materials, as well as the development of international cooperation in the field of waste management, is substantiated. It is concluded that the development of recycling technologies is a strategic prerequisite for increasing industrial resource efficiency, strengthening competitiveness and ensuring sustainable economic development in the context of the global transition to a circular economy model.

Keywords: recycling, green value chains, circular economy, industrial transformation, sustainable development

Fig.1, Ref.22

Постановка проблеми. Виснаження обмежених ресурсів, зростання населення, швидке розширення міст, зростання рівня споживання середнього класу, забруднення та антропогенна зміна клімату створюють величезне навантаження на світові економічні та екологічні системи. Все більш популярною концепцією, що набирає обертів у світі, є циркулярна економіка. Циркулярна економіка відходить від лінійної економічної моделі до нової глобальної системи, де товари виробляються, використовуються, повторно використовуються, ремонтуються, а потім знову перетворюються на повторно придатну вторинну сировину. Спосіб, у який розробляються продукти, як споживаються ресурси, концепції власності, способи

виробництва та бізнес-моделі – це деякі з областей, у яких необхідні зміни для сталого майбутнього.

Зміна нарративу та систем – від лінійних до більш циркулярних та регенеративних систем – це можливість прийняти більш інноваційні процеси, які, серед іншого, прагнуть до більшої ефективності використання ресурсів, з чистішими виробничими процесами, які представляють потенційні вигоди в економічному, екологічному та культурному плані.

Рециклінг може виступати фундаментальним елементом циркулярної економіки, оскільки вона відіграє трансформаційну роль у перетворенні матеріалів після споживання на цінні речовини або продукти, поверненні використаних матеріалів у ланцюжок створення вартості та відповідно досягненні парадигми «відходи – ресурси». Таким чином, рециклінг надає численні економічні, екологічні та соціальні можливості. Незважаючи на це, його потенціал ще не повністю реалізований через низку правових, політичних, інфраструктурних та ринкових бар'єрів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питання трансформації промисловості до моделі циркулярної економіки досліджуються в працях Ареф'євої О. та Онопрієнко Д. [1], Горбаль Н. та Сліпачик С. [2], Зварич І. [3], Мельник О. та Злотнік М. [4], Роледерс В. та Орехової Т. [5, 6].

Костюченко Л., Марчук В., Гармаш О. досліджують питання розвитку інфраструктури рециклінгу в Україні [7]. Корюгін А. та Кульганік О. в своїх працях розглядають питання трансформації стратегій управління підприємствами в умовах переходу до циркулярної економіки [8].

Формулювання цілей статті. Метою статті є узагальнення підходів до дослідження ролі рециклінгу у стратегії трансформації промислових підприємств до моделі циркулярної економіки.

Виклад основного матеріалу. Екологізація та зміцнення галузей рециклінгу, щоб вони могли відігравати важливу роль у циркулярній економіці, надає країнам можливість розробити концепцію, яка б враховувала їхні конкретні потреби та можливості, а також одночасно вирішувала проблеми управління твердими відходами.

Зміцнення переробних галузей також вимагає мислення, що виходить за рамки фірмового та галузевого рівнів; воно вимагає створення правильних ринкових стимулів, щоб забезпечити попит на ринку, який відповідає пропозиції; перероблені матеріали повинні бути безпечними як для навколишнього середовища, так і для людей при обробці, переробці та повторному використанні; а торгівля матеріалами та компонентами повинна бути прозорою, щоб її можна було відстежувати, аби була впевненість у їхній заяві про циркулярність.

Дизайн є невід'ємною частиною циркулярної економіки, оскільки він сприяє використанню безпечніших хімічних речовин, а стійкі виробничі процеси є важливими для зменшення викидів протягом життєвого циклу хімічних речовин та продуктів, включаючи етапи повторного використання, переробки та утилізації. Ці рішення на початку виробництва, такі як «зелений» дизайн, допомагають гарантувати, що вторинна сировина, що перенаправляється в циркулярну економіку, не буде забруднена небезпечними хімічними речовинами.

Однією з перешкод для того, щоб дизайн був відправною точкою циклічного переходу, є те, що дизайн зазвичай відбувається в багатших промислово розвинених країнах; тому він не є конкурентною перевагою у країнах, де немає високотехнологійної індустрії або ринку дизайну, хоча цю проблему можна вирішити за допомогою заходів Розширеної відповідальності виробника (РВВ) та підтримати за допомогою технології блокчейн.

Ще одним аргументом для початку роботи в сфері циркулярної економіки з переробки та розвитку переробних галузей є гостра проблема управління відходами, з якою стикаються багато країн, що розвиваються. Це також стосується багатьох промислово розвинених країн, чії системи управління відходами також зазнали тиску після того, як Китай заборонив багато брудних матеріалів та запровадив суворі вимоги щодо забруднення.

Використання електронних пристроїв, швидка мода, зростаючі галузі промисловості тощо – все це створює «ідеальний шторм» поширення твердих відходів, які, якщо розглядати як цінний ресурс повторного використання, можна було б використовувати як сировину для повернення в циркулярну систему.

Окрім прецедентів, які, природно, допомагають надавати орієнтири щодо того, що можуть зробити країни, та дають уявлення про те, що інші країни чи інші рівні управління вважають пріоритетним, зростаюча глобальна проблема відходів вказує на терміновість зміцнення переробних галузей та забезпечення ринку для їхніх перероблених продуктів чи матеріалів, їхньої розробки таким чином, що дозволяє використовувати безпечні матеріали, а компоненти яких є прозорими та простежуваними.

Наведений рисунок 1 представляє нову ієрархію «переробки як частини циркулярної економіки». Він демонструє, як зелений дизайн є ключовим для забезпечення того, щоб «R» (повторне використання, повторне призначення тощо) були безпечними, чистими та екологічними, і могли пройти тривалий термін служби перед переробкою в новий матеріал або продукт, а також щоб процеси відповідали принципам ресурсоефективного чистого виробництва.



