

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ,
ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕКОЛОГІЇ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач випускової кафедри
_____ Тамара ДУДАР
« _____ » _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ «БАКАЛАВР»

Тема: «Оцінка ефективності технологій управління полімерними
відходами»

Виконавець: здобувачка групи ЕК401- Б Помаз Аліна Олександрівна
(здобувач, група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник: канд.техн.наук, доцент Павлюх Леся Іванівна
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Нормоконтролер:

(підпис)

Андріан ЯВНЮК
(ім'я, прізвище)

КИЇВ 2024

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій

Кафедра екології

Спеціальність,

освітньо-професійна

програма:

спеціальність

101

«Екологія»,

ОПП

«Екологія та

охорона навколишнього середовища»

(шифр, найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач випускової кафедри

Тамара ДУДАР

«_____» _____ 2024

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи

Помаз Аліни Олександрівни

1. Тема роботи «Оцінка ефективності управління полімерними відходами» затверджена наказом ректора від 03 квітня 2024, № 504/ст.
2. Термін виконання роботи: з 20.05.2024 р. по 16.06.2024 р.
3. Вихідні дані роботи: статистичні дані про полімерні відходи.
4. Зміст пояснювальної записки: проаналізувати проблеми утилізації полімерних відходів у контексті сталого розвитку; дослідити основні технології управління полімерними відходами; оцінити ефективність технологій управління полімерними відходами; розробити рекомендації щодо вдосконалення управління полімерними відходами.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: таблиці, рисунки.

6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1	Отримання теми завдання, пошук літературних джерел та законодавчої бази	20.05.2024	
2	Підготовка основної частини (Розділ I)	21.05.2024-25.05.2024	
3	Підготовка основної частини (Розділ II)	26.05.2024-27.05.2024	
4	Підготовка основної частини (Розділ III)	28.05.2024-31.05.2024	
5	Формулювання висновків та рекомендацій дипломної роботи	01.06.2024	
6	Оформлення пояснювальної записки до попереднього представлення на кафедрі, консультація нормоконтролером	02.06.2024	
7	Представлення роботи на кафедрі	03.06.2024	
8	Урахування зауважень, рекомендацій та підготовка до захисту	04.06.2024-09.06.2024	
9	Захист роботи на кафедрі	11.06.2024	

7. Дата видачі завдання: «20»травня_2024 р.

Керівник кваліфікаційної роботи:

_____ (підпис керівника)

Леся ПАВЛЮХ

(П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання:

(підпис випускника)

Аліна ПОМАЗ

(П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи «Оцінка ефективності технологій управління полімерними відходами»: 71 с., 13 рис., 8 табл. , 48 літературних джерел.

Об'єкт дослідження – управління полімерними відходами.

Мета роботи – оцінити, які з методів переробки полімерних відходів мають найменший вплив на навколишнє середовище та здоров'я людини і є економічно ефективними.

Методи дослідження – оброблення, компонування даних, їх аналіз, порівняння, синтез і систематизація; узагальнення науково-теоретичних і дослідних даних; системний підхід, методи спостереження та порівняння.

У кваліфікаційній роботі оцінено ефективність технологій управління полімерними відходами, встановлено їхній вплив на навколишнє середовище та розроблено рекомендації щодо вдосконалення системи управління зазначеними відходами.

ПОЛІМЕРНІ ВІДХОДИ, УПРАВЛІННЯ, УТИЛІЗАЦІЯ, ДОВКІЛЛЯ,
СТАЛІЙ РОЗВИТОК

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. ПРОБЛЕМИ УТИЛІЗАЦІЇ ПОЛІМЕРНИХ ВІДХОДІВ У КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ.....	11
1.1. Класифікація відходів полімерів.....	11
1.2. Порівняльний аналіз різновидів полімерних матеріалів.....	14
1.3. Вплив полімерних відходів на життєдіяльність живих організмів та навколишнє середовище.....	19
1.4. Основні технології управління полімерними відходами.....	25
1.5. Правове регулювання управління полімерними відходами.....	28
1.6. Висновки до розділу.....	35
РОЗДІЛ 2. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ ПОЛІМЕРНИМИ ВІДХОДАМИ.....	37
2.1. Принципи реформування та управління відходами	37
2.2. Шляхи поводження з відходами полімерних матеріалів.....	39
2.3. Характеристика переробки відходів на прикладі поліетилену.....	40
2.4. Порівняльний аналіз ефективності різних технологій управління полімерними відходами.....	43
2.5. Оцінка ефективності технологій управління полімерними відходами.....	46
2.6. Висновки до розділу.....	53
РОЗДІЛ 3. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВДОСКОНАЛЕННЯ УПРАВЛІННЯ ПОЛІМЕРНИМИ ВІДХОДАМИ.....	55
3.1. Заходи щодо зниження утворення полімерних відходів.....	55
3.2. Розвиток інфраструктури збирання та переробки полімерних відходів.....	59
3.3. Економічні стимули до впровадження ефективних технологій управління полімерними відходами.....	63

3.4. Висновки до розділу.....	65
ВИСНОВКИ.....	67
СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ	
ДЖЕРЕЛ.....	69

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

ПС - природне середовище;

ТПВ - тверді побутові відходи;

SPI - «Спілкі пластикої промисловості»;

PET - Поліетилентерефталат;

HDPE - Поліетилен високої щільності;

ПНТ - поліетилен низького тиску;

ПВЩ - поліетилен високої щільності;

PVC - Полівінілхлорид;

LDPE або ПВТ - Поліетилен низької щільності;

PP - Поліпропілен;

PS - Полістирол;

GPPS - Прозорий полістиролзагального призначення;

HIPS - Ударостійкий полістирол;

ЄС - Європейський Союз;

ВСТУП

Актуальність теми. Сьогодні полімерні матеріали широко використовуються у повсякденному житті кожної людини завдяки своїм унікальним властивостям, таким як тривалий термін експлуатації, легка обробка та низькі виробничі витрати. Однак стійкість та стабільність до розкладу в природних умовах призвели до накопичення пластмасових відходів у навколишньому середовищі. У зв'язку з цим майже всі підприємства використовують полімерну упаковку для харчових та нехарчових товарів.

Пластикові відходи відносяться до III-IV класу небезпеки, а неперероблені пластмаси становлять серйозну загрозу для навколишнього середовища, оскільки з часом виділяють канцерогенні токсичні речовини, такі як формальдегід і фталати. Пластмаси особливо небезпечні, коли вони займаються. При горінні пластику часто спостерігаються важкі отруєння, оскільки він виділяє токсичні гази, такі як фурани, діоксини, хлористий водень і чадний газ, які замінюють весь кисень у крові. Процес розкладання пластику на звалищах сам по собі є дуже небезпечним явищем.

Переробка полімерних відходів є актуальним питанням сьогодення з метою збереження та підтримання екологічного стану довкілля та вирішення проблеми забруднення навколишнього середовища.

Питання переробки полімерних відходів є актуальним як з екологічних, так і з енергозберігаючих міркувань. Завдяки високій стійкості до зовнішніх факторів навколишнього середовища, переробка полімерних відходів стимулюється зменшенням запасів природних ресурсів і зростанням цін на природний газ і нафту. Це створює замкнутий сировинний цикл і зменшує соціальні витрати на охорону навколишнього середовища. Використання вторинної сировини, отриманої з полімерних відходів, підпорядковується законам економічного попиту та пропозиції, а їхня екологічна роль є важливою, але другорядною.

Різні підходи до аналізу еколого-економічної оцінки впливу відходів на навколишнє природне середовище, включаючи питання, пов'язані з методами утилізації відходів, управлінням та впровадженням систем поводження з відходами, можна знайти в наукових працях багатьох вітчизняних та зарубіжних вчених: О.Ф. Балацький, Р.І. Байцар, О.О.Білопільська, О.О. Веклич, Х.І. Депко, Т.М. Довга, С.С. Душкін, О.П.Ігнатенко, В.О. Лук'янихін, Ю.М. Маковецька, Л.Г. Мельник, Є.В. Мішенін, В.С. Міщенко, М.Ю. Шабалов, Т.І. Шевченко, В.Ю. Школа.

Мета і завдання виконання дипломної роботи.

Мета роботи – оцінити, які з методів переробки полімерних відходів мають найменший вплив на навколишнє середовище та здоров'я людини і є економічно ефективними.

Завдання роботи:

1. Дослідити нормативно-правову базу у сфері управління відходами.
2. Проаналізувати стан, проблеми та визначити перспективи утилізації полімерних відходів.
3. Дослідити основні технології управління полімерними відходами.
4. Обґрунтувати найбільш економічно та екологічно доцільні методи утилізації.
5. Розробити рекомендації щодо зменшення впливу полімерних відходів на навколишнє середовище та здоров'я людини.

Об'єкт дослідження – управління полімерними відходами.

Предмет дослідження – фактори, які впливають на ефективність утилізації полімерних відходів.

Методи дослідження – оброблення, компонування даних, їх аналіз, порівняння, синтез і систематизація; узагальнення науково-теоретичних і дослідних даних; системний підхід, методи спостереження та порівняння.

Практичне значення отриманих результатів полягає у їх використанні при удосконаленні технологій утилізації полімерних відходів з метою зменшення негативного впливу до довкілля.

Особистий внесок полягає в оцінці ефективності технологій управління полімерними відходами та розрахунку викидів забруднюючих речовини при утилізації вказаних відходів.

Апробація: Конференція “Політ. Сучасні проблеми науки”.

Публікації:

1. Максим Артеменко, Аліна Помаз. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНІ ЗАХОДИ ЗМЕНШЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ПОЛІГОНІВ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ НА ДОВКІЛЛЯ. *ПОЛІТ. СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ НАУКИ*. XXIV Міжнародна науково-практична конференція здобувачів вищої освіти і молодих учених: тези доповідей. 2-5 квітня 2024 р. С. 5-6.

2. Аліна Помаз, Максим Артеменко. ІННОВАЦІЙНІ СТРАТЕГІЇ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ ЕКОСИСТЕМ. *ПОЛІТ. СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ НАУКИ*. XXIV Міжнародна науково-практична конференція здобувачів вищої освіти і молодих учених: тези доповідей. 2-5 квітня 2024 р. С. 25-26.

РОЗДІЛ 1

ПРОБЛЕМИ УТИЛІЗАЦІЇ ПОЛІМЕРНИХ ВІДХОДІВ У КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Утилізація полімерних відходів – це одна з нагальних проблем у рамках сталого розвитку. Полімери, такі як пластик, відіграють значну роль у нашому сучасному житті, проте їхнє використання супроводжується серйозними проблемами утилізації.

Однією з ключових проблем є недостатня ефективність процесів переробки та відновлення полімерних відходів. Багато полімерів важко або навіть неможливо переробити, що призводить до їхнього накопичення на смітниках або в природних середовищах.

Іншою проблемою є загроза навколишнього середовища, створювана полімерними відходами. Пластикові пляшки, пакети та інші полімерні вироби часто забруднюють морські та суходільні екосистеми, шкодять тваринам і птахам, а також потрапляють у харчовий ланцюг через мікрочастки пластику.

Однак існують різноманітні підходи до вирішення цих проблем. До них входять розвиток нових технологій переробки, створення біорозкладних полімерів, використання альтернативних матеріалів упаковки та популяризація повторного використання та переробки відходів. Також важливо вдосконалювати системи сортування й утилізації відходів і залучати до цього процесу якнайбільше людей.

У цілому, вирішення проблеми утилізації полімерних відходів вимагає комплексного підходу, що враховує технологічні, екологічні та соціально-економічні аспекти сталого розвитку.

1.1. Класифікація полімерних відходів

За даними Державної служби статистики України, в нашій країні щорічно утворюється в середньому близько 10 млн тонн твердих побутових відходів, морфологічний склад яких виглядає наступним чином і відображено на рисунку 1.1.



Рис. 1.1. Середній морфологічний склад ТПВ за 2023 рік

В Україні за 2023 рік (без урахування даних АР Крим та тимчасово окупованих територій) утворилось майже 56 млн. м³ побутових відходів, або понад 10 млн тонн, які захоронюються на 6 тис. сміттєзвалищ і полігонів загальною площею майже 10 тис. га [3]. Полімерні відходи становлять приблизно 10 % .

Полімери поділяють на такі види:

а) за сферою виробництва:

- утворення відходів від підприємств, що переробляють полімери;
- утворення відходів від підприємств, що використовують полімери у виготовленні своїх товарів;
- утворення відходів від підприємств, що використовують готові товари зроблені із полімерів у процесі виробництва своєї продукції.

б) за сферою споживання:

- полімерне пакування;
- полімерні вироби для індивідуальному споживанні [4].

Класифікація полімерів відбувається за їх ознаками:

- за походженням;
- за складом;
- методами утворення;
- структурою;
- галузями використання.

За походженням поділяються (рис.1.2.):

- природні (біополімери) – білки, нуклеїнові кислоти, смоли;
- синтетичні – поліетилен, поліпропілен, фенолформальдегідні смоли;
- штучні – утворюються з природних полімерів шляхом їхньої хімічної модифікації.



Рис. 1.2. Класифікація полімерів за походженням

За хімічною структурою:

- лінійні;
- розгалужені;
- сітчасті;

- просторові.

За складом основного ланцюга:

- гетероланцюгові (в основному ланцюзі містяться атоми різних елементів);
- гомоланцюгові (основні ланцюги побудовані з однакових атомів) [4].

Сучасна людина не зможе жити без використання полімерів. Для безпечного та ефективного використання товарів, що виготовлені з полімерів, необхідно вивчати їх особливості.

1.2. Порівняльний аналіз різновидів полімерних матеріалів

У сучасному світі існує близько 150 різних типів пластику. Для надання певних властивостей цим матеріалам до їх складу додається до 20 різних добавок, деякі з яких можуть бути токсичними. Пластмаси можна класифікувати за різними критеріями, такими як хімічний склад, жирність та жорсткість. Однак основним критерієм, що пояснює поведінку пластику, є його реакція на нагрівання. З цього погляду всі пластмаси можна поділити на три основні групи: термопласти, реактопласти та еластомери [5].

Структура полімерних відходів, відображена на рис. 1.3., що використовується для пакування товарів в Україні за 2022-2023 рр.

