

РЕЦИКЛІНГ – СУЧАСНИЙ ШЛЯХ УПРАВЛІННЯ І ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ

Сорочинська О.Л.¹, Лук'янова В.В.^{1,2}, Ничкалюк Г.В.¹

¹Державний університет інфраструктури та технологій
вул. Кирилівська 9, 04071, м. Київ

² Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища
Національної академії наук України»
пр. Палладіна, 34А, 03142, м. Київ
ellena06.84@ulr.net

Проблема утворення відходів сьогодні є глобальною проблемою і нагальним питанням державної політики для всього міжнародного співтовариства. Постійно зростаючі обсяги відходів та пов'язані з ними небезпеки мають значний вплив на глобальне та місцеве довкілля, стан природних ресурсів, здоров'я населення, місцеву економіку та умови життя, а також все більше суперечать цілям сталого розвитку. Відходи – це складна суміш матеріалів, що характеризується різноманітним складом і містить велику кількість антропогенних забруднювачів хімічного та біологічного походження, які становлять потенційну небезпеку для здоров'я населення. В країні, з огляду на структуру господарського комплексу та домінування ресурсоемних комплексних технологій переробки відходів, поводження з відходами є не лише технічним питанням, а комплексною проблемою, яка охоплює всі важливі аспекти сталого розвитку: екологічний, економічний та соціальний. Враховуючи глобальний характер проблеми для суспільства, нашій країні необхідно сформувати соціально прийнятну систему поводження з відходами та розробити сучасну стратегію управління відходами.

Проблеми, пов'язані з накопиченням відходів, виникли ще на початку 20-го століття і, незважаючи на зусилля, спрямовані на поліпшення ситуації в цій сфері, їх актуальність продовжує зростати: в 1997 році в доповіді Генерального секретаря ООН Генеральній Асамблеї було підсумовано катастрофічну ситуацію із забрудненням навколишнього середовища і, що особливо важливо, було зазначено, що саме за останні два десятиліття минулого століття кількість відходів в індустріально розвинених країнах потроїлася. Сьогодні у своїй господарській діяльності людина використовує близько 100000 небезпечних речовин, які не мають природних аналогів і вплив яких на живі організми та екосистеми не достатньо вивчений. Після використання ці речовини створюють ризик забруднення навколишнього середовища на кожному етапі утилізації відходів. Щороку ця кількість збільшується на 500–1000 нових видів речовин. Однією з головних причин такого погіршення ситуації є недалекоглядна модель виробництва та споживання, яка наразі є однаковою як у країнах з високим, так і з низьким рівнем економічного розвитку. На жаль, людська діяльність продукує велику кількість відходів, які не можуть розкладатися під дією самоочищення природних систем. Тому настав час для людства розглянути абсолютно новий підхід до споживання ресурсів та поводження з відходами. *Ключові слова:* поводження з відходами, рециклінг, циркуляційна економіка, утилізація.

Recycling is the modern way Waste management and treatment. Sorochynska O., Lukianova V., Nychkalyuk G.

The problem of waste generation today is a global problem and an urgent issue of state policy for the entire international community. Ever-increasing amounts of waste and associated hazards have significant impacts on the global and local environment, the state of natural resources, public health, local economies and living conditions, and are increasingly at odds with the goals of sustainable development. Waste is a complex mixture of materials, characterized by a diverse composition and containing a large number of anthropogenic pollutants of chemical and biological origin, which pose a potential danger to the health of the population. In the country, given the structure of the economic complex and the dominance of resource-intensive complex waste processing technologies, waste management is not only a technical issue, but a complex problem that covers all important aspects of sustainable development: ecological, economic and social. Considering the global nature of the problem for society, our country needs to form a socially acceptable waste management system and develop a modern waste management strategy.