Рисунок 1 - Ієрархія вторинної сировини у моделі циркулярної економіки [9]

Основною передумовою для того, щоб рециклінг став частиною циркулярної економіки є створення системи первинного відбору та розділення відходів для отримання якомога чистіших фракцій та якомога більшої їх кількості. Цього можна досягти шляхом запровадження чіткої, комплексної та економічно вигідної моделі, що підтримується відповідною інфраструктурою.

Для того, щоб мати систему, яка може переробляти (ремонтувати, переробляти, повторно використовувати і, нарешті знову, переробляти), потрібна система, яка може збирати, транспортувати, сортувати, зберігати (потім переробляти) і, нарешті, переробляти відходи у ресурси. Саме тому потрібна надійна система повернення та управління відходами ще до того, як можна буде обговорювати масштабну переробку.

Рециклінг відіграє ключову роль у переході промисловості до моделі циркулярної економіки, будучи її ланкою, яка перетворює відходи на нові ресурси та повторно вводить їх у виробничі ланцюги. Використання перероблених матеріалів безпосередньо призводить до зменшення використання природних ресурсів та значно меншого споживання енергії порівняно з виробничими процесами, що використовують первинні матеріали.

Галузі рециклінгу є значним роботодавцем у світі, де приблизно 1,6 мільйона людей у всьому світі зайняті в переробній галузі. Разом вони обробляють понад 600 мільйонів тонн матеріалів, що переробляються, щороку. З річним оборотом понад 200 мільярдів доларів цей сектор вже став ключовим фактором сталого розвитку майбутнього.

Однак на практиці операції з переробки та створення сталої переробної галузі все ще стикаються з перешкодами для того, щоб переробка могла ефективно відігравати свою роль у Цілях сталого розвитку та циркулярній економіці.

Окрім впливу на промисловий розвиток загалом, низький рівень економічного розвитку, слабка загальна інфраструктура та неефективна правова та інституційна база створюють специфічні проблеми для розвитку переробної промисловості. До них належать відсутність інфраструктури, необхідної для збору, зберігання, демонтажу та переробки; обмежені інвестиційні можливості для створення ланцюжка створення вартості від збору до переробки; та відсутність фінансових стимулів для переробки.

Ці фактори можуть перешкоджати розвитку галузей рециклінгу навіть за наявності ринку для перероблюваних продуктів та матеріалів. Географічні, економічні та демографічні фактори також впливають на розвиток сталої переробної промисловості. Зростання населення стимулює використання перероблених матеріалів. Низький дохід на душу населення може призвести до низького споживання матеріалів та товарів, що, у свою чергу, обмежує доступність перероблюваних матеріалів. І навпаки, менталітет викидання відходів у споживчих суспільствах призведе до збільшення кількості перероблюваних матеріалів. Багато країн, зокрема малі острівні країни, що розвиваються, загалом не мають такого рівня промислового розвитку, який би дозволив виробляти достатню кількість перероблюваних матеріалів, щоб забезпечити розвиток вітчизняної переробної промисловості. Низький рівень розвитку часто призводить до сильної присутності неформального сектору. Наприклад, у багатьох країнах, що розвиваються, великий неформальний сектор переробки електричних та електронних відходів розвинувся внаслідок відсутності правової бази для переробки, а також через брак потужностей та ресурсів для офіційної системи збору та обробки відходів [10].

Ринкові сили можуть становити ключову економічну перешкоду для переробки. Волатильність цін на сировинні товари та несприятливі ринки для певних видів матеріалів, що підлягають переробці (наприклад, металів), сильно впливають на життєздатність операцій з переробки, як і скорочення потоків вторинної сировини та

обмежена доступність фракцій, які виробляють високоякісний перероблений матеріал [11].

Сектор переробки значною мірою складається з малих компаній, які нестійкі до ринкових потрясінь. Sims Recycling Solutions, найбільший у світі переробник електричних та електронних відходів, припинив свою діяльність у Великій Британії у 2014 році через те, що його потужності з переробки перевищували кількість доступних матеріалів для переробки, що зробило діяльність нерентабельною. На ринкову ситуацію в деяких випадках сильно впливають торговельні обмеження, як у випадку з політикою «Національний меч» Китаю 2017 року, яка забороняє імпорт вторинної пластмаси. Обмежена доступність первинної сировини, що використовується у виробничих процесах, також впливає на ринок відповідної вторинної сировини, що використовується у виробництві. Наприклад, 95% запасів рідкоземельних металів, які використовуються для виробництва електричних або гібридних транспортних засобів, вітрових турбін, побутової електроніки та інших технологій чистої енергії, знаходяться в Китаї, що дає цій країні фактичний контроль над ринком. Демократична Республіка Конго контролює значну частину світових ресурсів кобальту, який має вирішальне значення для виробництва літій-іонних акумуляторів [12].

У країнах зі слабкою регуляторною базою законодавство у сферах, що стосуються рециклінгу, таких як праця та зайнятість, охорона навколишнього середовища, оподаткування та імпорт/експорт матеріалів, що підлягають переробці, може бути відсутнім або бути розробленим лише частково. До певного процесу чи операції можуть застосовуватися різні суперечливі законодавчі акти, або може бути незрозуміло, які правові норми застосовуються. Чинне законодавство може застосовуватися непослідовно, або політичні рішення можуть прийматися без урахування правових положень. Наприклад, у багатьох країнах процедури, пов'язані з експортом та імпортом матеріалів, що підлягають переробці, які вважаються небезпечними відходами, є надмірно бюрократичними, із залученням кількох міністерств та тривалими процесами прийняття рішень, які тривають до двох років. Це може призвести до значних фінансових втрат для переробників, оскільки ціни змінюються через коливання ринку [13].