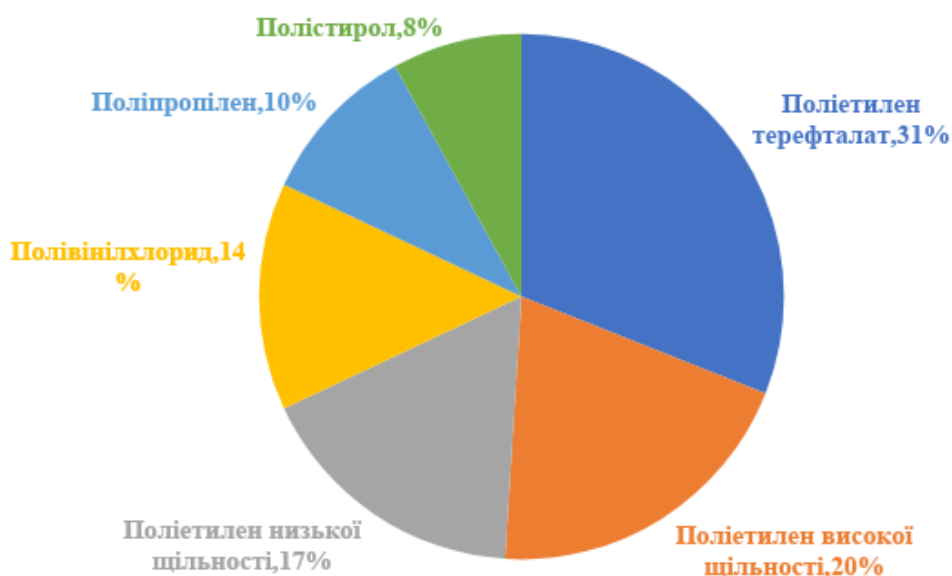


Рис. 1.3. Структура полімерних відходів (термопластів) в Україні в 2022-2023 роках

Пластик широко використовується у нашому щоденному житті, і важко уявити наше існування без нього – від пакетів і стаканчиків до контейнерів і пляшок, від дитячих іграшок до склянок і банок. Проте не кожен вид пластику придатний для контакту з харчовими продуктами. Для розуміння різноманітності типів пластику необхідно розбиратися в маркуванні різних видів матеріалу, щоб знати, які вироби можна виготовляти з певного виду пластику і чи можна їх потім переробляти.

Типи пластику та їх кодування переробки прописані «Спілкою пластикової промисловості» (SPI). Для багатьох країн позначення типів пакувального матеріалу саме за SPI є обов'язковою [6] (рис. 1.4.).










































Polymer Name	TOXICITY CODE:  LOW  HIGH						
	POLYETHYLENE TEREPHTHALATE	HIGH-DENSITY POLYETHYLENE	POLYVINYL CHLORIDE	LOW-DENSITY POLYETHYLENE	POLYPROPYLENE	POLYSTYRENE	All other plastics, including acrylic, fiberglass, nylon, polycarbonate, and polylactic acid (a bioplastic)
Resin Identification Code							
Abbreviation	PET or PETE	HDPE	PVC	LDPE	PP	PS	OTHER
Recyclable?	Commonly Recycled	Commonly Recycled	Sometimes Recycled	Sometimes Recycled	Occasionally Recycled	Commonly Recycled (but difficult to do)	Difficult to Recycle
Percentage Recycled Annually							
How Long to Decompose Under Perfect Conditions	5-10 Years	100 Years	Never	500-1,000 Years	20-30 Years	50 Years	Majority of these plastics: never Polylactic acid: 6 months
Maximum Temperature	 70°C (158°F)	 120°C (248°F)	 70°C (158°F)	 80°C (176°F)	 135°C (275°F)	 90°C (194°F)	Polycarbonate: 135°C (275°F) Polylactic acid: 150°C (302°F)
Brittleness Temperature	 -40°C (-40°F)	 -100°C (-148°F)	 -30°C (-22°F)	 -100°C (-148°F)	 0°C (32°F)	 -20°C (-4°F)	Polycarbonate: -135°C (-211°F) Polylactic acid: 60°C (140°F)
Toxicity Level							
Most Commonly Leached Toxin(s)	Antimony Oxide, Bromine, Diacromethane, Lead Oxide, Nickel Ethylene Oxide, and Benzene	Chromium Oxide, Benzoyl Peroxide, Hexane, and Cyclohexane	Benzene, Carbon Tetrachloride, 1,2-Dichloroethane, Phthalates, Ethylene Oxide, Lead Chromate, Methyl Acrylate, Methanol, Phthalic Anhydride, Tetrahydrofuran, and Tribasic Lead Sulfate, Mercury, Cadmium, Bisphenol A (BPA)	Benzene, Chromium Oxide, Cumene Hydroperoxide, and Tert-butyl Hydroperoxide	Methanol, 2,6-di-tert-Butyl-4-Methyl Phenol, and Nickel Dibutyl Dithiocarbamate	Styrene, Ethylbenzene, Benzene, Ethylene, Carbon Tetrachloride, Polyvinyl Alcohol, Antimony Oxide, and Tert-butyl Hydroperoxide, Benzoquinone	BPA, BPS, as well as all other toxins mentioned

Рис. 1.4. Класифікація пластикових відходів

Для того, щоб ефективно сортувати і переробляти пластик, необхідно розрізняти основні типи пластику, що переробляється (табл.1.1).

Таблиця 1.1

Основні типи пластику

Маркування пластику	Назва	Переробка
	Поліетилен терефталат (PET або ПЕТ)	Переробляється. Біла ПЕТ-пляшка переробляється лише у Запорізькій області
	Поліетилен високої щільності (HDPE або ПНТ)	Переробляється
	Полівінілхлорид (PVC або ПВХ)	Не піддається переробці
	Поліетилен низької щільності (LDPE або ПВТ)	Переробляється
	Поліпропілен (PP або ПП)	Переробляється
	Полістирол (PS або ПС)	Переробляється
	Інше або other	Загалом, не піддається переробці

Поліетилентерефталат (PET) - це полімер, який використовується для виробництва пластикових пляшок для напоїв, контейнерів для їжі, волоконної оптики, та інших виробів. Він має високу прозорість, міцність, легкість і стійкість до корозії, що робить його популярним матеріалом у багатьох галузях, включаючи упаковку, текстильну промисловість та інженерію [14].

Поліетилен високої щільності (HDPE) і поліетилен низького тиску (ПНТ) - це два основних типи поліетилену, які використовуються в промисловості та виробництві.

Поліетилен високої щільності (HDPE) має вищу щільність, твердіший і міцніший за ПНТ. Використовується для виготовлення труб, контейнерів, пляшок, плівки та інших продуктів, які потребують високої міцності та стійкості до розривів. Зазвичай використовується для застосувань, де потрібна висока міцність і стійкість до тиску, таких як трубопровідні системи [14].

Поліетилен низького тиску (ПНТ) має більш низьку щільність, більш гнучкий та еластичний, ніж ПВД. Зазвичай використовується для виготовлення плівки, пакувальних матеріалів, пляшок для м'яких напоїв тощо. ПНТ зазвичай має кращу здатність до формування та зварювання, що робить його більш популярним для деяких застосувань у пакуванні та обгортанні.

Полівінілхлорид (PVC) - це полімер, який отримують шляхом полімеризації мономеру вінілхлориду. Це один з найбільш широко використовуваних пластмас, які мають велику кількість застосувань у різних галузях, таких як будівництво, електротехніка, упаковка, медицина та інші.

ПВХ має численні переваги, включаючи стійкість до впливу різних хімічних речовин, термічну стійкість, довговічність і низьку ціну. В той же час, деякі аспекти використання ПВХ можуть бути спробами його переробки та відновлення, оскільки він може викидати шкідливі речовини при спалюванні або нагріванні [14].

У виробництві ПВХ важливу роль відіграють технології безпеки та екологічні стандарти для забезпечення безпеки для здоров'я людини та навколишнього середовища.

Поліетилен низької щільності (LDPE або ПВТ). Цей тип пластику широко використовується у якості упаковочного матеріалу, оскільки має пластичні властивості та матову текстуру. Виробництво цього пластику відбувається за допомогою методу екструзії, який включає два способи: розпушення до формування трубчастої плівки та охолодження на валику до отримання плоскої плівки. Отримана плівка відрізняється високою міцністю при низьких температурах, відмінною стійкістю до стискування та розтягування, а також ударостійкістю. Головною особливістю цієї плівки є низька температура розм'якшення, приблизно 100⁰С. Цей тип пластику не виділяє в навколишнє середовище високотоксичних речовин і вважається безпечним для організму людини. Використовується для виробництва пляшок, різноманітних пакетів супермаркетів, CD і DVD дисків. На відміну від поліетилену високого тиску, цей вид пластику не дуже розтягується та не легко рветься [14].

Поліпропілен (PP) - це термопластичний полімер, який використовується в різних галузях промисловості через свої властивості, такі як висока міцність, хімічна стійкість, термічна стійкість та низька вага. Він часто застосовується у виробництві упаковки, автомобільної промисловості, медичних матеріалів, текстилю, будівельних матеріалів та багато інших галузях. Цей матеріал може перероблятися методами лиття під тиском, вибивання, екструзії тощо, що робить його досить універсальним у використанні [14].

Полістирол (PS) - це пластик, який використовується для виробництва різноманітних предметів, включаючи упаковку, посуд, ізоляційні матеріали та іграшки. Він має легку вагу, стійкий до руйнування та відмінну термоізоляцію, що робить його популярним в різних сферах промисловості та побуту.

До групи **«інші види пластику»** відноситься будь-який інший пластик, який не може бути включений в попередні групи, найчастіше це є багатошарові упаковки або упаковка, що містить кілька видів пластику. Даний пластик можна відрізнити за такими ознаками:

- при згинанні на лінії згину з'являється біла смуга;

- пляшки з ПВХ бувають синього або блакитного кольору;
- шов на дні пляшки має два симетричні напливи [6].

Прозорий полістиролзагального призначення (GPPS) має хороші оптичні властивості, малу вагу та здатність до низького вологопоглинання.

Ударостійкий полістирол (HIPS) в кольоровому виконанні на сьогоднішній день є вигідним рішенням із асортиментів твердих пластиків для виготовлення рекламних виробів із застосуванням всередині приміщень. Перевагою листів ударостійкого полістиролу є їх невисока вартість, низька вага, хороша хімічна стійкість та висока твердість.

Використання пластику у виробництві дуже поширене, тому необхідно знати, які з властивостей є перевагами, а які недоліками основні відображені у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

Переваги та недоліки використання пластику

Переваги	Недоліки
<ul style="list-style-type: none"> – Легкість виробництва. – Низька вартість. – Міцність та довговічність. – Відмінна зберігаюча властивість. 	<ul style="list-style-type: none"> – Забруднення довкілля. – Негативний вплив на здоров'я. – Складність переробки. – Високе споживання ресурсів.

1.3. Вплив полімерних відходів на життєдіяльність живих організмів та навколишнє середовище

Масове виробництво пластика почалося близько 60 років тому. На сьогодні обсяг виробництва виріс у 180 разів, а саме: з 1,7 млн тонн в 1954 році

до 936 млн в 2022 році (дані «Plastics Europe»). Одних тільки пляшок для води, найпопулярнішого виробу, штампують по 480 млрд в рік (20 тис. щомиті), підрахували в Euromonitor. При цьому на переробку йде лише 9% пластика. Ще 12% спалюється, а 79% потрапляє на звалища і в довкілля. В результаті з 8,3 млрд тонн пластика, зробленого людиною до 2018 року, стільки важать 822 тис. Ейфелевих веж або 80 млн синіх китів, 6,3 млрд тонн перетворилися на сміття (дані журналу Science Advances). Прогноз ООН виглядає загрозливо: якщо нічого не робити, кількість непереробленого пластика виросте з 32 млн тонн в 2010 році до 100-250 млн в 2025-м. А до середини століття людство генеруватиме 33 млрд тонн пластикової продукції в рік – в 110 разів більше.

Згідно даним Міністерства розвитку громад та територій України станом за 2012-2023 роки в Україні (без урахування даних АР Крим та тимчасово окупованих територій) утворилось майже 53 млн. м³ побутових відходів, або понад 10 млн тонн, які захоронюються на 6 тис. сміттєзвалищ і полігонів загальною площею майже 9 тис. га [3]. Головною проблемою пластикових відходів є те, що вони є біонерозкладними полімерними матеріалами, які при накопиченні в природі викликають значну кількість проблем і перш за все, це стосується на сьогодні водної біоти, якості природної води і звичайно здоров'я людей, оскільки мікропластики (продукти розкладу звичайних полімерних матеріалів) розкладаються під дією сонця, води тощо, в кінці кінців опиняються в продуктах харчування, косметиці тощо [7].

Однією з актуальних проблем є поширення мікропластику, що визначається як будь-яка пластикова частка довжиною менше 5 мм, включаючи навіть ті, які менші за один нанометр за міжнародною класифікацією. Немає чіткого визначення мінімального розміру, іноді зустрічаються частки, які навіть менші за один нм. Переважно мікропластик утворюється внаслідок тертя синтетичних волокон у процесі прання, коли тисячі волокон відділяються від одягу і потрапляють у повітря або каналізаційну систему. Наприклад, за даними видання "The Guardian", лише у Великобританії щорічно виробляється близько 5900 тонн мікропластику, переважно за рахунок волокон, що втрачаються зі

синтетичного одягу. Ще одним важливим джерелом є частинки штучного каучуку з покришок, які автомобілі залишають на дорозі у вигляді приблизно 20 грамів на кожних 100 кілометрів подорожі. Крім того, автомобілі зношують дорожню розмітку, що також містить пластмасу. Синтетичні компоненти, такі як блискітки, ароматизатори, стабілізатори, додаються до косметичних продуктів, таких як скраби, шампуні, помади та зубна паста, а також можуть бути присутні в інших товарах, включаючи засоби для чищення, самоклеючі конверти, чайні пакети та жувальну гумку. Крім того, існує вторинний мікропластик, який утворюється внаслідок розкладання пластику століттями на крихітні частинки, зберігаючи свою молекулярну структуру [8].

На сьогодні відомо, що лише 8% ваги мікропластику складає частка у Тихоокеанській плямі (див. рис. 1.5.), але за кількістю фрагментів ця частка становить 94%. Ці показники постійно зростають, оскільки плаваюче сміття поступово розрізняється на дрібніші частинки.

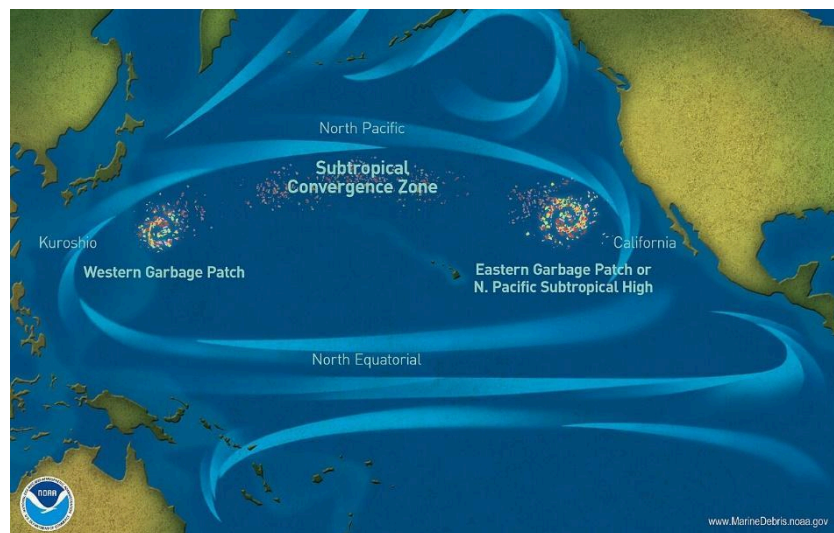


Рис. 1.5. Тихоокеанська смітцева пляма

За оцінками Європейського хімічного агентства, обсяг пластикових забруднень у Світовому океані перевищує Тихоокеанську смітцеву пляму в шість разів, якщо зібрати всі ці дрібні частинки разом. У квітні 2018 року вчені з Інституту полярних і морських досліджень (Німеччина) з'ясували, що в кожному кубометрі льоду Арктики може міститися кілька мільйонів

пластикових частинок, що на три порядки більше, ніж раніше вважалося (в 2015 році), а експедиція "Greenpeace" виявила подібні відкриття в Антарктиці.