Problems related to the accumulation of waste arose at the beginning of the 20th century and, despite efforts aimed at improving the situation in this area, their relevance continues to grow: in 1997, the UN Secretary General's report to the General Assembly summarized the catastrophic situation with environmental pollution and, what is especially important, it was noted that in the last two decades of the last century, the amount of waste in industrialized countries has tripled. Today, in his economic activities, man uses about 100,000 hazardous substances that have no natural analogues and whose impact on living organisms and ecosystems is not sufficiently studied. After use, these substances pose a risk of environmental pollution at each stage of waste disposal. Every year, this number increases by 500–1000 new types of substances. One of the main reasons for this deterioration of the situation is the short-sighted model of production and consumption, which is currently the same in countries with high and low levels of economic development. Unfortunately, human activity produces a large amount of waste that cannot be decomposed under the action of self-cleaning natural systems. Therefore, it is time for humanity to consider a completely new approach to resource consumption and waste management. *Key words:* waste management, recycling, circular economy, utilization.

Постановка проблеми. Проблема утилізації відходів сьогодні одна з найактуальніших в усьому світі. Відходи промислового виробництва утворюються внаслідок виробничої діяльності людини у різних галузях промисловості, наприклад, при виконанні гірничих робіт, у металургійному виробництві, видо-

буванні нафти, в ядерній енергетиці, а також при виготовленні більшості матеріалів, таких як пестициди та гербіциди, хімічні захисні засоби та розчинники, фарби та барвники, вибухові речовини, гума та пластмаси, целюлоза і папір та багато іншого. В Україні відходи все ще здебільшого звозяться на звалища, які часто є несанкціонованими і не пристосованими для певних видів відходів, і залишаються там, займаючи все більшу і більшу площу земель, в той час як у всьому світі все більше звертаються до переробки відходів та використання їх як вторинної сировини. Цей процес називається рециклінгом.

Актуальність дослідження. Проблема управління і поводження з відходами в Україні наразі має велике значення. Наразі понад 90% відходів в Україні захоронюється на полігонах і лише 3,2% переробляється, що не відповідає європейським стандартам. У 2022 році в Україні було утворено понад 16 млн тонн відходів, що призводить до катастрофічних наслідків для довкілля, в тому числі для здоров'я населення. Окрім побутових відходів, з кожним роком зростає кількість відходів від підприємств та руйнувань, спричинених військовими діями.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідженням управління відходами вже давно займаються науковці всього світу, оскільки ця проблема стає надзвичайно гострою. Питання, пов'язані з утворенням відходів та методами їх утилізації, досліджуються як вітчизняним так і зарубіжними вченими, такими як Л. Щаслива, А. Пашков, Г. Спринська, Є. Михайлова, Г. Панчева, Г. Резніченко, В. Погребенник, І. Коваль, Е. Джумеля, М. Вадівала, М. Вагнагі [1, 2, 3, 4].

Виклад основного матеріалу. Входження України до міжнародної спільноти, впровадження ринкових методів управління як економікою, так і окремими підприємствами і організаціями вимагає знання та

дотримання сучасних єдиних норм і правил в галузі екологічної діяльності, впровадження екологічно орієнтованих методів управління. 9 липня 2023 року набув чинності новий Закон України «Про управління відходами», що кардинально змінює усю систему поводження з відходами [5]. На шляху прямування до Європейського союзу особливо важливо відповідати європейському законодавству, тому перед більшістю галузей України стоїть завдання інтегруватися та створити якісну систему управління на підприємствах що відповідатиме сучасним вимогам, зокрема і поводженню та утилізації відходів [6, 7].

Економіка замкненого циклу або циркулярна економіка – модель економічного розвитку, заснована на відновленні та раціональному споживанні ресурсів, альтернатива традиційній, лінійній, економіці. Характеризується створенням нових альтернативних економічних підходів, завданням яких є мінімізація негативного людського впливу на довкілля [8].

Економіка замкненого циклу покликана змінити класичну лінійну модель виробництва, концентруючись на продуктах і послугах, які мінімізують відходи та інші види забруднень. Даний тип економіки розглядається як частина Четвертої промислової революції, в результаті якої в цілому підвищиться раціональність використання ресурсів, в тому числі природних, економіка стане більш прозорою, передбачуваною, а її розвиток – швидким і системним.