Навіть там, де правова та політична база країни добре розвинена, вона загалом може не сприяти переробці, не маючи стимулів та сприятливих регуляторних вимог. Пов'язаною проблемою є відсутність усвідомлення екологічних та економічних переваг переробки серед політиків, державних органів та громадськості, що призводить до низького пріоритету, що надається переробці в державних програмах та бюджетах.

Занадто суворі правові положення (наприклад, щодо контролю якості) також можуть створювати перешкоду для галузі переробки. Це проблема, особливо у високоіндустріалізованих країнах. Наприклад, витрати на дотримання нормативних вимог щодо логістики, очищення від забруднень та робочої сили були визначені як один із факторів, що впливають на функціонування регульованого ринку збору та обробки електричних та електронних відходів у ЄС. Дешевша обробка матеріалів у країнах, де не вимагається дотримання законодавства ЄС щодо відходів електричного та електронного обладнання (ВЕЕО), є однією з причин для збирання відходів, що, у свою чергу, було визначено як одну з головних перешкод для повного дотримання чинного законодавства ЄС. Надмірне регулювання може змусити, зокрема, невеликі компанії з переробки закрити бізнес. Нормативні акти щодо відходів та хімікатів у деяких випадках суперечливі тим, що нормативні акти щодо відходів спрямовані на високі цілі щодо переробки та, таким чином, встановлюють високі порогові значення вмісту, тоді як нормативні акти щодо хімічних речовин спрямовані на зниження вмісту

хімічних речовин у матеріалах і, таким чином, встановлюють низькі порогові значення [14].

Специфічною проблемою щодо рециклінгу є відсутність чіткого розмежування між тим, що вважається відходами, і тим, що вважається продуктом або вторинною сировиною, а також відсутність чітких визначень небезпечних та ненебезпечних відходів. Це часто пов'язано зі слабкою регуляторною базою та/або відсутністю впровадження: визначення можуть не існувати, або вони можуть бути неточними чи надмірно складними, або ж правові інструменти, що встановлюють ці визначення, можуть не бути впроваджені та не застосовуватися. Ці визначення важливі, оскільки вони визначають рівень контролю, що застосовується до управління відповідними речовинами, і таким чином можуть бути сприятливими або несприятливими для переробки. Наприклад, якщо матеріали, оброблені вручну або механічно відповідно до товарних специфікацій, не визначені як продукти, вони можуть вважатися відходами і, таким чином, підлягати тому ж рівню контролю, що й змішані матеріали, зібрані з домогосподарств та промисловості, або несортвані суміші матеріалів.

Специфічна проблема існує, коли матеріал продовжує вважатися відходами, навіть якщо його використовують як вторинну сировину для переробки: у такому випадку виробник, який використовує матеріал, повинен дотримуватися нормативних вимог щодо управління відходами, що часто означає значне адміністративне та фінансове навантаження. Наприклад, Camacho Recycling, іспанська компанія, яка переробляє CRT (Cathode Ray Tube) — електронно-променеві трубки для використання у керамічній плитці у великих масштабах, нещодавно призупинила імпорт скла CRT, оскільки влада вимагає застосування процедур управління відходами до цих матеріалів. Така ж проблема може виникати в інших контекстах, наприклад, стосовно гумового грануляту для спортивних полів, штучних газонів, гумових килимків та литих виробів, отриманих з використаних шин [15].

Незалежно від рівня розвитку правової бази, відсутність дотримання та правозастосування є серйозною проблемою в багатьох частинах світу. Всупереч поширеній думці, це відбувається не лише в країнах, що розвиваються, а й у високорозвинених країнах. Наприклад, згідно з нещодавнім звітом Університету Організації Об'єднаних Націй, Директива Європейського Союзу щодо WEEE набула чинності у 2003 році, а у 2015 році лише приблизно третина від загального обсягу електричного та електронного обладнання, розміщеного на ринку, була зібрана та оброблена відповідно до Директиви. Інформація з неофіційного джерела вказує на те, що закриття діяльності Sims Recycling Solutions у Канаді у 2014 році було пов'язане з тим, що чинне законодавство не застосовувалося, що поставило переробників, які дотримуються закону, у недобросовісну конкуренцію з операторами, які його не дотримуються [16].

Що стосується міжнародної торгівлі матеріалами, що підлягають переробці, перешкоди, створені правовими, політичними та інституційними рамками, посилюються складністю та невідповідністю міжнародної правової та політичної бази. Міжнародне регулювання транскордонного перевезення матеріалів, що підлягають переробці та вважаються відходами, існує на національному та міжнародному рівнях. Базельська конвенція про контроль за транскордонним перевезенням небезпечних відходів та їх видаленням забезпечує загальну глобальну систему, а отже, певний ступінь гармонізації. Однак це обмежено, оскільки Конвенція охоплює лише матеріали, що вважаються небезпечними відходами, і не застосовується до матеріалів, що підлягають переробці, таких як папір, пластмаси та текстиль, якщо вони не забруднені небезпечними речовинами. Крім того, Конвенція залишає значну гнучкість

для національного регулювання. Сполучені Штати, головний гравець, не є Стороною Конвенції, і тому не зобов'язані її дотримуватися.

Міжнародна регуляторна база, що регулює матеріали, що підлягають переробці та є небезпечними відходами, є досить складною, як показує приклад міжнародних перевезень використаної та відходів електроніки (UEEE та WEEE). Вона визначається різними законодавчими актами на різних рівнях та дотриманням даної країни відповідного правового документа. Відповідно, різні національні визначення матеріалів у національному законодавстві та відсутність міжнародно узгоджених лімітів та допусків щодо забруднюючих речовин створюють значні перешкоди для міжнародної торгівлі матеріалами, що підлягають переробці, оскільки матеріал підлягатиме різним рівням контролю імпорту та експорту в різних юрисдикціях [17].

Заборони на імпорт матеріалів, що підлягають переробці, діють у багатьох країнах, переважно з метою захисту здоров'я людини та навколишнього середовища від негативного впливу матеріалів, які вважаються небезпечними.