У травні 2018 року географи з Університету Берна (Швейцарія) виявили присутність мікропластику в важкодоступних районах Альп, припускаючи, що ці частинки потрапляють туди за допомогою вітру, тоді як в Іллінойському університеті (США) дослідження показали, що мікропластик потрапив у ґрунтові води, забруднюючи ґрунт.

У водних просторах зростає кількість випадків, коли тварини ковтають пластикові фрагменти. Дослідники дикої природи і звичайні туристи все частіше натрапляють на це явище. У 2015 році біолог К. Фіггенер викликав хвилю обурення в мережі, опублікувавши відео, на якому черепаха, що живе на Коста-Ріці, має пластикову трубочку у носі. Тварина майже задихалася, але їй вдалося вижити завдяки втручанню дівчини, яка витягла іногородний предмет. Такі історії не рідкі, як показує приклад вовка, що застряг у пляшці для кулера, дельфіна, що наковтався пакетів, або птаха, що в'язнув у пакувальній сітці [24].

Крім драматичних моментів, є й серйозні результати досліджень. Наприклад, у 2018 році вчені з Корнельського університету виявили мільярди шматків пластику у коралових рифах Азіатсько-Тихоокеанського регіону, що загрожує екосистемам. Прогнозується, що до 2025 року ця кількість може зрости до 15,7 мільярдів. Це призводить до збільшення вразливості коралів до захворювань і позбавляє водоростей.

У 2016-2017 роках біологи почали повідомляти про пластикові частинки, які знаходять у зоопланктоні, і які потім потрапляють у різних риб і тварин вищого рівня. Це може траплятися через їх споживання "на вид", коли вони помиляють пластик із їжею за зовнішніми ознаками і запахом. З огляду на те, що багато морських істот пересуваються з течіями, вони часто опиняються в центрі скупчень сміття. У грудні 2018 року вчені з Морської лабораторії Плімута повідомили, що знайшли мікропластик у всіх видів черепах, а через місяць оприлюднили результати огляду мертвих морських ссавців, у яких також були знайдені синтетичні частинки [23].

Учений Іванников вважав, що мікропластик є більш небезпечною загрозою порівняно зі звичайним сміттям, оскільки він набагато швидше мігрує у навколишньому середовищі та переходить з одних організмів в інші. Це призводить до сильної фрагментації матеріалу: у той час як сміттеві плями формуються більш-менш в одному місці, мікропластик розподілений по всій планеті тонким шаром. Для того, щоб оцінити його концентрацію, необхідні спеціальні дослідження [9].

Перше експериментальне підтвердження того, що людина поглинає власне сміття, було отримано в жовтні 2019 року. Вчені з Медичного університету Відня (Австрія) проаналізували результати аналізів восьми добровольців з різних країн і в усіх знайшли шукані частинки: у середньому по 20 штук на кожні 10 грамів біоматеріалу [8].

Кожна людина не може уникнути потрапляння пластику в свій раціон. У вересні 2018 року було проведено дослідження зразків водопровідної води з 14 країн, замовлене асоціацією журналістів "Orb Media". Головний висновок полягав у тому, що очисні споруди не можуть затримати шматочки пластику: більше 80% проб виявилися позитивними (72% в Західній Європі, 94% в США). Навіть заміна проточної води на бутильовану не допомагає: через півроку нове дослідження, яке охопило 250 пляшок води з 9 країн світу, виявило ще більшу кількість таких шматочків [8].

Незабаром після цього німецькі вчені виявили мікропластик у меді та пиві, а корейські вчені - у кухонній солі. Британські дослідники стверджують, що щодня людина проковтує близько сотні синтетичних волокон разом з побутовим пилом.

Дослідження на тваринах показують, що частинки розміром менше 50 мікрон можуть проникати через стінки кишечника у внутрішні органи та кров. При цьому морські ссавці, які загинули від інфекційних захворювань, містили набагато більше частинок мікропластику, ніж ті, які загинули від інших причин, - помітили вчені з Плимутської лабораторії. В Австрійському товаристві

гастроентерології припускають, що виникнення випадків раку товстої кишки у людей молодшого віку може бути спричинене саме мікропластиком [8].

На сьогоднішній день ці гіпотези повністю не підтверджені, і вчені утримуються від остаточних висновків, оскільки багато чого про мікропластик залишається невідомим. Проте можна точно сказати про негативний вплив токсичних домішок, які додаються у пластик для створення або покращення його різних властивостей: пестициди, барвники, важкі метали. Під час розпаду пластикових виробів ці канцерогени поглинаються навколишнім середовищем [8].

Олександр Іванников стверджує, що доповідь Центру міжнародного екологічного права під назвою "Пластик і здоров'я: реальна ціна пластикової залежності" є першою спробою проаналізувати вплив пластику на життєдіяльність людини на всіх етапах її життєвого циклу - від виробництва з вуглеводневої сировини до захоронення на звалищах. Автори цієї доповіді дійшли різких висновків: вони виявили 4 тисячі потенційно небезпечних хімічних сполук, серед яких детально проаналізовано 1 тисячу, а 148 визначено як дуже небезпечні.

Головною проблемою, викликаною цим, є те, що представники великої біоти, такі як кити, акули, дельфіни та тюлені, почали викидатися з водних екосистем на береги. Дослідження цього явища показали, що ці тварини викидаються через дискомфорт у водному середовищі, яке для них було ідеальним протягом мільйонів років. Інтенсивне використання пластикових матеріалів є основною причиною цього явища.

Наукові дослідження підтверджують, що деякі види пластикових матеріалів є шкідливими для здоров'я людини. Бісфенол А, який зустрічається в різних побутових товарах, таких як посуд, упаковки для харчових продуктів та інше, може сприяти розвитку гормональних порушень, серцево-судинних захворювань, а також впливати на розвиток головного мозку в дітей та збільшувати ризик онкологічних захворювань.

Дослідження також показали, що майже у всіх людей містяться частинки мікропластику, які можуть мати різну концентрацію. Пластик потрапляє у навколишнє середовище і розкладається на мікрочастинки, які потім проникають у ґрунт, воду та рослини. Ці частинки також можуть потрапляти в організм людини через стічні води, їжу та повітря [42].

З кожним роком зростає попит на синтетичні полімерні матеріали, що призводить до забруднення навколишнього середовища (рис. 1.6.). Синтез пластикових матеріалів сприяє виділенню отруйних газів та сполук, які потрапляють у повітря, ґрунти та воду, порушуючи природний колообіг речовин та призводячи до утворення смогу.



Рис. 1.6. Накопичення поліетиленових виробів на
а) смітниках; б) водному середовищі

Улітку часто виникають випадки самозагорання сміття на полігонах та сміттєзвалищах, що призводить до викиду у повітря діоксинів, фталатів та інших шкідливих речовин. Ці викиди спричиняють генетичні зміни та мутації у світі тварин і рослин. Під час спалювання відходів з поліхлорвінілу та полістирену в атмосферу потрапляють надзвичайно токсичні діоксини[11].

1.4. Основні технології управління полімерними відходами

Вторинна сировина відіграє все більш важливу роль у другій половині 20-го століття та на початку 21-го століття. Це явище пов'язане зі зростаючими труднощами забезпечення промисловості матеріальними ресурсами та значним

прогресом, досягнутим у розробці ефективних технологій переробки промислових і побутових відходів. Переробка відходів, у тому числі відходів, що містять полімери, стає однією з основних соціально-економічних і технологічних проблем розвитку виробництва [10]. В даний час питання переробки відходів полімерних матеріалів набуває все більшого значення не тільки з точки зору охорони навколишнього середовища, але і в зв'язку з тим, що пластикові відходи є потужним сировинним і енергетичним ресурсом в умовах дефіциту полімерної сировини [7]. Найкращі системи переробки відходів існують у дев'яти європейських країнах (у порядку зменшення): Швейцарії, Німеччині, Австрії, Бельгії, Швеції, Данії, Норвегії, Нідерландах та Люксембурзі. Частка використаних полімерних виробів, що переробляються в цих країнах, коливається в межах 92-99%. Крім того, шість з цих дев'яти країн мають найвищі показники переробки в Європі, причому Норвегія, Швеція, Німеччина, Нідерланди, Бельгія та Австрія значно випереджають інших у цьому відношенні (від 26% до 35% зібраних відходів). У січні 2018 року Європейська комісія прийняла документ під назвою "Європейська стратегія щодо пластмас". У січні 2018 року Європейська комісія ухвалила документ під назвою "Європейська стратегія щодо пластмас". Це перший загальноєвропейський документ найвищого рівня, який визначає стратегію приведення пластмасової промисловості у відповідність до принципів циркулярної економіки і послідовно включається в усі стратегічні плани та регламенти ЄС.

Загалом усі стратегії поводження з полімерними відходами можна поділити на стратегії ліквідації, які передбачають повне перетворення відходів на складові матеріали, та стратегії рециклінгу, які передбачають часткове перетворення відходів для подальшого використання.

Існує два способи поводження з полімерними відходами виробництва і споживання: рециклінг (використання відходів як вторинної сировини) і утилізація (проведення процесів і операцій, які не пов'язані і не призводять до переробки відходів) [5]. Будь-якій переробці передують розділення відходів і

вилучення з них полімерної фракції. Ця проблема є дуже серйозною. За наявності механізованих сортувальних ліній виявилось практично неможливим вилучити з харчових відходів дрібні фракції пластику, битого скла та будівельного сміття. Таким чином, сортування вже накопичених твердих побутових відходів є недоцільним, а часто й неможливим. Єдиною альтернативою є відокремлення та збір твердих побутових відходів. Нова стратегія поводження з полімерними матеріалами - циркулярне виробництво. Її суть полягає в тому, що "доля" полімерних матеріалів визначається від моменту виробництва до переробки. У цьому сценарії визначаються відповідальні сторони [28].

Основні викликами переробки пластику є наступні чинники (рис. 1.7.):

- не всі типи пластику можна економічно чи безпечно переробити;
- ті, що можна переробити, не можна переробити разом. При плавленні різних видів пластмас разом вони мають тенденцію до розділення, як нафта і вода;
- пластик під час перетворень має обмежений термін служби для переробки;
- відсутнє сортування відходів.



Рис. 1.7. Проблеми утилізації пластикових відходів

Традиційним методом утилізації відходів пластику є захоронення на полігонах. Під впливом різних факторів (температура, УФ-випромінювання, хімічні сполуки, контакт з рідинами та іншими предметами тощо) пластикові вироби повільно розпадаються на дрібні шматочки - мікропластик. Мікропластик є серйозною проблемою сьогодення, оскільки він токсичний і накопичується в живих організмах, наприклад, у трофічному ланцюгу. Іншим досить поширеним способом переробки полімерних відходів є їхнє спалювання в сміттєспалювальних установках (з/без вироблення енергії). З економічної точки зору, до 30-40% енергії, використаної у виробництві упаковки, можна відновити шляхом спалювання. Теплотворна здатність полімерних і композитних матеріалів при спалюванні оцінюється як еквівалентна половині ваги нафти [18]. Перспективним способом вирішення проблеми пластикових відходів з екологічної та економічної точки зору є рециклінг відходів полімерів, тобто перетворення їх на вторинну сировину, енергію або продукти зі специфічними споживчими характеристиками. Проблема переробки відходів полімерів стає технічно та економічно складною, оскільки властивості пластмас постійно вдосконалюються, зростає їхня стійкість до окислення, горіння та біологічної деградації. Ці матеріали не піддаються природному розпаду, а більшість з них також стійкі до лугів і кислот. Ще одним перспективним напрямком є розвиток виробництва біорозкладних полімерних матеріалів [31].

1.5. Правове регулювання управління полімерними відходами

Збереження природного стану екосистем є важливим та актуальним завданням для людського суспільства. Охорона довкілля є актуальним питанням для українців, оскільки Україна несе відповідальність за свої міжнародні зобов'язання щодо збереження та захисту довкілля.

Екологічна політика України спрямована на підтримання сприятливого та безпечного навколишнього середовища та запобігання негативному впливу забруднення довкілля на здоров'я населення.

Екологічна політика України спрямована на збереження сприятливого і безпечного навколишнього середовища та запобігання негативному впливу забруднення довкілля на здоров'я населення. Сьогодні в Україні не приділяється достатньої уваги збереженню довкілля, що зумовлено такими ключовими факторами

- Відсутність ефективної екологічної політики з боку держави;
 - значною мірою декларативний характер норм у системі регулювання;
- та
- нецільове використання коштів, що виділяються з державного бюджету на охорону довкілля;
 - незаконне поводження з відходами, що призводить до забруднення довкілля
- Відсутність позитивної громадської позиції щодо стану довкілля та, як наслідок, недостатній рівень екологічної свідомості;
- низький рівень переробки відходів, наприклад, низький рівень переробки відходів.

Важливим елементом управління відходами є розробка національної стратегії управління відходами до 2030 року, як показано на рис. 1.8.