Основні принципи економіки замкненого циклу засновані на відновленні ресурсів, переробці вторинної сировини, перехід від викопного палива до використання відновлюваних джерел енергії. Усе це створює так звану «систему замкненого циклу», яка мінімізує використання ресурсів, утворення відходів, забруднення довкілля та обсяг викидів вуглецю. Циркулярна економіка має на меті продовження термінів використання продуктів, обладнання та



Рис. 1. Схема лінійної та циркуляційної економіки

інфраструктури, таким чином покращуючи продуктивність цих ресурсів. Відходи матеріалів та енергії повинні стати сировиною для інших процесів: або компонентом, або відновленим ресурсом для іншого промислового процесу, або ж як відновлювальні ресурси для природи (наприклад, компост). Такий циркулярний підхід є набагато кращою альтернативою традиційній «лінійній економіці», в основі якого лежить примітивний принцип «бери, використовуй, викидай».

Також змінюється підхід до самого процесу управління відходами. А саме пропонується нова модель ієрархії управління відходами. Ієрархія управління відходами – це ранжування методів та операцій поводження з відходами відповідного до того, що є найкращим для навколишнього природного середовища.

Ієрархія управління відходами відповідає меті циркулярної економіки, визначаючи методи поводження з відходами від найбажанішого до найменш прийняттого. Існують ієрархії різних рівнів – від 3-ступневої до 7-ми та 10-ти ступеневих. Наприклад, повторне використання з метою запобігання утворенню відходів є найбільш бажаним методом, за ним слідує рециклінг (включаючи компостування), відновлення, в тому числі і відновлення енергії, при цьому видалення відходів на полігони повинно бути самим крайнім і найменш бажаним методом. Нижче на рисунку наведена європейська 5-ти ступенева ієрархія управління відходами, яка задекларована у «Національній стратегії управління відходами в Україні до 2030 року» (далі – Стратегія).

Відповідно до Стратегії, передбачається, що до 2030 року 50% відходів спрямовуватимуться на перероблення, а з 6 000 полігонів/звалищ буде лише 300 полігонів, що відповідатимуть європейським вимогам.

Законодавство ЄС про відходи також встановлює конкретні цілі щодо збільшення переробки певних

потоків відходів, таких як електронне обладнання, транспортні засоби, у яких закінчився термін експлуатації, акумулятори, відходи будівництва та демонтажу, побутові відходи та відходи пакування, а також зменшення кількості біорозкладних відходів, що розміщуються на полігонах.

У країнах, де охороні довкілля приділяють велику увагу, обсяги переробки вторинних матеріалів постійно збільшуються. Проте використання відходів для повторного виробництва обмежується їх нестабільними і гіршими порівняно з вихідними властивостями продукту. Кінцева продукція з їх використанням часто не відповідає естетичним та іншим критеріям. Для деяких видів продукції використання вторинної сировини взагалі заборонено діючими санітарними нормами. Наприклад, у багатьох країнах діє заборона на використання деяких вторинних полімерів для виробництва упаковки для їжі. Сам процес отримання готової продукції зі вторинної сировини є дуже складним. Повторне використання утилізованих матеріалів потребує особливого переналаштування параметрів технологічного процесу через те, що вторинний матеріал може змінювати свої фізичні і хімічні властивості, а також може містити інші включення. У деяких випадках до готової продукції пред'являються особливі механічні вимоги, яких просто неможливо дотриматись при використанні вторинної сировини. Тому для використання вторинної сировини необхідно досягти балансу між заданими властивостями кінцевого продукту і середніми характеристиками вторинного матеріалу. Основою для подібних розробок повинна стати ідея створення нових виробів зі вторинної сировини, а також часткової заміни первинних матеріалів вторинними у традиційних виробках.

В середньому у Європейському союзі переробляється близько 66% відходів пакування [9]. Відповідно до Директиви № 94/62/ЄС Європейського



Рис. 2. Ієрархія управління відходами

Парламенту і Ради про пакування та відходи пакування не пізніше 31 грудня 2030 року мінімум 70% від ваги всіх відходів пакування буде перероблено (55% пластику; 85% паперу та картону 30% деревини та ін.) [10]. Українська Національна стратегія управління відходами передбачає переробку 15% усіх відходів до 2023 року та 50% у 2030 році. Спеціальні цільові показники по рециклінгу пакування мають бути відображені у майбутньому законі про пакування (упаковку).