Яскравим прикладом є політика «Нового меча» Китаю, прийнята у 2017 році, яка забороняє імпорт пластмас, що підлягають переробці. Це змінило світовий ландшафт переробки, ринки перемістилися до інших азійських країн, деякі з яких згодом також запровадили заборони на імпорт. У деяких випадках заборони на імпорт встановлюються внаслідок недостатнього розуміння національними органами влади вмісту та складу матеріалу. Наприклад, деякі країни забороняють імпорт усіх металів, призначених для переробки, незалежно від їхнього складу та потенційної небезпеки. Заборони на імпорт також можуть бути протекціоністськими заходами [18].

Прикладом є так звана заборона Мітумба на імпорт одягу, що був у використанні, введена країнами Східноафриканського співтовариства для захисту своєї вітчизняної текстильної промисловості [9].

Заборони на імпорт зменшують доступність матеріалів, що підлягають переробці або вторинній переробці, у країні, змушуючи переробників або виробників шукати альтернативні матеріали. Це може призвести до зростання цін або їхньої волатильності. Це також може означати, що обсяг перероблюваних матеріалів, доступних у країні, не дозволяє здійснювати економічно вигідні операції з переробки. Таке трапляється особливо в малих країнах, де обсяги твердих відходів, що утворюються в країні, наприклад, металів, неорганічних та органічних речовин, недостатньо високі для підтримки внутрішньої переробної промисловості.

Тарифи на матеріали для вторинної переробки включають прикордонні витрати; відсоток товарів, що підлягають сплаті при імпорті (митні збори); мита, що застосовуються до перероблених або перероблюваних матеріалів, але не до первинних матеріалів, або до імпортованих, але не до вітчизняних матеріалів, що підлягають вторинній переробці. Наприклад, деякі країни стягують збори на імпортований одяг, що був у використанні.

Нетарифні бар'єри включають дозволи, ліцензії, вимоги до випробувань та контроль викидів, що використовуються як засоби контролю імпорту та експорту. Стандарти (такі як R2, RIOS, WEEELABEX та CENELEC для електроніки) також можуть являтися нетарифними торговельними бар'єрами. Хоча їхня мета полягає в забезпеченні екологічно безпечної діяльності, вони можуть бути використані для виключення операторів, які не сертифіковані за стандартами, наприклад, коли виробник використовує лише переробників, які сертифіковані за певним стандартом. Оскільки сертифікація за багатьма з цих стандартів є дорогою, менші компанії можуть бути не в змозі її собі дозволити [19].

Неформальні переробники працюють поза системою регулювання без захисту чи соціального забезпечення, а також у несприятливих умовах, що становлять загрозу

для здоров'я людини та навколишнього середовища, і часто пов'язані з дитячою працею. Неформальний сектор становить недобросовісну конкуренцію для формальних переробників, враховуючи, що неформальні переробники не сплачують податки та не дотримуються нормативних вимог і процедур, і тому пропонують значно нижчі ціни. Там, де розвинувся сильний неформальний сектор, це може перешкоджати або запобігати розвитку формальної галузі переробки. Неформальний сектор також впливає на системи управління муніципальними відходами: з одного боку, неформальні переробники утилізують залишки, включаючи будь-які небезпечні компоненти, які потім стають відповідальністю муніципалітету. З іншого боку, неформальні переробники збирають цінні та легко видобуті матеріали, часто беручи їх із громадських контейнерів для сміття, позбавляючи таким чином муніципалітет або пункт прийому металобрухту доходів, отриманих від цих ресурсів.

Загальною проблемою є зростаюча складність продукції, що ускладнює переробку. Також, можливість переробки продукту зазвичай не є фактором у проектуванні та виробництві: концепція «проектування для переробки» ще не отримала широкої підтримки. Це особливо стосується високотехнологічних продуктів, таких як смартфони: привабливі характеристики та висока продуктивність для задоволення потреб клієнтів є переважним фактором, і ці характеристики часто створюють технічні перешкоди для переробки. Ще одна значна перешкода виникає через брак знань про склад або вміст продукту. Виробник оригінального продукту часто не розкриває вміст продукту. Це означає, що переробники та користувачі перероблених матеріалів можуть не знати про можливі небезпечні компоненти, наприклад, вміст ртуті в плоских телевізорах, наявність літій-іонних батарей в електронному пристрої або численні компоненти використаних шин. Щоб визначити склад та переконатися, що перероблений матеріал є придатним та безпечним для використання, може знадобитися тестування та подальше видалення небажаних речовин (наприклад, санітарна обробка використаних матраців перед переробкою). Наприклад, вживаний одяг часто складається з великої різноманітності матеріалів, а етикетки могли бути зняті користувачем. Також витрати на управління та утилізацію неперероблюваних залишків можуть бути високими, і виробники схильні перекладати ці витрати на переробника. Ці фактори впливають на ціну перероблених матеріалів і можуть зробити її неприйнятно високою [20].

Технічні обмеження та брак знань про передові практики та технології можуть становити значні перешкоди для розвитку переробної промисловості, особливо в країнах, що розвиваються. Прикладами є обмежена доступність технологій або методів для належної переробки або обробки, комплексним та сталим чином, усіх існуючих та нових видів відходів, особливо композитних; недостатні знання про методи збору та розділення; брак даних, наприклад, про хімічний склад продуктів, що використовуються для переробки, та адаптованих до потреб країни технологій; а також недостатні потужності або інфраструктура для тестування, характеристики та розділення відходів відповідно до їх характеру та вмісту небезпечних матеріалів.

Внаслідок цього може бути неможливо забезпечити достатню якість для того, щоб перероблена продукція була придатною для торгівлі.

Недостатня інформація або недостатні знання можуть бути перешкодою для розвитку переробної промисловості, наприклад, брак розуміння того, як працюють місцеві схеми переробки. Фінансові обмеження можуть перешкоджати реалізації технічно життєздатних рішень.