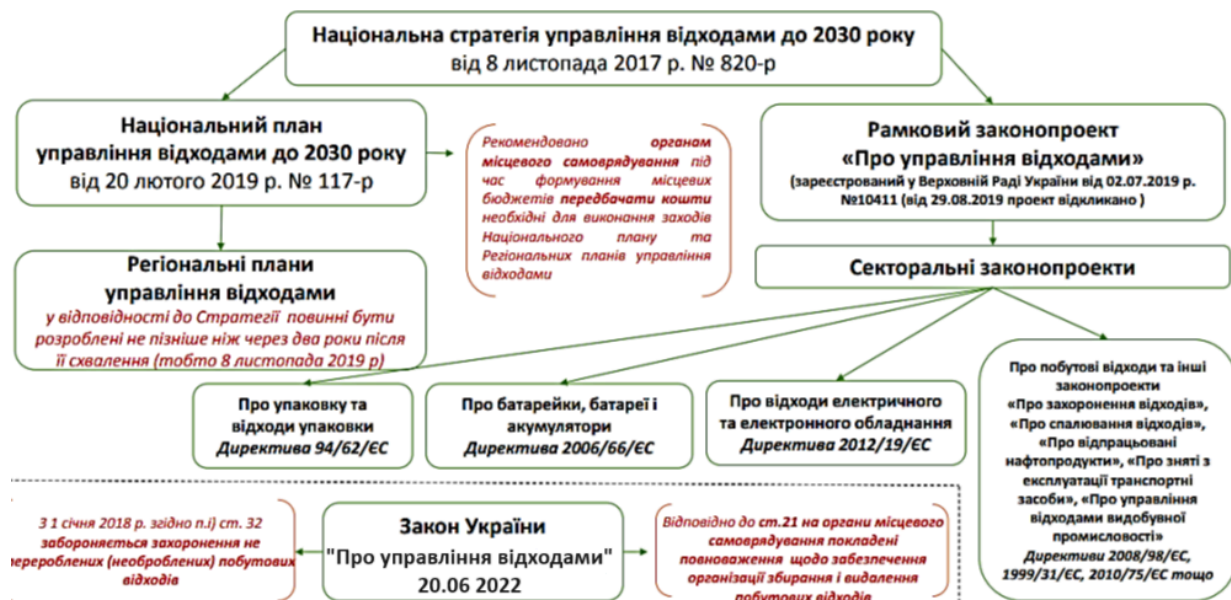


Рис. 1.8. Схема управління відходами відповідно до національної стратегії

Пріоритетним заходом розвитку екологічного сектору є формування нового концептуального підходу до забезпечення раціонального, безпечного та ефективного використання вторинних ресурсів і охорони навколишнього природного середовища. Як наслідок, питання поводження з відходами стали одним з найважливіших механізмів стабілізації та поліпшення екологічної ситуації в країні та забезпечення раціонального використання ресурсів.

Природоохоронне законодавство України визначає основні напрями державної політики у сфері поводження з відходами, в тому числі з полімерними відходами, як показано на рисунку 1.9 [12].

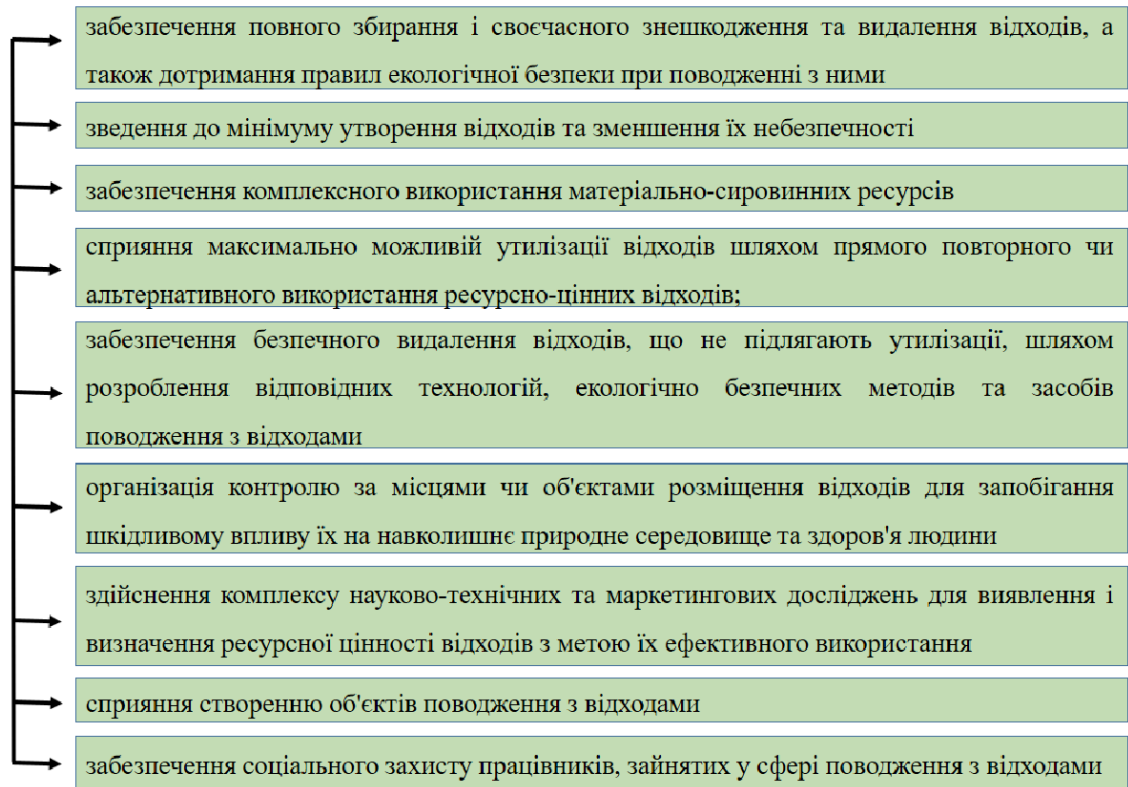


Рис. 1.9. Основні напрями державної політики щодо поводження з відходами

Нинішня структура управління відходами не реалізує весь економічний потенціал країни і не пом'якшує вплив на довкілля. Існуючі полігони мають застарілі потужності і не здатні переробляти таку кількість відходів, яка необхідна.

Накопичення великої кількості відходів та відсутність ефективних заходів щодо запобігання утворенню, переробки та утилізації відходів загострюють еколого-економічну кризу та стримують розвиток національної економіки.

В українському законодавстві відсутнє чітке визначення поняття "полімерні відходи". Перші спроби уряду вирішити питання поводження з полімерними відходами (пластмасами) є наступними

- Кабінет Міністрів прийняв рішення про скасування Постанови № 915 "Про впровадження системи збирання, заготівлі та утилізації відходів як

вторинної сировини". Ця постанова встановлювала виключне становище ДП "Укресресурси" на ринку переробки тари та упаковки;

- У сфері поводження з відходами прийнято закон, спрямований на впровадження в Україні так званої моделі розширеної відповідальності виробника [13].

Стратегія визначає основні напрями національного регулювання у сфері поводження з відходами на найближчі десятиліття, але враховує європейський підхід до управління відходами та базується на основних положеннях законодавчих та нормативно-правових актів. Директива 2008/98/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 19 листопада 2008 року про відходи та про скасування деяких директив; Директива Ради 1999/31/ЄС від 26 квітня 1999 року про утилізацію відходів. Директива 2006/21/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 15 березня 2006 року про утилізацію відходів; Директива 94/62/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 20 грудня 1994 року про упаковку та відходи упаковки. Директива про упаковку та відходи упаковки", Директива 2012/19/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 4 липня 2012 року про відходи електричного та електронного обладнання (WEEE), Директива 2006/66/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 6 вересня 2006 року про батарейки та акумулятори та про відходи батарейок та акумуляторів [13].

З 1 травня 2019 року набули чинності нові правила надання послуг з вивезення побутових відходів, затверджені Постановою Кабінету Міністрів України № 318 від 27 березня 2019 року [12].

Відповідно до Закону України "Про відходи", термін "поводження з відходами" включає не лише видалення відходів на полігони, а й збирання, сортування, перевезення, оброблення та утилізацію, використання, видалення або знешкодження відходів, захоронення і спрямовані дії щодо запобігання утворенню відходів. Комунальні підприємства в основному займаються обслуговуванням житлових будинків. Це означає, що відходи, накопичені на прибудинкових територіях, мають бути вивезені. Сьогодні до обслуговування

житлових масивів активно залучаються організації та компанії, які також можуть надавати послуги з утилізації, переробки та вивезення відходів різного походження. Відповідно до закону, з організаціями, що займаються захороненням, переробленням та вивезенням побутових відходів, укладаються довгострокові договори для визначення їхньої діяльності з надання послуг з поводження з твердими побутовими відходами [12].

Закон України "Про відходи" встановлює основну вимогу, згідно з якою при проведенні різноманітних тендерів та конкурсів на надання послуг з вивезення побутових відходів місцеві органи влади повинні надавати перевагу компаніям, які пропонують вищий рівень переробки, утилізації та транспортування твердих побутових відходів.

У березні експерти Кабінету Міністрів України внесли зміни до порядку формування тарифів на послуги з вивезення побутових відходів та надали місцевим органам влади повноваження щодо поводження з побутовими відходами. Наразі споживачі та підприємства укладають договори про надання послуг з поводження з твердими побутовими відходами. Якщо ця послуга є разовою, то договір укладається з дозволу або за згодою обох сторін, за встановленою виконавцем формою, а оплата за надані послуги здійснюється щомісяця. Оплата послуг здійснюється в кінці місяця, якщо договором не передбачено інше, і не сплачується одним днем пізніше та вважається відшкодувальним платежем. У квитанції або документі про оплату зазначається обсяг побутових відходів (окремо за видами - тверді, великогабаритні, ремонтні та рідкі, а там, де здійснюється роздільне збирання, обсяг відходів корисних компонентів, зібраних окремо, до суми платежу не включається), сума, сплачена за надання конкретної послуги, та конкретна сума платежу [12].

Якщо вартість послуги змінюється, виконавець зобов'язаний повідомити про це за 30 днів і надати причину та обґрунтування змін.

Типовий договір також передбачає випадки, коли споживач може не сплачувати вартість послуг з вивезення відходів, якщо він не проживає на відповідній території більше 30 днів. Нові зміни до Закону України "Про

житлово-комунальні послуги" накладають додаткові зобов'язання не лише на організації та компанії, що надають послуги з вивезення відходів, а й на споживачів таких послуг [14].

До внесення цих змін роздільне збирання відходів розглядалося лише як опція, але сьогодні Закон України "Про відходи" вимагає, щоб власники, працівники, користувачі та орендарі джерел утворення побутових відходів... зобов'язані забезпечувати роздільне збирання побутових відходів [12].

Згідно з новими правилами, різні види відходів мають різні тарифи на вивезення, які встановлюються місцевими органами влади.

Різні ціни встановлюються на вивезення великогабаритних відходів, відремонтованих відходів, рідких відходів та небезпечних і токсичних відходів. Як наслідок, загальна сума, що сплачується, є вищою, ніж за старим законом, оскільки включає в себе вартість переробки та утилізації, а також власне роботи з вивезення відходів. Загальна сума, що сплачується за надання послуг з поводження з твердими побутовими відходами, є сумою платежів за перевезення, переробку та захоронення побутових відходів.

Новий порядок, що регулює надання послуг та поводження з відходами, дозволяє економити кошти, оскільки роздільне сміття вивозиться майже безкоштовно. При підрахунку кількості зібраних відходів мешканці не враховують кількість відходів з окремих контейнерів (для скла, пластику, паперу тощо).

Коли роздільне збирання твердих побутових відходів запроваджується для встановлення цін і тарифів на різні послуги, пов'язані з поводженням з побутовими відходами, не враховуються експлуатаційні цілі та витрати на поводження з корисними компонентами роздільно зібраних (сегрегованих) відходів [15]. Якщо поруч з будинком розміщені лише контейнери для різних відходів, то кожен мешканець має сплачувати збір за їх вивезення. Однак, якщо є контейнери для роздільного збору, то принаймні половину відходів можна викидати туди, що вдвічі зменшує витрати на збір відходів. Розділені відходи збираються безкоштовно для мешканців, оскільки постачальник послуг

отримує дохід від здачі розділених відходів як вторинної сировини. Це допомагає покрити витрати на транспортування цих відходів до станції переробки.

Колективні власники багатоквартирних будинків також можуть організувати збір роздільного сміття і здавати його на утилізацію або переробку. Кошти, зібрані з цією метою, зазвичай включають не лише витрати на транспортування, але й на фінансування житлових потреб. Такі системи збору відходів є неефективними і можуть призвести до погіршення стану довкілля, оскільки переробна промисловість щороку втрачає багато ресурсів, наприклад, 500 000-600 000 тонн макулатури та картону, 1 мільйон тонн скла та 600 000 тонн полімерів [16].

Як свідчить досвід розвинених країн, включення відходів в економічний цикл є важливою частиною ВВП і створює широкі можливості для працевлаштування.

Переробні галузі промисловості потребують постійного оновлення сировини, джерелами якої є системи збору, переробки, утилізації та захоронення відходів. Сегрегація, переробка та утилізація пластикових відходів як вторинної сировини ще недостатньо прорахована на національному рівні. Потенціал відходів пакувальної промисловості як сировини може замінити основні ресурси, відігравати важливу роль у розвитку національної економіки, сприяти збереженню ресурсів, забезпеченню сировинної незалежності і тим самим створювати подальший експортний потенціал. Відходи можна використовувати для виробництва промислової продукції та будівельних матеріалів. Найкраще використовувати їх інтенсивно, щоб забезпечити належне відновлення та закупівлю вже використаної упаковки як вторинного ресурсу, щоб це стало більш економічно ефективним [16].

1.6. Висновки до розділу

Таким чином, незважаючи на зацікавленість влади, побороти пластиковий бум нелегко. Наприклад, дехто стверджує, що якщо звичайний пластик замінити на біорозкладний, то відходи зникнуть самі собою (наприклад, зимове листя).

Існують 100% органічні полімери, такі як крохмаль і кукурудза, але вони рідко доступні на ринку. Для їхнього впровадження потрібно враховувати той факт, що велика кількість органічних речовин потраплятиме далі на звалища і вироблятиме газ метан. Хоча це прийнятно, коли органічні відходи збираються для компостування або виробництва біогазу, це непринятно в системах поводження з відходами, де 99% відходів відправляються на звалища.

Деякі вчені також виявили, що заміна поліетиленових пакетів на паперові є неефективною. Тому необхідно оцінити шкоду, яку завдає довкіллю виробництво певних видів упаковки. Підраховано, що повна заміна поліетиленових пакетів на паперові призведе до збільшення площі лісів на 15%.

Що стосується переробки, то вона не вирішує проблему "побічних ефектів" виробництва. Багато продуктів сконструйовані таким чином, що їхні складові матеріали неможливо відокремити один від одного (наприклад, папір, пластик та алюміній в упаковці Tetra Pak), тому не всі вони можуть бути перероблені. Крім того, якість сировини швидко погіршується, що обмежує кількість термокомпресійних обробок. Так, більшість видів пластику можна переробляти лише до п'яти разів. Один з науковців вважає. "Навіть якщо нам вдасться зробити з пластикової пляшки ще одну пластикову пляшку, немає жодної гарантії, що вона не опиниться в навколишньому середовищі". Проблема не в самому пластику, а в тому, що ми використовуємо таку велику його кількість лише один раз.

РОЗДІЛ 2

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ ПОЛІМЕРНИМИ ВІДХОДАМИ

2.1. Принципи реформування та управління відходами

Економіка замкненого циклу є прикладом належного економічного розвитку, що базується на процесі відновлення та раціонального споживання природних ресурсів і є альтернативою традиційній економіці. У цій моделі використовується економічний підхід для мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище, досягнення безвідходного виробництва та реалізації цілей і завдань стратегії сталого розвитку [7].

Ієрархія управління відходами складається з п'яти етапів (рис. 2.1), де основним завданням є запобігання утворенню та повторному використанню відходів (там, де такий підхід неможливий, застосовуються процеси рециклінгу). Переробка включає переробку органіки, але не включає відновлення енергії або переробку в матеріали, які можуть бути використані як паливо.