В Україні на сьогодні налічується приблизно 5470 полігонів та звалищ, з них 5,6% перевантажені, а 30% не відповідають вимогам. За оцінками експертів, європейським вимогам не відповідають більше 99% полігонів. Накопичення відходів на полігонах і звалищах призводить до забруднення атмосфери, ґрунтів, підземних вод та поверхневих водойм, впливає на функціонування екосистем, завдає шкоди сільському господарству, а викиди газу впливають на зміну клімату. Через недосконалу систему поводження з відходами у приватному секторі щорічно виявляється 26,6 тисяч несанкціонованих звалищ, площею 0,75 тисяч га. Недосконалість системи роздільного збирання побутових відходів призводить до втрати мільйонів тон ресурсоцінних матеріалів, що містяться у відходах [11].

У той час, як у країнах Європи мають намір припинити захоронювати тверді побутові відходи на полігонах через 5–7 років, в більшості населених пунктів України інтенсивно захоронюють їх на полігонах. Угода про асоціацію між Україною та Європейським Союзом зумовлює необхідність впровадження європейських стандартів у сфері пово-

дження з побутовими відходами. Відповідно до цієї Угоди, Україна поступово впроваджує роздільний збір побутових відходів й зменшує обсяги відходів, що вивозяться на полігони.

Пріоритетними завданнями екологічно безпечного поводження з твердими побутовими відходами є впровадження ефективної системи роздільного збору, що дозволить на 25–30% скоротити обсяг відходів, які щоденно вивозяться на полігони [12].

Одним із сучасних методів зменшення накопичування відходів на полігонах є рециклінг. Рециклінг твердих побутових відходів здатний розв’язати відразу декілька проблем, а саме: по-перше, зменшити кількість відходів, які забруднюють довкілля, по-друге, дати можливість знизити витрати первинної сировини і збільшити можливості компенсації затрат енергії.

Рециклінг – операція з відновлення, у результаті якої відходи переробляються у продукцію, матеріали або речовини для їх використання за первинною або іншою метою. Ця операція включає перероблення органічного матеріалу, але не включає виробництва енергії чи перетворення відходів у матеріали, що можуть бути використані як паливо або як матеріали для зворотного заповнення [5]. Рециклінг є ключовим елементом циркулярної економіки та одним із основних етапів поводження з відходами. Він лідирує серед найпростіших і найефективніших методів боротьби з відходами, що все більше засмічують планету. Є два основних варіанти рециклінгу, зокрема: використання відходів повторно за тим же призначенням, та повернення їх у виробничий цикл.

Для переробки за допомогою рециклінгу підходить все те, що створила людина і те, що не підля-