Втручання, спрямовані на сприяння розвитку сталої галузі переробки, включають розвиток інноваційних систем виробництва та переробки, таких як промислові парки або промисловий симбіоз; створення об'єктів обробки відходів, які

можуть управляти багатокomпонентними відходами та різними відходами та потоками; розробку систем збору та сортування відходів; та розвиток підходу до ціннісного/ланцюжкового постачання щодо утилізації та управління відходами. Співпраця з розвитку або державно-приватне партнерство можуть підтримувати такі підходи. У країнах, що розвиваються, можна створити бізнес-моделі для галузей переробки з системами розширеного розподілу відповідальності за виробництво або без них.

Ринкові втручання для підтримки розвитку сталої галузі переробки можуть мати форму податкових стимулів для дій, що сприяють переробці (наприклад, податкові пільги за використання перероблених матеріалів; екоподатки на продукцію з можливістю звільнення або зниження за дії, що сприяють переробці; еко модуляція); субсидії на операції з переробки за певних умов; та податки на діяльність, що не сприяє переробці (наприклад, захоронення відходів). Нещодавно в Китаї запроваджено підхід, спрямований на сприяння розподілу праці між неформальним сектором та формальними переробними заводами шляхом субсидування закупівлі електронних відходів у учасників неформального сектору формальним сектором. Доповнюючі інструменти включають податки на захоронення відходів та заборону спалювання, а також «зелені» державні закупівлі. Однак такі заходи можуть бути ефективними лише за наявності міцної правової та політичної бази, включаючи добре розроблене законодавство щодо спалювання та захоронення. Добре організовані системи збору та сортування матеріалів, що підлягають переробці, таких як скло, папір та пакувальні матеріали, покращують якість матеріалів, що підлягають переробці, і, таким чином, сприяють розвитку сталої галузі переробки. Державні програми підтримки операцій з переробки, як-от у рамках програми LIFE ЄС, можуть бути ефективними заходами [21].

Створення сильної регуляторної бази, яка створює права, стимули та мінімальні стандарти, а також забороняє недобросовісну практику, є важливим для переходу до «зеленої» економіки, а отже, і до циркулярної економіки та сприяння переробці як одному з її ключових рушійних сил. Така регуляторна база повинна створити рівні умови для всіх учасників. Огляд ситуації в низці азійських країн щодо електричних та електронних відходів показує, що показники відновлення ресурсів вищі в країнах з політикою, що підтримує переробку. Як загальний підхід, політика, системи та процеси повинні підтримувати оцінку відходів як ресурсу, що забезпечує економічні та соціальні вигоди, а не сприймати їх як дорогу проблему. Такі політичні підходи, як нульові відходи, зелені державні закупівлі, дизайн для переробки, зелений дизайн та зелене виробництво, лежать в основі заходів, що сприяють переробці [22].

Законодавство повинно встановити чіткі зобов'язання щодо утилізації та відновлення різних видів відходів. Для конкретної підтримки переробки можна запровадити такі заходи:

- Цілі щодо переробки, такі як ті, що зазначені в Пакеті заходів щодо циркулярної економіки Європейського Союзу 2018 року, можуть бути важливим рушієм розвитку галузі переробки, за умови, що вони є реалістичними, послідовно виконуються, а соціально-економічна ситуація в країні сприяє їх досягненню;

- Зобов'язання щодо повернення відходів із авансовими платежами за переробку та створенням пунктів збору. Прикладом є система, що діє в Європейському Союзі відповідно до Директиви WEEE. Подібні системи діють і в інших країнах;

- Стандарти вмісту перероблених матеріалів (визначення співвідношення перероблених матеріалів у продукті до загальної кількості використаних матеріалів); однак слід зазначити, що занадто високе співвідношення може бути контрпродуктивним;

- Обмеження на захоронення та спалювання матеріалів, що підлягають переробці;
- Стандарти сертифікації екологічної безпеки та гігієни навколишнього середовища (EHS) третіми сторонами;
- Впровадження маркування та стандартів для вторинної сировини для підвищення її ринкової вартості, а отже, і коефіцієнтів переробки; однак важлива простота;
- Схеми розширеної відповідальності виробника (EPR) для забезпечення сталого розвитку та фінансування належного управління небезпечними фракціями. Наприклад, після того, як Корея запровадила систему EPR у 2003 році, рівень переробки зріс на 30% до 2007 року;
- Оцінка життєвого циклу (LCA).

Законодавство також повинно запровадити чітке розмежування між тим, що вважається вторинною сировиною, і тим, що вважається відходами; відповідні визначення та класифікації; а також критерії для розмежування небезпечних та ненебезпечних відходів. Визначення порогових рівнів забруднення небезпечним матеріалом, які роблять відходи небезпечними, забезпечує чітку основу для такого розмежування, наприклад, для вогнезахисних речовин у пластмасах, текстилі та меблях. У цьому контексті слід зазначити, що дуже низький поріг може сам по собі бути перешкодою для переробки, оскільки він може зробити матеріали непридатними для переробки, якщо не існує валідованих протоколів вимірювання для цього порогу. Законодавство також повинно визначити умови, за яких матеріал перестає бути відходами та стає сировиною. Наприклад, матеріали, які виходять з проміжних процесів перед вступом у виробничий процес (такі як гранулят з використаних шин або подрібнені будівельні відходи), не повинні вважатися відходами. Визначення та класифікації повинні враховувати потреби галузі та відповідати відповідним міжнародним визначенням, включаючи визначення Базельської конвенції, ОЕСР та ЄС. Зрештою, законодавство повинно передбачати чіткі та ефективні процеси управління різними видами відходів та вторинної сировини, включаючи імпорт, експорт та транзит.