Вона виключає переробку на матеріали, які можуть бути використані як паливо. Там, де переробка неможлива, використовуються інші методи поводження з відходами. Процеси обробки відходів, тобто поховання на спеціальних майданчиках або знешкодження з використанням систем, які не відповідають екологічним стандартам [8].



Рис. 2.1. Ієрархія управління відходами

Для ефективного управління відходами (на національному та регіональному рівнях) необхідно розробити інтегровані інформаційні системи, які забезпечать доступ до інформації про ліцензії та дозволи, місця розташування полігонів та сміттєзвалищ, а також забезпечать доступність для громадськості точних даних про стан забруднення та склад забруднюючих речовин.

Реформи впроваджуються на національному, регіональному та місцевому рівнях. На основі національних планів управління відходами були розроблені регіональні та місцеві плани з використанням методологічного підходу [8].

Іншим фінансовим та організаційним механізмом підтримки розробки та виробництва продукції є підвищення обізнаності та відповідальності виробників. Це збільшує кількість та етапи утилізації продукції та зменшує вплив на навколишнє середовище. Такий механізм сприяє виснаженню ресурсів протягом усього життєвого циклу, включаючи повторне використання, переробку та відновлення, не ставлячи під загрозу вільний розподіл товарів на національних та міжнародних ринках.

Реформа відповідає європейському законодавству та враховує особливості українського ринку. Вона також включає важливі вимоги до учасників системи управління відходами: класифікація відходів повинна повністю відповідати стандартам ЄС, щоб полегшити інтеграцію українських заводів, установ та підприємств у систему ЄС та спілкуватися з партнерами однією юридичною мовою [8].

2.2. Шляхи поводження з відходами полімерних матеріалів

Виробництво і використання пластмас - один із проявів науково-технічного прогресу, так як воно сприяє зниженню витрат на виробництво багатьох виробів, експлуатаційних витрат, підвищення якості і поліпшення їх зовнішнього вигляду. Незначна маса виробів з пластмас дозволяє знизити транспортні витрати і витрати праці при монтажі великогабаритних конструкцій.

Фізико-хімічні та механічні властивості, а також економічні переваги пластмас обумовлюють їх важливу роль в хімізації господарства. Полімерні матеріали замінюють різні традиційні матеріали (метали, скло, папір, картон, шкіру).

В Україні існує такі основні шляхи поводження з відходами полімерів це утилізація і видалення. Утилізація характеризується використанням відходів як вторинних матеріальних та енергетичних ресурсів. Інші методи, що не утилізують відходи називається їх видалення [29].

Існують чотири основних методів утилізації полімерних відходів (табл.2.1).

Таблиця 2.1

Основні шляхи поводження з полімерними відходами

Назва методу	Характеристика
Фізичний	Змінюються форми, розмірів, агрегатний стан та деякі інші властивості матеріалу відходів за умови збереження їхнього якісного хімічного складу. Такий метод притаманний методам для переробки первинної сировини
Хімічний	Змінюються фізичні властивості та якісний хімічний склад; причому взаємодія речовин здійснюється в стехіометричних співвідношеннях, які визначаються рівняннями хімічних реакціями
Фізико-хімічний	Відбуваються взаємозв'язані фізичні й хімічні перетворення, хімічна взаємодія речовин здійснюється не в стехіометричних співвідношеннях
Біохімічний	Відбуваються хімічні перетворення за участі мікроорганізмів

Незважаючи на значні переваги повторного використання полімерних матеріалів, у такий спосіб утилізується лише невелика їх частина виводиться, що пов'язано з трудомісткістю собору, поділу, сортування, очищення відходів (перш за все відходів побутового споживання). Тому поряд з вторинної переробкою відходів пластмас у виробі в промисловості використовуються й інші способи утилізації.

2.3. Характеристика переробки відходів на прикладі поліетилену

Основними характеристиками поліетиленових відходів є низька насипна щільність, знижені міцнісні властивості та висока в'язкість розплаву. Зміни фізико-механічних властивостей вторинного поліетилену, отриманого з відходів споживання, є результатом термоокислювальної та механохімічної дії на полімер під час переробки, особливо під час експлуатації. Найбільш значні зміни фізичних властивостей відбуваються внаслідок фотохімічної обробки.

Перероблений поліетилен низької щільності, отриманий з використаних сільськогосподарських плівок, суттєво відрізняється від первинної сировини. У таблиці 2.2 наведено властивості первинного поліетилену, того ж матеріалу після переробки та плівкового матеріалу після трьох місяців використання в умовах субтропічного клімату [13].

Таблиця 2.2

Зміна властивостей поліетилену низької щільності з первинного стану, при повторній переробці і експлуатації

Показники	Поліетилен		
	Первинний	Вторинний	Після експлуатації
Вміст низкомолекулярних фракцій, %	0,1	6,2	6,2
Вміст гелю, %	-	20,0	20,0
Міцність при розтягуванні, Мпа	15,5	10,0	11,4
Відносне подовження, %	490,0	125,0	17,0
Стійкість до розтріскування	8,0	1,0	-
Світлостійкість	90,0	50,0	-

Поліетилен низької щільності, перероблений з відходів після споживання, характеризується низькою текучістю розплаву при низькому напруженні зсуву. Однак цим можна керувати, змінюючи температуру та напруження зсуву.

Знижена текучість розплаву є приблизною характеристикою відходів і критерієм їхньої придатності для повторного використання разом із сировиною [9]. Основним недоліком цього синтетичного матеріалу є те, що розкладання

поліетилену може тривати до 1000 років; відходи ПВХ легко розносяться вітром зі звалищ і потрапляють у водойми. Коли пакети з ПВХ викидають, вони можуть засмічувати дренажні системи та спричиняти загальне забруднення міст і незаселених територій. Дослідження показують, що майже чверть світового океану вкрита пластиковими відходами. Більше того, на його виробництво витрачається понад 4% світового видобутку нафти. Тому відходи поліетиленової плівки та вироби з неї потребують спеціальних методів утилізації та переробки.

Для покращення властивостей вторинних поліолефінів до композицій на їх основі додають мінеральні та органічні наповнювачі, поверхнево-активні речовини та інші добавки. Наприклад, введення до 30% (за об'ємом) наповнювачів дає змогу виготовляти з вторинного поліетилену напірні труби, пакувальні плівки та багаторазову тару. Як наповнювач можна використовувати дисперсні частинки будь-якої природи, в тому числі відходи інших матеріалів, таких як деревне борошно, гумові відходи та подрібнені відходи реакторних пластмас.

Після сортування і дроблення відходи промиваються в мийці, відокремлюються від води в центрифугі і сушаться в сушарці. Потім вони подаються через живильник до екструзійного преса, де розплавляються і змішуються, подрібнюються в грануляторі, змішуються з основною сировиною в змішувачі в заданому співвідношенні і розплавляються в пресі. Кінцевим процесом є виробництво плівки на плівкоробній машині [12].

Після сортування та дроблення відходи миють у мийці, відокремлюють від води в центрифугі та сушать у сушарці. Потім через живильник вони потрапляють в екструзійний прес, де розплавляються і перемішуються, потім подрібнюються в грануляторі, змішуються з основною сировиною в змішувачі в заданій пропорції і розплавляються в пресі. Кінцевим процесом є виробництво плівки на плівкоробній машині.

2.4. Порівняльний аналіз ефективності різних технологій управління полімерними відходами

Як уже згадувалося, метод утилізації твердих побутових відходів є найгіршим не тільки з точки зору екології, але і з точки зору економічних показників. Європейський підхід до поводження з твердими побутовими відходами ставить на перше місце запобігання утворенню відходів, їх повторне використання, переробку і, в кінцевому рахунку, поховання. Порівняльні характеристики підходу до поводження з твердими побутовими відходами наведені на рис. 2.2.



Рис. 2.2. Ієрархія пріоритетів поводження з відходами

На малюнку (рис. 2.3) показана різниця в підході до поводження з полімерними відходами в Україні та Європі. Серед європейських методів переробки відходів такий підхід має мінімальний негативний вплив на навколишнє середовище, а утилізація відходів на полігонах та звалищах є найменшою в Україні, тому запобігання та повторне використання відходів є пріоритетом [31].

Спалювання відходів та їх переробка у вторинні матеріали та енергію займають проміжне положення в ієрархії поводження з відходами (між запобіганням утворенню та похованням). В Європі середній рівень переробки становить 60% (рисунок 2.3). В Україні переробляється тільки 3,7% побутових відходів (маються на увазі відходи упаковки). З них 3,7-1,2% будуть спалені, а 2,5% будуть перероблені вдруге.

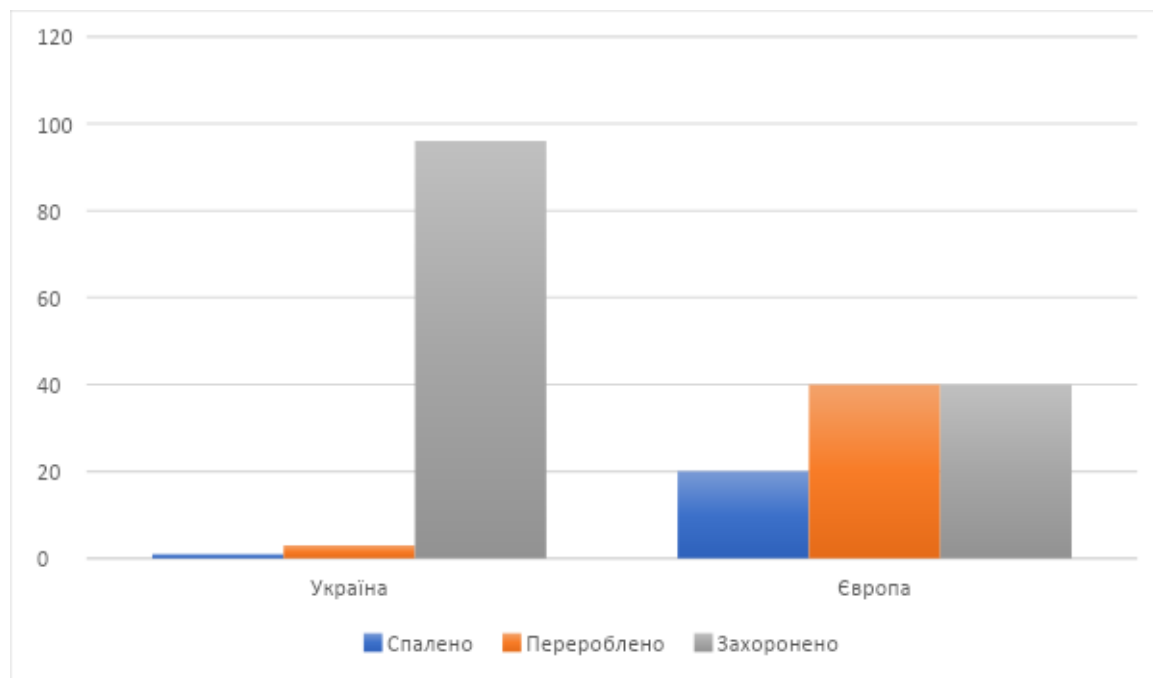


Рис. 2.3. Середній рівень переробки в Європі

Індивідуальний збір відходів організований на побутовому рівні, тому вам необхідно бути знайомим з вимогами і правилами правильного поділу відходів [32].

Загальні правила сортування відходів, які бажано виконувати:

1. Набратися терпіння та зрозуміти, що необхідно буде привчити себе до того щоб не скидувати сміття в один контейнер, а відсортовувати його (може знадобитися декілька контейнерів).

2. Облаштувати комфортне місце де будуть відсортовані відходи.

3. Відсортоване сміття повинне бути чистим і сухим. Пластик промивати від залишків їжі, жиру і рідин.

4. Компактність. Стискати (пресувати сміття) щоб не було зайвого повітря [22].

Переробка змішаних потоків відходів - це найпростіший спосіб переробки, при якому попередня обробка відходів повинна бути зведена до мінімуму. Ця технологія дозволяє переробляти відходи будь-якого морфологічного складу. У європейській (і новітній українській) практиці ручне та / або автоматичне сортування змішаних потоків відходів дозволяє розрізнити від п'яти до 20 різних фракцій.

Кінцевий продукт змішаної переробки відходів може служити проміжним продуктом для виготовлення деталей, які виробник може використовувати для виробництва кінцевого продукту.

Переробка шляхом роздільного збору подібна до описаної вище технології, але вона є більш ефективною, коли споживачі утилізують сміття безпосередньо шляхом попереднього сортування або коли вони роблять це в пункті роздільного збору та попереднього сортування. Утилізація відходів дозволяє скоротити обсяг інвестицій, необхідних для будівництва об'єктів інфраструктури, і знизити експлуатаційні витрати за рахунок автоматизації. Після попереднього сортування тільки ті фракції, які підлягають вторинній переробці (рециркуляції), відправляються на відповідне підприємство [34].

Існує 2 підходи до роздільного збору відходів. Перший з них полягає в зборі цілої групи фракцій, що підлягають вторинній переробці (папір, картон, скло, пластик і т.д.) З подальшим видаленням вологих органічних відходів і забруднених фракцій (суха мокра сортування). Другий підхід передбачає попередню роздільну збірку фракцій, що підлягають переробці. Зазвичай це папір, картон, скло, пластик (пляшки) і метал (алюмінієві банки).

Перший підхід дозволяє переробляти до 30% надходить потоку відходів, а другий - до 40%. Обсяг інвестицій також відрізняється. У першому випадку це може бути 1 євро за 300 тонн, а в другому - 1 євро за 400 тонн. Хоча частину загальних витрат на переробку (від 1,50 до 70 євро за тонну) беруть на себе організації зі збору та попереднього сортування відходів, слід зазначити, що збір і попередня обробка некласифікованих відходів стає трохи дорожче через те, що скорочується стадія попереднього сортування.

Вироблення енергії шляхом спалювання відходів дозволяє досягти найвищого рівня переробки відходів, а найскладніший з усіх описаних методів з технічної точки зору пояснюється використанням складного обладнання і методів моніторингу для обмеження викидів в атмосферу, а також необхідністю постійного регулювання витрати палива. подача сировини повинна відповідати вимогам термічної обробки.

Стабільна і надійна робота сміттєспалювальної установки багато в чому залежить від структури і якості відходів, що надходять на переробку. Важливо відзначити, що фракції з високою теплотворною здатністю (і ефективністю виробництва енергії), як правило, є найбільш складними з точки зору контролю продуктів згоряння. Максимальна ефективність установки може бути досягнута тільки при великій кількості безперервних відходів (від 100 000 до 150 000 тонн на рік), що дещо обмежує можливості використання даної технології.