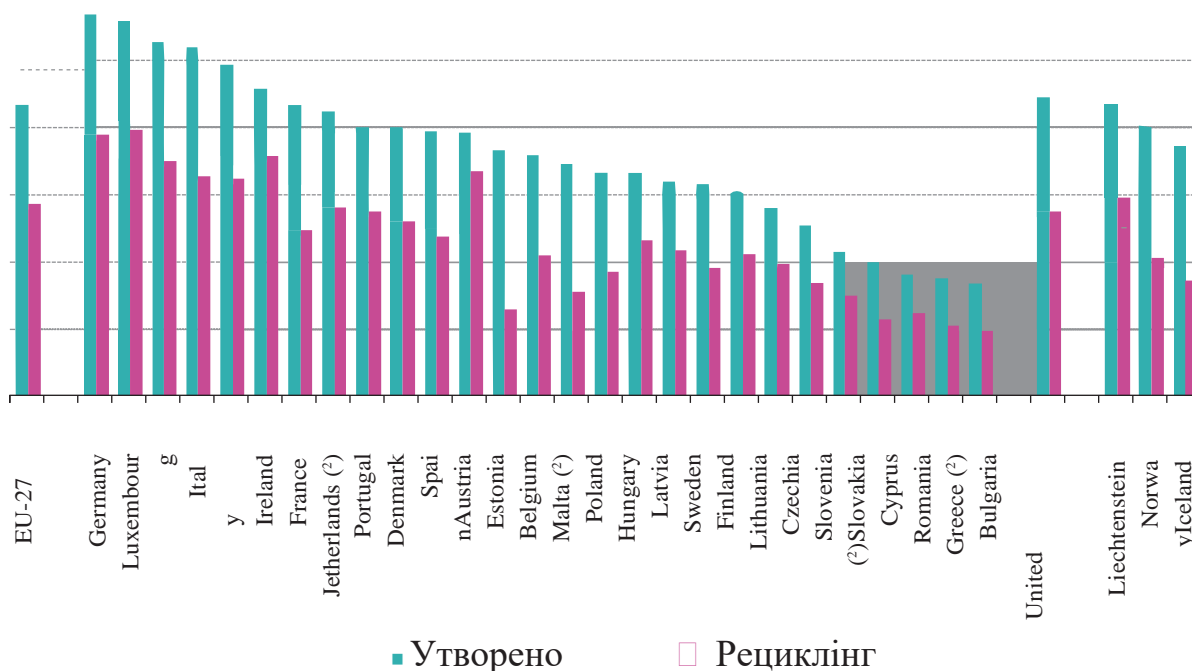


Рис. 3. Утворення та рециклінг відходів пакування у країнах Європи [9]

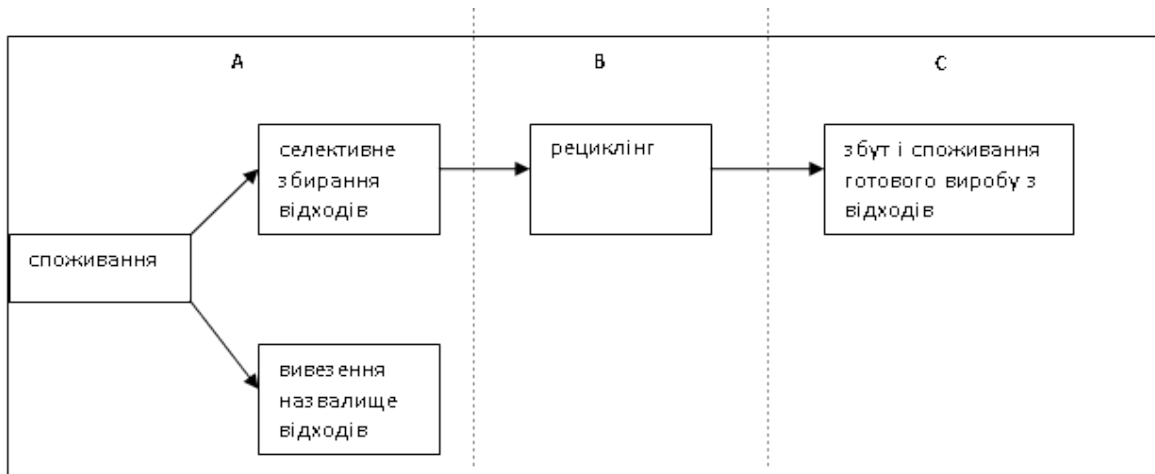


Рис. 4. Схема процесу рециклінгу [13]



Рис. 5. Механічний рециклінг

гає швидкому природному розкладанню. Насамперед мова йде про металеві банки, скляні тари, пластмасу. Однак це не все, що можна переробити за допомогою цієї системи. Інші види відходів зазвичай поділяють на кілька категорій: біологічні (деревина, папір, текстиль), технічні (металобрухт, бетон, цегла, скло, пластик, шини) та багато компонентні (комп'ютери, телефони, телевізори). Ще однією передумовою рециклінгу є сегрегація відходів. Кожен вид відходів потребує свого підходу до переробки. Розрізняють два основні різновиди рециклінгу: матеріальний (механічний) (рисунок 6) і сировинний (хімічний) (рисунок 7). Матеріальний (механічний) рециклінг – це процес, під час якого відходи перетворюються лише механічно, насамперед у результаті подрібнення, просіювання та змішування. Цей вид переробки використовує фізичні властивості речовини без істотного порушення його хімічної будови. Продукт рециклінгу можна використовувати для нового виробництва. Його якість залежить від хімічного складу і ступеня чистоти утилізованого матеріалу. При високій якості

продукту рециклінгу можна замінити новий матеріал продуктом рециркуляції для виготовлення таких виробів. Коли якість продукту рециклінгу є середнім, він може бути застосований тільки для виробів, які зазвичай виготовляють з інших матеріалів.