Під час розробки або внесення змін до національного законодавства важливо мати глибоке розуміння правової системи країни та чинної правової бази, що стосується операцій з переробки, щоб забезпечити повну відповідність будь-яких змін у чинній базі. Визнані принципи та елементи ефективного законодавства про управління відходами та матеріалами, що використовуються в міжнародному праві та в країнах світу, повинні бути враховані, як і вимоги будь-яких міжнародних договорів, учасницею яких є країна. Законодавство також повинно враховувати конкретну ситуацію в країні щодо переробки. Також важливо створити необхідну інституційну базу та можливості для забезпечення правильного та послідовного застосування законодавства.

Передумовою будь-якого втручання на політичному рівні є формування або зміцнення відповідної політичної волі. Цього можна досягти за допомогою політичних декларацій, інформаційно-просвітницьких кампаній (наприклад, включення до шкільних програм) та досліджень, що підкреслюють внесок переробки у досягнення фундаментальних політичних цілей, що користуються широкою підтримкою, наприклад, захист здоров'я людини, створення робочих місць та боротьба зі зміною клімату. Це підвищує обізнаність громадськості про важливість переробки для вирішення важливих питань та забезпечує необхідну політичну підтримку.

Наприклад, можна показати, що переробка захищає здоров'я людини, запобігаючи забрудненню води, повітря та ґрунту небезпечними речовинами, що витікають з неконтрольованого захоронення, та допомагає боротися зі зміною клімату

шляхом зменшення викидів метану зі звалищ. Прикладом є Робоча програма ЄС з питань боротьби зі зміною клімату, навколишнього середовища, ефективності використання ресурсів та сировини, яка визначає відходи як одну з своїх основних сфер діяльності. Заходи з підвищення обізнаності повинні бути спрямовані на всі зацікавлені сторони, включаючи політиків, громади, громадянське суспільство та малі та середні підприємства. Широко розрекламовані добровільні зобов'язання великих компаній можуть підтримати сприятливу громадську думку.

Посилення правоохоронних заходів – це універсальний виклик, який виходить за рамки управління відходами та матеріалами для вторинної сировини. Спроможність країни у сфері правоохоронних заходів значною мірою залежить від міцності її правової та інституційної бази, а також від її фінансових ресурсів, технічних можливостей та наявності навченого персоналу. У сфері управління відходами та матеріалами для вторинної сировини участь країни у глобальних та/або регіональних організаціях, мережах або партнерствах з питань правоохоронних заходів може надати певну підтримку.

До глобальних організацій належать Міжнародна мережа з питань дотримання та забезпечення виконання екологічного законодавства (INECE), Ініціатива «Зелена митниця» та Програма боротьби зі злочинами проти довкілля Інтерполу. Відповідно до Базельської конвенції, у 2013 році була створена Екологічна мережа для оптимізації дотримання нормативних актів щодо незаконного обігу (ENFORCE) з метою сприяння дотриманню положень Конвенції щодо запобігання та боротьби з незаконним обігом шляхом кращого впровадження та забезпечення виконання національного законодавства через мережу відповідних експертів. До регіональних організацій належать Регіональна мережа правоохоронних заходів щодо хімічних речовин та відходів ЮНЕП (REN, що охоплює Азію); Азійська мережа з питань запобігання незаконному транскордонному перевезенню небезпечних відходів; Латиноамериканська мережа екологічних прокурорів (LAEPN); Європейська мережа прокурорів з питань довкілля (ENPE); та Європейська мережа з питань впровадження та забезпечення дотримання екологічного законодавства (IMPEL). Деякі з цих організацій пропонують навчальні заходи, розробляють інструменти або надають підтримку проєктам з забезпечення дотримання законодавства [9].

Гармонізація правових вимог щодо імпорту, експорту та транзиту матеріалів, що підлягають вторинній переробці, може бути частково досягнута шляхом перегляду національного законодавства, що може призвести до запровадження визначень, кодів та вимог до імпорту/експорту, встановлених міжнародними організаціями та договорами (наприклад, Базельська конвенція, ОЕСР, ЄС, Гармонізована система опису та кодування товарів ВМО). Використання існуючих рекомендацій та аналогічних матеріалів, розроблених компетентними міжнародними організаціями, такими як UNITAR та Базельська конвенція, може сприяти гармонізації. Подальші засоби підтримки гармонізації національних вимог включають:

- Розробка міжнародно визнаних критеріїв придатності до переробки;
- Розробка керівних принципів, інструментальних посібників, довідників та аналогічних матеріалів, що спеціально стосуються управління матеріалами, що підлягають переробці, спеціалізованими організаціями (включаючи, наприклад, ЮНІДО);
- Навчання та семінари, організовані спеціалізованими організаціями (наприклад, ЮНІДО, Регіональні центри Базельської конвенції з навчання та передачі технологій);
- Розбудова мереж та партнерств для сприяння гармонізованому підходу до переробки;

- Прийняття регіонального підходу до управління відходами та переробки через регіональні економічні суб'єкти та бізнес-асоціації;
- Зміцнення транскордонного співробітництва [9].

Гармонізація правових вимог повинна включати гармонізацію елементів, зокрема національних визначень та класифікацій, а також стандартів, що застосовуються до матеріалів, що підлягають переробці, та рівнів контролю, що застосовуються до експорту, імпорту та транзиту матеріалів, що підлягають переробці, на основі цих визначень, класифікацій та стандартів.

Заборони на імпорт небезпечних відходів та матеріалів є дуже політизованим питанням. Однак, для сприяння розвитку сталої галузі переробки, перехід до циркулярної економіки не повинен розглядатися лише в межах національних кордонів, а й у глобальному масштабі. Важливо досягти розуміння того, що матеріали, що підлягають переробці, повинні перетинати національні кордони за певних умов, якщо має бути збережений життєздатний міжнародний ринок. Відповідно, вкрай важливо досягти балансу між захистом від небажаного імпорту небезпечних матеріалів та підтримкою торгівлі матеріалами, що підлягають переробці. Практичні підходи можуть включати прискорене повідомлення про матеріали, що підлягають переробці, за певних умов або звільнення матеріалів, що підлягають переробці, від заборони на імпорт, якщо можна виключити негативний вплив на здоров'я людини та навколишнє середовище, наприклад, якщо матеріал не має небезпечних властивостей або призначений для переробки на об'єкті, що відповідає визнаним стандартам. Однак це реально лише за наявності чітких визначень та порогових значень забруднення небезпечними матеріалами, які використовуються для керівництва відповідними рішеннями. Стандарти та схеми сертифікації, хоча вони можуть бути використані для встановлення торговельних бар'єрів, відіграють важливу роль у цьому відношенні.