2.5. Оцінка ефективності технологій управління полімерними відходами

Джерелами пластикових відходів є сфера виробництва і сфера комунальних послуг. Виробництво та сфера послуг розташовані компактно, а населення є розподіленим джерелом пластикових відходів. За місцем утворення пластикові відходи діляться на 3 групи:

- технологічні відходи, що утворюються при об'єднанні і переробці термопластів. Вони діляться на 2 види технічних відходів. Перший тип-це обрізки, канавки, решітки і т.д. на промисловість, що виробляє і переробну пластмаси, припадає від 3 до 40% відходів. Це високоякісна сировина, яка практично не відрізняється від початкового первинного полімерного матеріалу. Переробка в товари не вимагає спеціального обладнання і може здійснюватися на фабриках і підприємствах. Другий тип дозволяє скоротити або повністю усунути технічні відходи, що виникають при недотриманні технічного режиму при переробці, тобто технічні

прогалини. Ці види пластикових відходів можуть бути перероблені в різні товари і використовуватися в якості добавок до сировини і т. д. [38];

- виробничі відходи утворюються внаслідок виходу з експлуатації товарів з полімерних матеріалів, що використовуються для галузей господарювання – це деталі до машини, виробнича плівка тощо. Такі відходи рівномірні та слабо забруднюються, тому їм приділяється найбільша увага при вторинній переробці;

- відходи повсякденного використання, які накопичуються в основному в житлових приміщеннях, на підприємствах громадського харчування і т. д. і в кінцевому підсумку потрапляють на звалище твердих побутових відходів, тому відносяться до змішаного типу [38].

За складністю процесу утилізації відходи пластику можна розділити на три категорії:

- полімери, що легко утилізуються. Вони ж простими, посортовані і легко утилізуються. Під час обробки можна використовувати до 93% таких матеріалів;

- полімери, що мають середній рівень складності утилізації. Вони мають достатню кількість забруднюючих речовин і повинні сортуватися. Утилізація таких відходів потребує додаткових затрат. Переробляється від 22% до 35% від початкової кількості такої сировини [38].

полімери, що не просто утилізуються. Вони є дуже забрудненими і змішаними. У більшості випадків переробка таких відходів не є рентабельною, кожного року утворюється велика кількість відходів пластику, основні відображені у таблиці 2.3 [39], але на сьогодні не існує встановленої системи управління такими відходами.

На рис. 2.4 показана оцінка ефективності технологій управління полімерними відходами.

- Обладнання з низьким рівнем впливу. Як правило, з низьким або нульовим рівнем викидів, працює від електрики або акумулятора.

- Покращує перенаправлення на переробку та процеси відновлення.

- Певна технологія миття дозволяє очищати високоякісний пластик для повторного використати в країні

- Сприяє зайнятості в країні в переробній галузі.

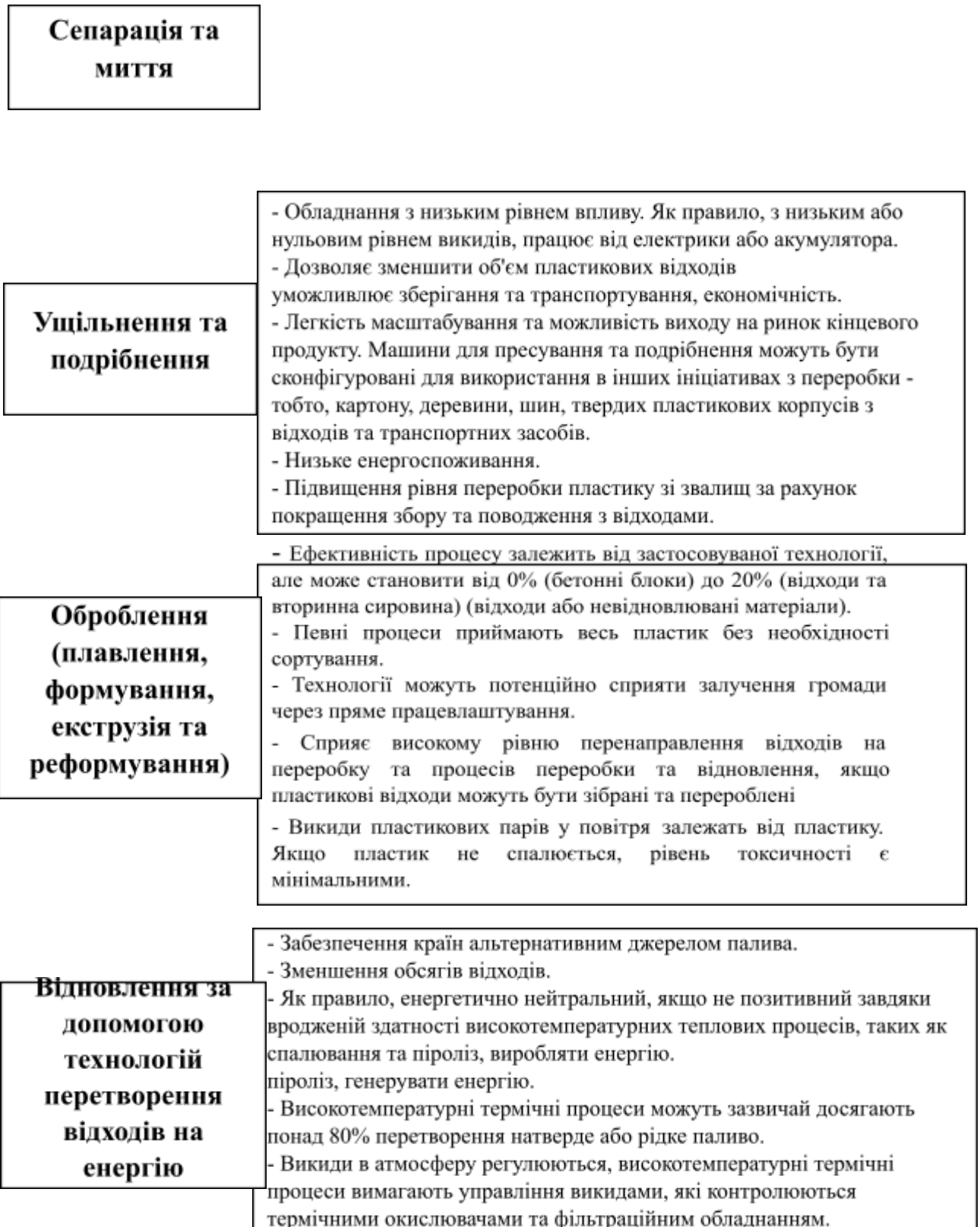


Рис. 2.4. Оцінка ефективності технологій управління полімерними відходами

Кількісний склад основних видів пластикових відходів за
2020-2022 роки

Типи полімерів	2020 (т/рік)	2021 (т/рік)	2022 (т/рік)
Поліетилен	15689	16268	16852
Поліетилентерефталат	8699,9	9152	9511
Комбіновані матеріали	7435	7652	7926
Полівінілхлорид	6160,2	6536,7	7023,6
Полістирол	3938,2	4098,8	4265,3
Поліпропілен	3863,9	4102,2	4635,3

Процес руйнування при похованні полімерних відходів на звалищах і полігонах захоронення відходів на звалищах дуже поширений. Існує кілька видів руйнування полімерних відходів внаслідок механічних пошкоджень, реакцій фотоокислення та біологічної деструкції [40]. Продукти розкладання полімерних матеріалів є основою для утворення багатьох нових токсичних сполук на звалищах. Близько 10-15% з них залишаються на звалищах, а решта потрапляють в навколишнє середовище в газоподібному і розчиненому вигляді. Токсичні сполуки важких відходів, що складаються з міді, фосфатів, діоксинів та оксидів вуглецю, виділяються з продуктами знищення (захоронення) на звалищах [41]. На сьогоднішній день не існує чіткого механізму контролю. В даний час не існує повністю контрольованого механізму управління такими викидами.

Оцінити екологічний та економічний потенціал кожного з обраних способів утилізації полімерних відходів відповідно до Податкового кодексу

України на забруднення атмосферного повітря (таблиця 2.4) [42].

Таблиця 2.4

Ставки податку за викиди в атмосферне повітря окремих забруднюючих речовин при утилізації відходів

Найменування забруднюючої речовини	Ставка податку, грн за 1 тону
Оксиди вуглецю	92,37
Вуглеводні	137,57
Ртуть та її сполуки	103 931,28
Кадмій та його сполуки	19 405,92
Формальдегіди	6070,39

При розрахунку цього податку визначається розмір шкоди навколишньому середовищу, що заподіюється такими шкідливими викидами, як оксиди вуглецю, вуглеводні, ртуть і вуглекислий газ.

Розрахуйте розмір втрат при утилізації відходів для кожного виду полімерних відходів і отримаєте результати розрахунку, представлені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

Результати розрахунків

Вид полімеру /Сума податку	Оксиди вуглецю	Вуглеводні	Сполуки ртуті	Сполуки кадмію	Формальдегіди
Поліетилен	6 234,98	4 457,27	2 620,41	2 619,8	1 092,67
Полівінілхлорид	8 895,23	5 984,29	5 300,49	5 064,95	2 185,34
Полістирол	15 019,36	9 616,14	3 731,52	4 249,88	1 639,01

Сумарні збитки	30 149,57	20 057,7	18 652,42	11 934,63	4 917,02
----------------	-----------	----------	-----------	-----------	----------

Проаналізувавши результати, ми можемо сказати, що полімерні відходи - полістирол виділяє найбільше забруднюючих речовин при похованні на звалищах, а поліетиленові відходи при похованні забруднюються найменше.

Залежно від кількості твердого залишку, що утворюється при спалюванні, полімерні матеріали можна розділити на 3 категорії: [18]:

- матеріали, що майже не утворюють залишки при згорянні в газовій фазі – поліетилен, поліпропілен, полістирол);

- матеріали, що утворюють після згорання велику кількість вугільного шлаку, можуть продовжувати горіти – полікарбонат, полівінілхлорид тощо;

- матеріали, у яких вугільний залишок у більшості залежить від температури горіння, надходження кисню, пористості матеріалу – поліестер, відходи на основі целюлози, віскози. В залежності від цілісності горіння та інших руйнівних процесів у продуктах згорання полімеру можуть містити різні токсичні речовини – CO, NO₂, HCN, HCl, Cl₂, CO Cl₂ тощо.

Тому коли є відкриті пожежі з достатньою кількістю кисню, утворюються такі сполуки: CO₂, H₂O, HCl, N₂ тощо.

За відсутності кисню або його недостатній кількості відбувається неповне згорання, внаслідок чого відбувається не повний піроліз полімерних матеріалів і утворюються такі сполуки – CO, HCN, (CN)₂, COCl₂, NH₃, HF, HCN, HCl, H₂, NO, NO₂.

Проаналізувавши результати, можна сказати, що полістирол виділяє найбільше забруднюючих речовин при похованні на звалищах, а відходи поліетилену при похованні забруднюються найменше.

Залежно від кількості твердого залишку, що утворюється при згорянні, полімерний матеріал можна розділити на 3 категорії:

- полімери, які руйнуються внаслідок розриву основного ланцюга та

утворення низькомолекулярних газоподібних та рідких продуктів під дією тепла.

Такий тип майже не має залишків або руйнується в невеликій кількості при високій температурі та утворюються невеликі залишки коксу – поліметилметакрилат, поліметилстирол, поліоксиметилен, політетрафторетилен, поліетилентерефталат [44];

- полімери, які мають тенденцію до розщеплення на атоми або групи для конденсації, тобто таких типів реакцій, що призводять до утворення нелетких вуглецевих продуктів. Ця група полімерів включає полівініловий спирт та його похідні, вінілові та дієнові ряди хлоровмісних полімерів, поліакрилонітрил, целюлозу та багато полімеризованих ароматичних та гетероароматичних сполук.

Загальною особливістю є утворення полімерних областей, з'єднаних безліччю сполук, які можуть переходити від лінійної структури до просторової. У порівнянні з першим типом, піроліз характеризується екзотермічним ефектом. Однак Класифікація полімерів за цими групами не є важливою, оскільки напрямок хімічних реакцій може змінюватися залежно від зовнішніх умов [44].

При горінні сміття в навколишнє середовище разом з димом виділяються шкідливі речовини. Дим містить пар і тверді частинки, які тривалий час залишаються зваженими в повітрі. Ці частинки та токсичні гази мають сильний вплив на здоров'я населення, викликаючи подразнення очей, порожнини носа, задишку, кашель та головний біль

Існує шість класів полімерних відходів, які компанія gorenje products розподіляє за класами небезпеки (1-4). До першого класу відносяться полімерні відходи, при спалюванні яких утворюються найбільш небезпечні продукти.

Розраховано загальний рівень забруднення повітря, спричинений спалюванням трьох видів полімерних відходів, та наведено результати розрахунків у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6

Результати розрахунків

Вид полімеру/Су ма податку	Оксиди вуглецю	Вуглеводні	Сполук и ртуті	Сполук и кадмію	Формаль-дегіди
Поліетилен	8 913,37	17 491,51	24 943,51	1 552,47	728,45
Полівінілхлорид	15 202,08	18 269,29	40 533,19	2 716,83	1 153,37
Полістирол	25 589,07	27 599,2	43 651,14	3 104,94	1 639,02
Сумарні збитки	49 704,52	63 360	501 127,8	7 374,24	3 520,84

Отже, сумарні можливі збитки, заподіяні атмосферному повітрю внаслідок спалювання відходів пластиків, які утворилися у 2022 році складають 625 087,39 тис. грн, у сім разів перевищуючи сумарну суму збитків від захоронення на полігонах.

2.6. Висновки до розділу

Джерелами пластикових відходів є сфера виробництва і сфера комунальних послуг. Виробництво та сфера послуг розташовані компактно, а населення є розподіленим джерелом пластикових відходів.

Рекомендується організувати переробку пластикових відходів наступним чином: по-перше, налагодити виробництво різної продукції переважно непродовольчого призначення, а по-друге, розглянути основні принципи, яких слід дотримуватися при вирішенні проблеми утилізації

полімерних відходів, раціонального використання збережених властивостей і, перш за все, високої стійкості до кліматичних факторів і агресивних середовищ, цей принцип нечутливий до технічних параметрів диспергування і забруднення вторинних полімерних матеріалів. Існує необхідність у використанні методів термомеханічної обробки, які накладають обмеження на асортимент вироблених з них виробів. Зокрема, полімерні відходи повинні мати досить тривалий термін служби, не менше 10 років, щоб обмежити їх надходження на третинну переробку.

Оцінити екологічний та економічний потенціал кожного з обраних способів утилізації полімерних відходів відповідно до Податкового кодексу України на забруднення атмосферного повітря.

Загальний збиток, який може бути завданий атмосфері внаслідок захоронення пластикових відходів, що утворилися у 2022 році, становитиме 85 711,34 тис.грн. Загальний збиток, який може статися в атмосфері в результаті спалювання пластикових відходів, що утворилися в 2022 році, складе 625 087,39 гривень, що в рази більше, ніж загальна сума втрат від звалищ.

Таким чином, проведені розрахунки підтвердили, що звалища і захоронення твердих полімерних відходів та їх спалювання є нераціональними і нереалістичними методами утилізації відходів, оскільки створюють велике навантаження на природне середовище і супроводжуються шкідливими викидами продуктів згоряння пластмас і значними економічними втратами, розрахованими на їх розміщення на полігонах. Найбільш підходящим методом є переробка пластикових відходів. Перевагою використання цього методу є економія паливно-енергетичних ресурсів, природної сировини і прибутку, але при цьому знижується забруднення навколишнього середовища, з'являються нові робочі місця.