Сировинний (хімічний) рециклінг – це процес перетворення відходів, під час якого, використовуючи реактивність хімічної сполуки, здійснюються відповідні реакції, які провокують деградацію речовини до вихідних низькомолекулярних сполук. Це дозволяє використовувати продукт для виготовлення виробу за якістю створення первинного продукту [14].

Переробка відходів має як екологічні, так і економічні переваги. До екологічних переваг належать: економія місця на звалищах, оскільки відходи переробляються, а не захоронюються; зменшення шкідливих викидів в атмосферу, спричинених видобутком нових ресурсів і виробництвом сировини з нуля; економія енергії, оскільки не потрібно витратити гроші на транспортування сировини та збереження природних ресурсів.

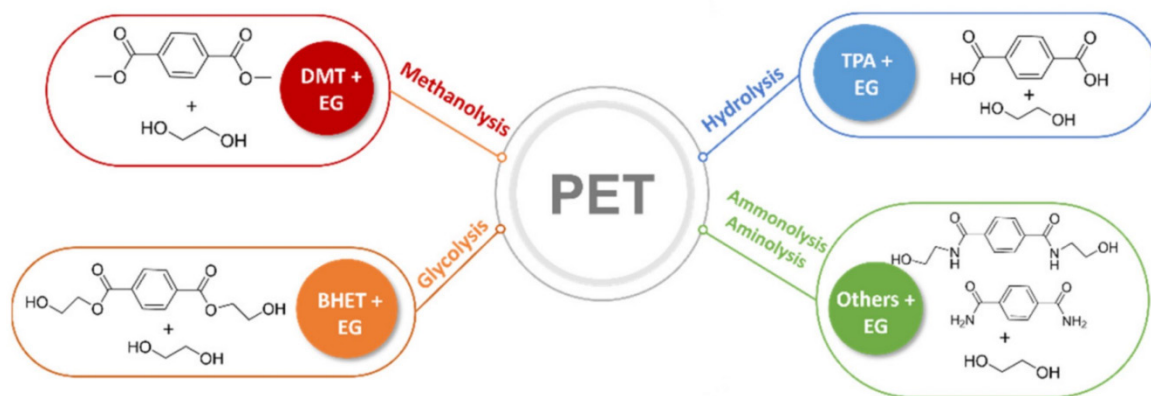


Рис. 6. Хімічний рециклінг

Переробка відходів передбачає виробництво певних видів товарів, а також надання певних видів послуг. Крім виробництва продукції з перероблених матеріалів, переробка відходів передбачає також виробництво електроенергії, газу, палива та тепла як продуктів у великих обсягах. Суть цього методу полягає в цілеспрямованій переробці побутових відходів за допомогою спеціального обладнання та технологій. Впровадження цього методу допоможе вирішити проблему побутового опалення в багатьох українських містах.

Варто визнати, що досі в регіонах України з низькою ефективністю формується інфраструктура, яка забезпечує збір, транспортування, переробку відходів. Основною операцією, яка завершує життєвий цикл відходів, залишається їх розміщення в місцях видалення відходів. Тому держава, зокрема й її регіони, повинні виступати в ролі інвестора для низькоєфективних, але необхідних для суспільства процесів рециклінгу твердих відходів, або створювати умови для їх успішної комерційної реалізації [15].

Зміна концептуального підходу до поводження з відходами, перехід від утилізації відходів до запо-

бігання, вирішення питання скорочення утворення відходів, сортування, переробки, впровадження використання відходів як матеріального та енергетичного ресурсу є ключем до досягнення позитивних результатів у вирішенні проблеми відходів в Україні.