Торговельні бар'єри, що впливають на переробку певних матеріалів, належать до сфери глобальної торговельної політики і, таким чином, залежать від численних факторів, що виходять за межі компетенції переробної промисловості та окремих урядів.

Багатосторонні переговори в рамках Світової організації торгівлі (СОТ) або регіональні угоди про вільну торгівлю для лібералізації торгівлі вторинною сировиною, машинами та обладнанням, що використовуються переробною промисловістю, є очевидним підходом. Однак такі переговори, як відомо, складні. Наприклад, обговорення Угоди про екологічні товари та послуги було розпочато в рамках СОТ у 2014 році, але зупинено у 2016 році. На більш практичному рівні будь-яка держава-член СОТ може залучити механізм врегулювання спорів СОТ, щоб оскаржити певний торговельний бар'єр [9].

Висновки та перспективи подальших досліджень. Багато бар'єрів, що виникають через відсутність політичної та економічної стабільності, а також міцної інституційної та регуляторної бази, знаходяться поза прямим контролем національних органів влади чи самої галузі, як і загальна ситуація на ринку. Політичне втручання та співробітництво в галузі розвитку на макрорівні можуть допомогти вирішити деякі проблеми. У сферах, які викликали глобальний інтерес та усвідомлення, таких як управління електричними та електронними відходами, міжнародні організації, національні агентства з розвитку співпраці та банки розвитку протягом кількох років реалізують проекти технічної допомоги в різних частинах світу з метою створення сприятливих умов для управління відповідними матеріалами. Ці проекти часто включають розробку національного плану дій, вдосконалення правової та інституційної бази, навчання та нарощування потенціалу, а також розробку бізнес-моделей. Подібні проекти можуть бути розглянуті в різних сферах, що стосуються

переробки. Наприклад, після нещодавнього сплеску інтересу до боротьби з забрудненням океанів та річок пластиком, можуть бути ініційовані проекти нарощування потенціалу в цій галузі з компонентом переробки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ареф'єва О. В., Онопрієнко Д. О. Стратегізація розвитку підприємств в умовах становлення циркулярної економіки в Україні. Науковий погляд: економіка та управління. 2024. № 4(88). С. 7–18
2. Горбаль Н. І., Сліпачик С. В. Циркулярна економіка: особливості та перспективи впровадження в Україні в умовах війни. Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення і проблеми розвитку. 2024. Вип. 6. № 1. С. 92–104. 2.
3. Зварич І.Я. Детермінанти формування глобальної інклюзивної циркулярної економіки. Бізнес Інформ. 2021. № 1. С, 2021
4. Мельник О., Злотнік М. Ключові тенденції стратегічного управління в умовах циркулярної економіки. Економіка та суспільство. 2023. № 56. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/2988/2908>
5. Viktoriia Roleders, Tetyana Oriekhova, Galina Zaharieva, Inna Sysoieva, Vasyl Dobizha, Sergii Pidhaiets, Lesia Kucher Economic justification of recycling in the processing industry. - Cleaner and Responsible Consumption Volume 13, June 2024, 100195
6. Roleders, V., Oriekhova, T., Sysoieva, I., Mazur, V., & Derun, T. Global experience of applying the circular economy model in light industry. *Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development*, 45(1), (2023). 46–55. DOI: 10.15544/mts.2023.06
7. Kostiuchenko L.V., Marchuk V.Ye., Harmash O.M. Development of recycling infrastructure in Ukraine. The electronic scientifically and practical journal “INTELLECTUALIZATION OF LOGISTICS AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT”. – 2021 – V. 9. DOI: <https://doi.org/10.46783/smart-scm/2021-9>
8. Корюгін А.В., Кульганік О.М. Трансформація стратегій управління підприємствами в умовах переходу до циркулярної економіки. Сталій розвиток, 2025 – Випуск №4 (55), с. 105-110. DOI: <https://doi.org/10.32782/2308-1988/2025-55-15>
9. UNIDO. (2025). *Development of recycling industries within the UNIDO circular economy approach*. United Nations Industrial Development Organization.
10. Deif, A. M. (2011). A system model for green manufacturing. *Journal of Cleaner Production*, 19(14), 1553–1559. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.05.022>
11. Shrivastava, S. (2011). A systematic literature review on green manufacturing concepts in cement industries. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 34(1), 68–90. <https://doi.org/10.1108/MRR-09-2015-0216>
12. Elkington, J. (1994). Towards the sustainable corporation: Win–win–win business strategies for sustainable development. *California Management Review*, 36(2), 90–100. <https://doi.org/10.2307/41165746>
13. Hasper, M. (2009). *Green technology in developing countries: Creating accessibility through a global exchange forum*. *Duke Law & Technology Review*.
14. Van der Gaast, W., & Begg, K. (2012). *Challenges and solutions for climate change, green energy and technology*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-84996-399-2>
15. M. Schluep, Resource recovery from electric and electronic waste, p. 165, in K. Kummer Peiry, A.R. Ziegler and J. Baumgartner (Eds.), *Waste Management and the Green Economy*, Edward Elgar 2016.