РОЗДІЛ 3

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВДОСКОНАЛЕННЯ УПРАВЛІННЯ ПОЛІМЕРНИИ ВІДХОДАМИ

3.1. Заходи щодо зниження утворення полімерних відходів

При розробці інфраструктури переробки полімерних відходів необхідно враховувати наступні фактори [27]:

- враховувати ієрархію методів поводження з відходами;
- стабільне забезпечення підприємств з переробки з використанням необхідної кількості сировини (використання полімерних відходів в якості сировини);
- якість відходів, що відправляються на підприємства з переробки;
- техніко-економічні показники установок з переробки відходів;
- облік ієрархії методів поводження з відходами.

При прийнятті рішення про створення установок з переробки полімерних відходів слід враховувати, що в області поводження з відходами слід дотримуватися ієрархії методів поводження, встановленої Рамковою Директивою ЄС по відходам [37].

Пріоритет 1

По-перше, необхідно впровадити управлінські рішення, спрямовані на запобігання та/або мінімізацію утворення відходів. Це слід враховувати, оскільки реалізація таких дій призведе до зменшення кількості відходів, які необхідно відправляти на утилізацію.

Пріоритет 2

Наступним пріоритетом є підготовка відходів до повторного використання. Що стосується полімерних відходів, то цей пріоритет може бути реалізований шляхом повторного використання полімерних виробів, які не

використовуються за призначенням. Це може бути реалізовано в системах споживання (особливо в домашніх господарствах).

Пріоритет 3

Наступним пріоритетом є повторне використання відходів без використання їх енергетичного потенціалу.

Що стосується полімерних відходів, то наступним пріоритетом є розгляд питання про виробництво переробленої сировини з відходів для повторного використання. Такі рішення офіційно вже належать до пріоритету № 3, але водночас, відповідно до загальної логіки ієрархії методів поводження з відходами, вони ближчі до пріоритету №2. Отже, такому рішення слід надати найвищий пріоритет з точки зору методів утилізації.

Потім слід в пріоритетному порядку розглянути інші технічні рішення по переробці відходів, які спрямовані на використання їх енергетичного потенціалу. таким рішенням і т. д. [40]:

- використання полімерів в якості добавок наповнювачей в приготуванні конструкційних та будівельних матеріалів виробів тощо;
- застосування хімічних методів перероблення (зокрема гліколіз, гідроліз, метаноліз);
- термічний розклад шляхом піролізу (за умови, що продукти піролізу не використовуються для отримання енергії).

Пріоритет 4

Орієнтований на утилізацію відходів, використання їх енергетичного потенціалу. Перш за все, це спалювання (але цей пріоритет не обмежується спалюванням відходів).

Пріоритет 5

Останнім пріоритетом в ієрархії методів поводження з відходами є їх утилізація. Поховання не пов'язане з переробкою відходів, тому цей метод не враховується в даній роботі.

Надання обладнання для використання сировини

Для сталого функціонування об'єктів з переробки відходів необхідно забезпечити їм гарантоване надходження певної кількості відповідних відходів. Забезпечення роботи об'єктів з переробки полімерних відходів може здійснюватися наступним чином:

- орієнтація об'єктів утилізації на відходи окремих виробництв, які стабільно функціонують;
- орієнтація підприємств з переробки відходів на відходи полягає в тому, що держава створила систему нормативних та економічних важелів, що забезпечують їх ефективний збір та утилізацію.

Сьогодні система роздільного збору та вилучення при сортуванні ресурсо-цінних відходів необхідна для забезпечення вилучення відносно невеликого відсотка полімерних відходів, що має ринкові передумови.

Якісних змін в цьому питанні слід очікувати після введення розширеної відповідальності виробника в державі.

Якість відходів, що відправляються на утилізацію

Різні технології переробки відходів також висувають різні вимоги до якості сировини (відходів).

При оцінці якості слід враховувати [41]:

- однорідність відходів за складом (відсутність домішок інших полімерів або їх частка);
- чистота відходів (відсутність забруднень або ступінь забрудненості);
- фізико-хімічні властивості (близькість за характеристиками до первинного матеріалу).

Чим вище якість відходів, тим ширше вибір можливостей їх утилізації і тим нижче витрати на підготовку відходів до вторинної переробки.

Для вторинного використання полімерних відходів необхідно забезпечити високу якість сировини або застосувати технічні методи виробництва, спрямовані на підвищення якості (видалення домішок, контамінантів і т.д.).

Такі методи, як спалювання відходів, можуть бути застосовані до полімерних відходів найнижчої якості.

Техніко-економічні показники підприємств з переробки відходів

Впровадження технічних рішень з утилізації полімерних відходів має ґрунтуватися на відповідних техніко-економічних обґрунтуваннях.

На сьогоднішній день сфера утилізації полімерних відходів в Україні не дуже розвинена. У нас багато полімерних відходів, але мало хто займається перетворенням їх на сировину для подальшої переробки.

В даний час проблема переробки відходів в сировину стала нерозвинутою областю сортування відходів. Сортування ще не набуло такого поширення за кордоном, де існують окремі контейнери для органічних, полімерних і скляних відходів, які відправляються на утилізацію без подальшого перемішування.

Ситуація яка склалася в Україні наступна [25]:

- Дефіцит сировини для переробки, так як не розвинене сортування.
- Лише частка дрібних полімерних відходів, що входять до категорії змішаних утилізується методом спалювання.
- Частина полімерів, що виділяється з побутових відходів йде в подальшу переробку на будівельні матеріали.

Щоб поліпшити ситуацію, необхідно реалізувати діючий в більшості європейських країн проект "Розширена відповідальність виробника". Він передбачає відповідальність виробника за ці продукти навіть після того, як вони були використані, закінчився термін їх придатності, стали непотрібними споживачеві і т.д. ця відповідальність включає, зокрема, збір, сортування та підготовку продуктів для подальшої переробки або відновлення. Основна мета-розробка виробниками продуктів, які в майбутньому буде легше переробляти або повторно використовувати. Це також полегшить роздільний збір відходів, що дозволить розподілити сировину за якістю. Через екологічний податок буде створена нова інфраструктура, яка допоможе в зборі та переробці упаковки. Якщо постачання сировини буде стабільним, з'являться інші сфери

застосування полімерів, такі як хімічна, термічна обробка та вторинна переробка, які матимуть більш широке та ефективне застосування.

3.2. Розвиток інфраструктури збирання та переробки полімерних відходів

За інформацією Міністерства розвитку громад та територій України, за 2022 р. в Україні утворилось понад 54 млн.м³ побутових відходів, або понад 15 млн. тонн, які захоронюються на 6 тис. сміттєзвалищ і полігонів загальною площею майже 9 тис. га.

У 2022 році роздільний збір побутових відходів був введений в 1707 регіонах, при цьому функціонували 35 окремих ліній, 1 сміттєспалювальний завод і 3 сміттєспалювальні печі, близько 6,3% побутових відходів було перероблено, 1,7% з яких було спалено, а 4,6% перероблено в пунктах заготівлі вторинної сировини і лініях утилізації відходів. Порівняно з попереднім роком збільшилася кількість населених пунктів та сміттєспалювальних заводів, що здійснюють роздільний збір побутових відходів (наприклад, у 2016 році роздільний збір сміття здійснювали 575 населених пунктів, у країні діяло 22 сміттєсортувальні лінії, 1 сміттєспалювальна установка та 3 сміттєспалювальні заводи) [15].

Українські міста і регіони відчують серйозні проблеми з "розумним" поводженням з побутовими відходами. Застарілі методи поводження в цій сфері, переповнені або несанкціоновані звалища, відсутність можливостей або небажання сортувати відходи, а також відсутність можливостей для роздільного збору і переробки різних видів відходів - це проблеми, що стоять перед місцевою владою. В результаті ситуація, що склалася безпосередньо впливає не тільки на стан навколишнього середовища міста, а й на здоров'я і благополуччя його жителів.

Ситуація багато в чому залежить від політики уряду, законодавчих нововведень і певних фінансово-економічних механізмів, затверджених на

національному рівні. Тому реформа управління відходами з дотриманням відповідних положень союзної угоди між Україною та ЄС є дуже важливою та актуальною.

Важливим етапом у формуванні сучасної державної політики у сфері поводження з відходами є прийняття Національної стратегії України щодо поводження з відходами до 2030 року та плану її реалізації (згідно з розпорядженням Кабінету Міністрів України від 2017-11-8), зокрема, шляхом збільшення числа населення щодо впровадження роздільного збору відходів. побутових відходів на 48%, введення в експлуатацію додаткових ліній по сортуванню відходів та сміттєпереробних заводів. До 2030 року було вирішено забезпечити переробку 50% побутових відходів [27].

Відповідно, з метою сприяння реалізації Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року на регіональному рівні потрібно забезпечити:

- формування регіональних стратегій (програм) в області поводження з відходами для всіх регіонів країни з визначенням механізму досягнення мети: така стратегія повинна здійснюватися своєчасно;

- при встановленні цільових показників пріоритет слід віддавати індивідуальному збору та переробці твердих побутових відходів, а не їх утилізації, беручи до уваги стан інфраструктури, обсяг і структуру твердих побутових відходів, попит на вторинні матеріали і місцеві кліматичні умови.

На місцевому (районному та міському) рівні необхідно забезпечити розробку планів санітарних заходів у містах, впровадження індивідуального збору та компостування відходів у сільській місцевості, а також моніторинг поточної діяльності операторів ринку [33].

У 2018 набула чинності редакція Закону України "Про відходи", згідно з якою на території України були введені нові правила поводження з побутовими відходами, що забороняють захоронення неочищених видів.

У 2020 році були прийняті "Національна стратегія поводження з відходами до 2030 року" та "Національний план поводження з відходами до

2030 року". Верховною Радою України був вперше прийнятий в першому читанні законопроект" про поводження з відходами " № 2207-1д. Законопроект вводить в національне законодавство основні принципи і положення європейського законодавства в галузі поводження з відходами, зокрема, основні вимоги щодо впровадження ієрархії управління відходами та розширення відповідальності виробників, а також систему довгострокового планування управління відходами на національному, регіональному та місцевому рівнях [34].

Загалом, національний закон про поводження з відходами повинен встановити прозорі галузеві правила та створити сучасну інфраструктуру поводження з відходами.

В даний час на регіональному рівні розробляються регіональні плани управління відходами до 2030 року, і в яких регіонах існують відповідні стратегії.

Особливими заходами в області поводження з побутовими відходами має стати впровадження економічних інструментів, зокрема прийняття нормативно-правових актів, спрямованих на впровадження механізмів повноцінного фінансування систем поводження з відходами з урахуванням принципів "платить забруднювач", "Розширена відповідальність виробника" і "плати за те, що ти викидаєш".

Принцип «забруднювач платить» можна визначити таким чином:

- витрати на обробку відходів покриває той, хто їх утворює;
- необхідно враховувати екологічні фактори, такі як рекультивация звалищ, відновлення природного середовища, знос споруд з переробки відходів (виділення спеціальних коштів на будівництво нових об'єктів, а не тих, які застаріли).

У міжнародній практиці термін "забруднювач" трактується в більш широкому сенсі. Вважається, що забруднювачами є не тільки громадяни або організації, а й виробники і (або) продавці продукції, що вимагає переробки в кінці життєвого циклу продукту. Покладання відповідальності на виробника

може здійснюватися як самостійно (тобто шляхом збору та утилізації продукції), так і колективно (через торговельні асоціації або єдині регулюючі органи) в рамках системи утилізації відходів.

Політика Європейського Союзу в області поводження з твердими побутовими відходами спрямована не на запобігання утворенню відходів, а на створення найбільш екологічних систем для переробки їх потоку. Директива № 2008/98 / ЄС Про відходи, яка є базовим документом у сфері поводження з твердими побутовими відходами, визначає охорону навколишнього середовища як пріоритетну мету політики в області поводження з твердими побутовими відходами, зводячи до мінімуму негативний вплив утворення відходів і управління ними на навколишнє середовище і здоров'я населення [36].

Враховуючи досвід ЄС, у межах реалізації принципу «забруднювач платить» в Україні доцільно провести низку реформ:

- виділити поводження з відходами для населення та комерційного сектора в самостійну послугу з прозорою структурою платежів;

- щоб розпочати поетапне впровадження оплати послуг Відповідно до фактичного споживання, встановить тарифи пропорційно площі об'єкта та перейдіть від надання послуг до платіжної системи "оплата того, що можна викинути" (це забезпечує оплату відповідно до фактичного обсягу відходів, надає підписки на збір відходів). контейнери для сміття, великогабаритне сміття, Електроніка та небезпечні відходи). У квартирі неможливо точно прив'язати певну кількість відходів до окремих домогосподарств, і принцип "забруднювач платить" не може бути реалізований в повній мірі;

- підвищити екологічні податки на утилізацію відходів, щоб стимулювати їх переробку, а не захоронення. Крім того, податок слід використовувати для забезпечення спільного фінансування робіт з переробки відходів, що утворюються в районах, які не мають доступу до інших джерел фінансування, і для рекультивациі закритих звалищ;

- запровадити принцип розширеної відповідальності виробника у тих сегментах, які можуть бути комерційно привабливими (відходи упаковки), а

також у тих, які вимагають найбільш технологічної переробки та знешкодження (батареї, лампи, аерозолі тощо);

– визначити чітку методологію ціноутворення на послуги в області поводження з твердими побутовими відходами. Тарифи повинні включати витрати, що враховують весь цикл поводження з твердими побутовими відходами, включаючи рекультивацію звалищ і подальшу рекультивацію відходів, а також витрати, які усувають інші негативні наслідки.

Утилізація відходів на звалищах повинна бути визначена як найбільш рентабельна альтернатива, а другим за рентабельністю варіантом має бути спалювання відходів без вироблення енергії. Розмір тарифів повинен визначатися на регіональному рівні відповідно до методології країни.

Місцева система поводження з твердими відходами повинна включати механізм "плати за те, що викидаєш":

1. Розмістіть контейнери для збору відходів з передплатою поблизу житлових районів або в спеціальних пунктах збору відходів. Оператор може продати контейнер самостійно або через уповноважену організацію за погодженням з клієнтом (координуючим агентством).

2. Використання спеціальних талонів або наклейок, що гарантують вивезення та/або утилізацію певних видів відходів (великогабаритне сміття, побутова техніка тощо).

3. Плата стягується пропорційно вазі фактично вивезеного сміття.

Ці заходи спрямовані на приведення української моделі побутових відходів до умов рамках Європейського зеленого курсу, сприяти озелененню та, у підсумку, сприяти укріпленню засад сталого розвитку України та її громад.