Висновки. Впровадження рециклінгу позитивно вплине на економічні та екологічні показники. Крім того, створення сучасної системи управління відходами наблизить нашу країну до європейських стандартів у сфері поводження з відходами. Вимоги до екологічних стандартів постійно зростають, і якщо Україна не перебудує свою виробничу систему відповідно до нових вимог, наша країна не тільки не зможе реалізувати наміри європейської інтеграції, а й завдасть непоправної шкоди навколишньому середовищу. Тому вкрай необхідно й надалі продовжувати розробляти конкретні рекомендації для впровадження управління відходами та економічно обґрунтовувати необхідність використання рециклінгу для більшої кількості видів вторинної сировини.

Література

- Щаслива Л. А., Пашков А. П., Спринська Г. М. Передовий світовий еколого-економічний досвід утилізації твердих побутових відходів. *Поводження з відходами в Україні: законодавство, економіка, технології*: зб. мат. Національного форуму, 22–23 лист. 2018 р. К.: Центр екологічної освіти та інформації, 2018. С. 15–17.
- Михайлова Є.О., Панчева Г.М., Резніченко Г.М. Ефективні механізми поводження з твердими побутовими відходами в Україні. *Комунальне господарство міст*. 2019. Т. 5. Вип. 151. С. 37–44. DOI 10.33042/2522-1809-2019-5-151-37-44
- Погребенник В.Д., Коваль І.І., Джумеля Е.А. Тенденції розвитку методів і систем управління відходами. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2019. №29(1). С. 78–82. URL: <https://doi.org/10.15421/40290117>
- Vadivala M., Vagnani M. Integrated solid waste management based on 3R's. *International journal of advanced research in engineering, science and management (UJARESM)*, 2015. P. 1–6.
- Про управління відходами: Закон України від 20.06.2022 р. № 2320-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text>
- A strategic analysis of the prerequisites for the implementation of waste management at the regional level. / Iryna Kotsiuba, Olena Herasymchuk, Volodymyr Shamrai, Vitalina Lukianova, Yevheniia Anpilova, Oksana Rybak, Iulia Lefter. *Ecological Engineering and Environmental Technology* 2023. Vol. 24, Issue 1, 2023, P. 55-66 <https://doi.org/10.12912/27197050/154918>
- Коцюба І.Г., Лико С.М., Лук'янова В.В., Анпілова Є.С. Науково-теоретичне обґрунтування накопичення твердих побутових відходів Житомирщин. *Екологічна безпека та природокористування*. 2020. № 4 (36). С. 56–65. URL: <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2020.4.56-65>
- Ruda, Maryana; Yaremchuk, Tetiana; Bortnikova, Maryana. Circular economy in Ukraine: adaptation of European experience. *Management and Entrepreneurship in Ukraine: the stages of formation and problems of development* (англ.). 2021. № 1. P. 212–222. doi:10.23939/smeu2021.01.212.

9. Packaging waste statistics. Eurostat: веб-сайт. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Packaging_waste_statistics#Recycling_and_recovery_targets_and_rates
10. Директиви 94/62/ЄС Європейського парламенту та Ради від 20 грудня 1994 р. Про пакування та відходи пакування. EUR-lex: веб-сайт. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A01994L0062-20180704>
11. Іщенко В.А. Способи поводження з твердими побутовими відходами у містах України. *Екологічна безпека та природокористування*. 2015. № 2. С. 21–30.
12. Кривенко С.В. Проблеми вдосконалення системи управління сферою поводження з твердими побутовими відходами: регіональний аспект. *Управління розвитком*. 2015. № 2. С. 12–19.
13. Вороніна Р.М. Логістика рециклінгу. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. 2008. № 623: Логістика. С. 28–33.
14. Авраменко О.В. Використання логістики в рециклінгу. *Сучасні проблеми управління підприємствами: теорія та практика*: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. Харків: ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2017. С. 153–156.
15. Використання експертних методів у системі управління сферою поводження з твердими побутовими відходами регіону / П. В. Писаренко та ін. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. № 4. С. 83–91. URL: <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.04.10>.