16. E-Scrap News, 27 June 2014, <https://resource-recycling.com/e-scrap/2014/06/27/sims-closes-operations-in-canada-uk/>
17. <https://www.globalsecurity.org/military/world/china/rare-earth.htm>; World Trade Organization, Dispute Settlement No. DS431: China — Measures Related to the Exportation of Rare Earths, Tungsten and Molybdenum, https://www.wto.org/english/tratop_e/dispu_e/cases_e/ds431_e.htm
18. <https://www.greentechmedia.com/articles/read/congo-cobalt-reliance-grows-despite-europe-discoveries#gs.8xo1ZHw>
19. F. Magalini and J. Huisman, WEEE Recycling Economics: The shortcomings of the current business model, United Nations University, January 2018, <https://www.era-recyclers.com/news/weee-recycling-economics>
20. E-Scrap News, 19 January 2018, <https://resource-recycling.com/e-scrap/2017/01/19/opinion-proven-benefits-sending-glass-tiles/>; E-Scrap News, 8 November 2018, <https://resource-recycling.com/e-scrap/2018/11/08/spanish-crt-outlethalts-u-s-glass-shipments/>
21. X. Tong et al., Towards an inclusive circular economy: Quantifying the spatial flows of e-waste through the informal sector in China, in *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 135, August 2018, pp. 163-171
22. https://www.wto.org/english/tratop_e/dispu_e/cases_e/ds332_e.htm

REFERENCES

1. Arefieva O. V., Onopriienko D. O. Stratehizatsiia rozvytku pidpriemstv v umovakh stanovlennia tsyrkuliarnoi ekonomiky v Ukraini. Naukovyi pohliad: ekonomika ta upravlinnia. 2024. № 4(88). S. 7–18.
2. Horbal N. I., Slipachyk S. V. Tsyrculiarna ekonomika: osoblyvosti ta perspektyvy vprovadzhennia v Ukraini v umovakh viiny. Menedzhment ta pidpriemnytstvo v Ukraini: etapy stanovlennia i problemy rozvytku. 2024. Vyp. 6. № 1. S. 92–104.
3. Zvarych I. Ya. Determinanty formuvannia hlobalnoi inkliuzyvnoi tsyrkuliarnoi ekonomiky. Biznes Inform. 2021. № 1.
4. Melnyk O., Zlotnik M. Kliuchovi tendentsii stratehichnoho upravlinnia v umovakh tsyrkuliarnoi ekonomiky. Ekonomika ta suspilstvo. 2023. № 56.
5. Viktoriia Roleders, Tetyana Oriekhova, Galina Zaharieva, Inna Sysoieva, Vasyl Dobizha, Sergii Pidhaiets, Lesia Kucher Economic justification of recycling in the processing industry. - *Cleaner and Responsible Consumption* Volume 13, June 2024, 100195
6. Roleders, V., Oriekhova, T., Sysoieva, I., Mazur, V., & Derun, T. Global experience of applying the circular economy model in light industry. *Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development*, 45(1), (2023). 46–55. DOI: 10.15544/mts.2023.06
7. Kostiuchenko L.V., Marchuk V.Ye., Harmash O.M. Development of recycling infrastructure in Ukraine. The electronic scientifically and practical journal “INTELLECTUALIZATION OF LOGISTICS AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT”. – 2021 – V. 9. DOI: <https://doi.org/10.46783/smart-scm/2021-9>
8. Koriuhin A. V., Kulhanik O. M. Transformatsiia stratehii upravlinnia pidpriemstvamy v umovakh perekhodu do tsyrkuliarnoi ekonomiky. Stalyi rozvytok, 2025. Vyp. №4 (55), s. 105–110.
9. UNIDO. (2025). *Development of recycling industries within the UNIDO circular economy approach*. United Nations Industrial Development Organization.
10. Deif, A. M. (2011). A system model for green manufacturing. *Journal of Cleaner Production*, 19(14), 1553–1559. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.05.022>

11. Shrivastava, S. (2011). A systematic literature review on green manufacturing concepts in cement industries. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 34(1), 68–90. <https://doi.org/10.1108/MRR-09-2015-0216>
12. Elkington, J. (1994). Towards the sustainable corporation: Win–win–win business strategies for sustainable development. *California Management Review*, 36(2), 90–100. <https://doi.org/10.2307/41165746>
13. Hasper, M. (2009). *Green technology in developing countries: Creating accessibility through a global exchange forum*. *Duke Law & Technology Review*.
14. Van der Gaast, W., & Begg, K. (2012). *Challenges and solutions for climate change, green energy and technology*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-84996-399-2>
15. M. Schluep, Resource recovery from electric and electronic waste, p. 165, in K. Kummer Peiry, A.R. Ziegler and J. Baumgartner (Eds.), *Waste Management and the Green Economy*, Edward Elgar 2016.
16. E-Scrap News, 27 June 2014, <https://resource-recycling.com/e-scrap/2014/06/27/sims-closes-operations-in-canada-uk/>
17. <https://www.globalsecurity.org/military/world/china/rare-earth.htm>; World Trade Organization, Dispute Settlement No. DS431: China — Measures Related to the Exportation of Rare Earths, Tungsten and Molybdenum, https://www.wto.org/english/tratop_e/dispu_e/cases_e/ds431_e.htm
18. <https://www.greentechmedia.com/articles/read/congo-cobalt-reliance-grows-despite-europe-discoveries#gs.8xo1ZHw>
19. F. Magalini and J. Huisman, WEEE Recycling Economics: The shortcomings of the current business model, United Nations University, January 2018, <https://www.eera-recyclers.com/news/weee-recycling-economics>
20. E-Scrap News, 19 January 2018, <https://resource-recycling.com/e-scrap/2017/01/19/opinion-proven-benefits-sending-glass-tiles/>; E-Scrap News, 8 November 2018, <https://resource-recycling.com/e-scrap/2018/11/08/spanish-crt-outlethalts-u-s-glass-shipments/>
21. X. Tong et al., Towards an inclusive circular economy: Quantifying the spatial flows of e-waste through the informal sector in China, in *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 135, August 2018, pp. 163-171
22. https://www.wto.org/english/tratop_e/dispu_e/cases_e/ds332_e.htm