3.3. Економічні стимули до впровадження ефективних технологій управління полімерними відходами

Ефективне управління полімерними відходами є критично важливим для зменшення негативного впливу на довкілля та здоров'я населення. Для

досягнення цієї мети важливо розробити та впровадити економічні стимули, які мотивують підприємства та населення до прийняття ефективних технологій управління відходами. Основні економічні стимули можуть включати податкові пільги, субсидії, системи повернення депозитів, а також штрафи за недотримання екологічних норм.

Підприємства, які впроваджують екологічно чисті технології управління полімерними відходами, можуть отримувати податкові пільги, що знижують їхні витрати. Це може включати зниження податку на прибуток, податку на додану вартість (ПДВ) для екологічно чистих продуктів або технологій, а також звільнення від податку на імпорт обладнання для переробки відходів [29].

Державні субсидії можуть сприяти впровадженню нових технологій управління відходами, покриваючи частину витрат на їх закупівлю та впровадження. Це може бути особливо корисним для малих і середніх підприємств, які не мають достатніх фінансових ресурсів для інвестицій у нові технології.

Системи повернення депозитів (депозитно-залогові системи) є ефективним механізмом для стимулювання повернення полімерних відходів. Споживачі сплачують додаткову вартість при покупці продуктів у полімерній упаковці, яка повертається при здачі відходів у пункти прийому. Така система забезпечує високий рівень збору та переробки полімерних відходів.

Введення штрафів для підприємств, які не дотримуються стандартів управління полімерними відходами, може стимулювати їх до інвестування в ефективні технології переробки та утилізації. Це включає підвищення плати за захоронення відходів на звалищах, що стимулює підприємства зменшувати кількість відходів, що відправляються на захоронення [25].

Запровадження обов'язкових стандартів для виробників щодо використання матеріалів, придатних для переробки, та зменшення використання одноразових полімерних виробів також сприяє зниженню обсягу відходів та розвитку технологій їхньої переробки.

Фінансування досліджень та розробок у сфері переробки полімерних відходів може призвести до створення нових ефективних технологій. Це включає гранти для університетів, науково-дослідних інститутів та приватних компаній, які працюють у цій сфері [22].

Проведення інформаційних кампаній для підвищення обізнаності населення та підприємств про важливість управління полімерними відходами та існуючі економічні стимули.

Навчальні програми для підприємств з управління відходами та впровадження ефективних технологій можуть сприяти зниженню відходів та підвищенню рівня переробки.

Впровадження економічних стимулів до управління полімерними відходами є ключовим елементом стратегії сталого розвитку. Вони дозволяють зменшити екологічний вплив відходів, сприяють розвитку нових технологій та підвищують екологічну свідомість населення. Комбінація податкових пільг, субсидій, систем повернення депозитів, штрафів та освітніх заходів створює комплексний підхід, який забезпечує ефективне управління полімерними відходами.

3.4. Висновки до розділу

Можливість використання твердих побутових відходів як вторинної сировини за умови формування інституційної та організаційно-економічної основи для участі у виробництві та споживанні, Україні для досягнення цієї мети необхідні нормативно-правові акти, спрямовані на впровадження економічних інструментів, зокрема на стимулювання переробки побутових відходів, шляхом включення в тарифах на переробку побутових відходів вказані всі витрати, пов'язані з наданням таких послуг. Необхідно забезпечити повне відшкодування понесених витрат. реформувати систему проведення конкурсів на надання послуг з вивезення побутових відходів; удосконалити процедуру формування тарифів на послуги з поводження з побутовими відходами.

Розробка та затвердження регіональних програм поводження з відходами, а також стратегій і планів (схем) санітарної очистки населених пунктів на регіональному рівні залучення інвестицій у розвиток відповідної інфраструктури для роздільного збору, сортування та утилізації твердих побутових відходів створення спеціалізованих міських пунктів збору відходів та прийому певних видів побутових відходів проведення інформаційно-просвітницьких кампаній; формування системи показників оцінки та на регіональному рівні та моніторинг рівня поводження з побутовими відходами на регіональному рівні.

ВИСНОВКИ

1. В Україні існує низка нормативно-правових актів, що регулюють поводження з відходами, зокрема полімерними: Національний план управління відходами до 2030 року від 20.02 2019 р.№117-р, Рамковий законопроект «Про управління відходами», Закон України «Про управління відходами» від 20.06 2022 р.

Проте, деякі з них потребують оновлення та доопрацювання, щоб відповідати сучасним вимогам та міжнародним стандартам. Необхідно також удосконалити систему контролю за дотриманням природоохоронного законодавства у сфері поводження з відходами.

2. Обсяги утворення полімерних відходів в Україні постійно зростають, що спричиняє низку проблем, зокрема забруднення навколишнього середовища та шкоду здоров'ю людей.

Існують перспективні методи утилізації полімерних відходів, такі як переробка, спалювання з енергоотриманням та піроліз. Проте, для їх широкого впровадження необхідні значні інвестиції та вдосконалення системи управління відходами.

3. До основних технологій управління полімерними відходами належать:

- сортування та розділення, які дозволяють відокремити полімерні відходи від інших видів відходів та розділити їх за типами полімерів;
- переробка, яка полягає у перетворенні полімерних відходів на нову продукцію;
- спалювання, яке дозволяє утилізувати полімерні відходи та отримати енергію;
- піроліз, який полягає у термічному розкладанні полімерних відходів на газ, рідке паливо та кокс;
- захоронення, що використовується для утилізації полімерних відходів, які неможливо переробити, спалити або піролізувати.

4. Найбільш економічно та екологічно доцільними методами утилізації полімерних відходів є: переробка, яка дозволяє зменшити кількість відходів, що підлягають захороненню, та зекономити ресурси та спалювання з енергоотриманням, яка дозволяє утилізувати відходи та отримати енергію, що може використовуватися для опалення або виробництва електроенергії.

5. Для зменшення впливу полімерних відходів на навколишнє середовище та здоров'я людини рекомендується:

- Зменшити споживання полімерних виробів. Це можна зробити, використовуючи багаторазові сумки, пляшки та інші вироби замість одноразових.

- Сортувати та розділяти полімерні відходи. Це дозволить переробити або спалити більше відходів, а не захоронювати їх.

- Підтримувати розвиток нових технологій утилізації полімерних відходів, що допоможе зробити утилізацію відходів більш економічно та екологічно доцільною.

- Підвищувати рівень екологічної свідомості населення за допомогою освітніх програм та інформаційних кампаній.

Управління полімерними відходами є важливою екологічною проблемою, яку необхідно вирішувати комплексно. Для цього необхідно удосконалити нормативно-правову базу, розвивати нові технології утилізації, підвищувати рівень екологічної свідомості населення та зменшувати споживання полімерних виробів.

СПИСОК БІБЛОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Нікітченко О. Ю. Конспект лекцій з дисципліни “Промислова екологія” (для студентів 3 курсу денної форми навчання за напрямом підготовки 6.170202 “Охорона праці”). Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2016. 65, 89 с.
2. Суберляк О.В., П.І. Баштанник Технологія переробки полімерних та композиційних матеріалів: підручник. Львів: Растр-7, 2015. 256 с.
3. Стан сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2019 рік. URL: <https://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/zhkh/terretory/stan-sferypovodzheniya-z-pobutovymy-vi/> (дата звернення: 15.10.2020).
4. Бутко А.Е. Український ринок утилізації полімерних відходів і основні тенденції його розвитку. «Young Scientist», № 2 (17), 2017. 139-142 с.
5. Гаврилишин І.М. Використання пластику. Проблеми забруднення відходами. Київ, 2016. Випуск. 12. 65 с.
6. Суберляк О.В., П. І. Баштанник. Технологія переробки полімерних та композиційних матеріалів: підруч. для студентів ВНЗ; М. освіти і науки України. 2-ге вид. Львів: Растр-7, 2016. 456 с.
7. Насіров М.Ф. Інерційний та інноваційний сценарії поводження з відходами пластику у середньо- та довгостроковій перспективі. Економіка та держава № 8/2018. 71-75 с.
8. Арустамова О.А. Види і масштаби негативного впливу людини та промисловості на природне середовище. Природокористування: підручник. Миколаїв, 2018. 80-87 с.
9. В.П. Новіков. Екологія, навколишнє середовище і людина: Навч. посібник для вузів, середніх шкіл і коледжів. Харків: ФАР-ПРЕСС, 2010. 568 с.

10. Грищенко С.В., Іщейкіна Ю.О. Вплив накопичення важких металів у навколишньому середовищі та організмі людини на частоту захворювань системи кровообігу: Вісник проблем біології і медицини. 2017. 49-55 с.

11. Турілова Х.О., Рязанова Н.Л. Тверді побутові відходи в Україні: Потенціал розвитку галузі поводження з твердими побутовими відходами. Київ. 2015. 152 с.

12. Про відходи: Закон України від 05.03.1998 р., № 187/98-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187/98-%D0%B2%D1%80>.

13. Насіров М.Ф. Інерційний та інноваційний сценарії поводження з відходами пластику у середньо- та довгостроковій перспективі. Економіка та держава № 8/2018. 152 с.

14. Про житлово-комунальні послуги: Закон України від 9.11.2017 р., №2189-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/card/2189-19>.

15. Про затвердження Порядку формування тарифів на послуги з поводження з побутовими відходами: Постанова Кабінету Міністрів України від 26.07.2006 р. №1010 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1010-2006>.

16. Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року: Закон України, від 8 листопада 2017 р. № 820-р URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80#Text>.

17. Звіт про виконання Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом за 2019 рік» підготовлено Урядовим офісом координації європейської та євроатлантичної інтеграції Секретаріату Кабінету Міністрів України за сприяння проекту ЄС «Association4U». URL:<https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/55-GOEEI/ar-aa-implementation-2019-4.pdf>

18. Директива 2008/98/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 19 листопада 2008 року про відходи та скасування окремих директив (Official Journal L 312, 22.11.2008, р. 3–30) стаття 8.

19. Джек Мак-Кіббан, П'єр Кондамін Практичний посібник для громад. Брюссель. 2020. 256 с.

20. Звіт про розширену відповідальність виробника товарів у поводженні з побутовими відходами. URL: <https://www.minregion.gov.ua/press/news/prorozshirenu-vidpovidalnist-virobnika-to-varnoyi-produktsiyi-u-povodzhenni-zpobutovimi-vidhodami-roz-yasnennya-minregionu>.

21. Кіселева Т.В., Михайлов В.Г. Методи оцінки і управління еколого-економічними ризиками як механізм забезпечення стійкого розвитку еколого-економічної системи: Системи управління та інформаційні технології, 2018. №2. 69-74 с.

22. Кіселева Т.В., Михайлов В.Г. Оцінка основних підходів до визначення стану еколого-економічних систем, 2017. № 9. 31-32 с.

23. Кафаров. В.В. Принципи створення безвідходних технологій хімічного виробництва, М.: Хімія, 2016. 285 с.

24. Директива 2008/98/ЄС про відходи Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on Waste and Repealing Certain Directives. URL: [https://eurlex.europa.eu/LexUriServ.do&uri=CELEX:32008L0098:en:NOT](https://eurlex.europa.eu/LexUriServ.do?uri=CELEX:32008L0098:en:NOT).

25. Директиви Ради №1999/31/ЄС від 26 квітня 1999 р. Про захоронення відходів із змінами і доповненнями, внесеними Регламентом (ЄС) 1882/2003.

26. Директива 2006/21/ЄС Про управління відходами видобувної промисловості. Directive 2006/21/EC of the European Parliament and of the Council of 15 March 2006 on the management of Waste from extractive industries. 15-33.

27. Таранцова А. Розширена відповідальність виробника – основа економіки замкненого циклу. Еко Форум: Львів, 2018. 57 с.

28. Принципи реформи управління відходами. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: <https://mepr.gov.ua/timeline/Vidhodi-tanebezpechni-rechovini.html>

29. Самойлюк А.О. Способи використання матеріалів з використанням вторинної сировини: монографія, Видавництво «Політехніка». 2009. 265 с.
30. Про затвердження Правил надання послуг з поводження з побутовими відходами: Постанова Кабінету Міністрів України від 10.12.2008 р. № 1070. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1070-2008-%D0%BF>.
31. Білявський Г.О., Бутченко Л.І., Навроцький В.М. Основи екології: теорія та практикум. Навчальний посібник. К.: Лібра, 2012. 352 с.
32. Нікітіна А.Т., Степанова С.А. Екологія, охорона природи, екологічна безпека. М.: МНЕПУ, 2019. 648 с.
33. Наумовська О.Н., Роннова А. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. 2013. Вип.17-20. 335-340 с.
34. Михайлюк В.М. Механізм і кінетичні закономірності процесу переробки твердих органічних відходів методом високотемпературного піролізу. Автореф. дис. к.т.н. 05.17.08 Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» Ч: 2017. 18с.
35. Грабовський Р.С., Дорош М.М., Дудак Р.П. Регіональна система збору та переробки сміття, як спосіб вирішення еколого-економічних проблем. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. Г. Жицького. 2018. Т.16, №2 (5). 66-70 с.
36. Радовенчик В.М., Гомеля М.Д. Тверді відходи: збір, переробка, складування: навч. посібн. Київ: Видавництво "Кондор". 2010. 552 с.
37. Утворення та утилізація відходів за матеріалами. Архів. Держстат України, – 2015-2019. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2>
38. Податковий Кодекс України. Розділ VIII. Екологічний податок (ст. 240–250). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17/paran5980>.
39. Демідов П.Г., Шандиба В.А. Горіння і властивості горючих речовин. М.: «Хімія». 2016. 272 с.
40. Сироль С.Р. Ефективність промислового виробництва з використанням вторинних ресурсів. Автореф. дисерт. к.е.н., 2014. 19 с.

41. Михальченко П.А. Джерела шкідливого впливу комп'ютера на користувача. Вінниця. 2017.
42. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ДСанПН 3.3.2.007-98 Затверджено Постановою Головного державного санітарного лікаря України 10 грудня 1998 р. №7.
43. Про затвердження Правил охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин Міністерство юстиції України Закон України від 19 квітня 2010 р. за N 293/17588.
44. Директива 90/270/ЄЕС Європейського парламенту та Ради Про мінімальні вимоги безпеки та здоров'я при роботі з екранними пристроями. 27.06.2007.
45. Про основи, що сприяють безпеці та гігієні праці МОП 187. Конвенція від 2006-06-15. Брюссель: Міжнародна організація праці, 2006. URL: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/993_515.
46. Директива 2003/10/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 6.02.2003 про мінімальні вимоги щодо здоров'я і безпеки працівників, що піддаються небезпеці впливу фізичних факторів (шум) (сімнадцята окрема Директива у значенні статті 16(1). 25 червня 2002.
47. Директива 2002/44/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 25.06.2002 про мінімальні вимоги здоров'я і безпеки працівників, що піддаються впливу небезпечних фізичних факторів (вібрація) (шістнадцята окрема Директива у значенні статті 16(1). 05 травня 2002.
48. Гандзюк М.П., Желібо Е.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці. К.: Каравела. 2013. 405 с.