

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет природоохоронний
Кафедра екологічного права і
контролю

Кваліфікаційна робота бакалавра

на тему:

«Екологічні аспекти управління відходами полімерних матеріалів»

Виконала студентка групи ЕК-45
Спеціальності 101 «Екологія»
Дяченко Тереза Едуардівна

Керівник Гарабажій Тетяна Анатоліївна

Консультант к.геогр.н., доц.
Бургаз Олексій Анатолійович

Рецензент Кузьмина Вікторія
Анатоліївна

Одеса 2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут, факультет природоохоронний
Кафедра екологічного права і контролю
Спеціальність 101 «Екологія»
Освітня програма Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедрою О.Г.Владимирова
к.геогр.н., доц.

“ 22 ” квітня 2021 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Студентці Дяченко Терезі Едуардівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Екологічні аспекти управління відходами полімерних матеріалів»
2. Керівник роботи Гарабажій Тетяна Анатоліївна, старший викладач
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від “18” грудня 2020 року № 254 – С
3. Строк подання студентом роботи 11.06.2021 р.
4. Вихідні дані до роботи джерела наукової, методичної та нормативно-правової інформації за темою роботи
5. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ

- 1 Види полімерних матеріалів
- 2 Екологічні проблеми відходів полімерних матеріалів
- 3 Законодавчі та нормативні засади поводження з відходами полімерів
- 4 Методи переробки відходів полімерних виробів

Висновки

6. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)_____

7. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Бургаз О.А., к.г.н., доц.		
		22.04.2021 р.	22.04.2021 р.

8. Дата видачі завдання 22.04.2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Написання 1-го розділу роботи бакалавра	22.04.21–05.05.21	90	5 відмінно
2	Написання 2-го розділу роботи бакалавра.	06.05.21-10.05.21	90	5 відмінно
3	Рубіжна атестація	11.05.21-15.05.21	95	5 відмінно
4	Написання 3-го розділу роботи бакалавра.	16.05.21-20.05.21	90	5 відмінно
5	Написання 4-го розділу роботи бакалавра .	21.05.21-23.05.21	90	5 відмінно
5	Формулювання висновків роботи бакалавра Оформлення роботи бакалавра	24.05.21-31.05.21	90	5 відмінно
6	Перевірка роботи бакалавра науковим керівником, надання відгуку	1.06.21 – 3.06.21		
7	Перевірка на антиплагіат	4.06.21		
8	Перевірка роботи бакалавра зав. кафедрою	5.06.21 – 6.06.21		
9	Отримання рецензії	7.06.21		
10	Попередній захист роботи бакалавра на кафедрі	8.06.21-10.06.21		
11	Надання роботи бакалавра до деканату	11.06.21		
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		90	5 відмінно

Студент

(підпис)

Дяченко Т.Е.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Гарабазій Т.А.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Екологічні аспекти управління відходами полімерних матеріалів
Дяченко Тереза Едуардівна

Актуальність теми дослідження. Однією з найважливіших проблем сьогодення є екологічно безпечне поводження з відходами полімерних матеріалів. Основна проблема їх полягає в тривалому розкладанні, синтетичному походженні і відсутності речовин, за допомогою яких вони виробляються, в природі, що виключає їх входження в природний цикл розкладання. При горінні полімери виділяють токсичні речовини, а її споживання тваринами призводить до їх загибелі. Велика шкода докільню при утилізації пластикових відходів пов'язана з їх токсичністю і тривалим терміном розкладання. Друга проблема відходів полімерів - тривалий цикл утилізації природним шляхом при похованні і складуванні виробів з пластмас на звалищах твердих побутових відходів. Полімери практично не переробляються існуючими в природі мікроорганізмами, а при попаданні їх в природу є високий ризик поглинання пластикових виробів тваринами. Крихітні частинки мікропластика зберігають свою мікроструктуру століттями в міру його розкладання.

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра є розгляд екологічних проблем, що виникають при надходженні та накопиченні відходів полімерних матеріалів, їх трансформації в довкіллі та методи їх переробки.

Об'єкт дослідження – вплив відходів полімерних матеріалів на довкілля та здоров'я людини.

Метод дослідження – аналіз законодавчих та нормативних правових актів, літературних джерел стосовно захисту довкілля від впливу відходів полімерних матеріалів, впливу їх на навколишнє середовище та впливу продуктів трансформації полімерів на здоров'я людини.

Структура і обсяг роботи. Робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків та переліку джерел посилання (30 найменувань). Загальний обсяг роботи складає 70 сторінок.

Ключові слова: полімери, відходи, утилізація відходів, вплив на довкілля, вплив на здоров'я людини.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	8
1 ВИДИ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	9
1.1 Органічні карболанцюгові полімери.....	10
1.2 Органічні гетероланцюгові полімери.....	14
2 ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ВІДХОДІВ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	21
2.1 Небезпечність пластика для здоров'я людей.....	23
2.2 Небезпечність пластика для тварин.....	24
3 ЗАКОНОДАВЧІ ТА НОРМАТИВНІ ЗАСАДИ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ ПОЛІМЕРІВ.....	28
3.1 Правове регулювання поведження з відходами пластика вЄвропейському Союзі.....	31
3.2 Закон України «Про обмеження обігу пластикових пакетів на території України».....	38
3.3 Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року.....	42
4 МЕТОДИ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ ПОЛІМЕРНИХ ВИРОБІВ.....	46
4.1 Біополімери, що розкладаються під дією мікроорганізмів.....	47
4.2 Створення нанокompозитів на основі полімерної матриці та наповнювача природного походження.....	53
4.3 Створення водорозчинних та фоторозкладуваних полімерних матеріалів.....	53
4.4 Термічні методи утилізації відходів.....	54
4.5 Піроліз полімерних відходів.....	56
4.6 Механічний рециклінг.....	58
ВИСНОВКИ.....	63
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	66

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

- БФА - бісфенол А;
ДДТ - дихлордифенілтрихлорметилметан;
ЄС - Європейський союз;
ООН - Організація об'єднаних націй;
ПАВ - поліароматичні вуглеводні;
ПВ – полімерні відходи;
ПЕ – поліетилен;
ПЕТГ – поліетилентерегліколь;
ПЕТФ – поліетилентерефталат
ПВХ - полівінілхлорид;
ПЕВТ – поліетилен високого тиску;
ПЕВЩ - поліетилен високої щільності;
ПЕНЩ - поліетилен низької щільності;
ПЕНТ – поліетилен низького тиску;
ПЕТ - поліетілентерфталат;
ПП - поліпропілен;
ПС - полістирол;
ПХБ - поліхлоровані біфеніли;
ТПВ – тверді побутові відходи;
ТПУ – термопластичний поліуретан.

ВСТУП

Полімери, в число яких входять пластмаси, або пластики - синтетичні матеріали, що набули широкого застосування в сучасності. Основна проблема їх полягає в тривалому розкладанні, синтетичному походженні і відсутності речовин, за допомогою яких вони виробляються, в природі, що виключає їх входження в природний цикл розкладання. При горінні полімери виділяють токсичні речовини, а її споживання тваринами призводить до їх загибелі. Велика шкода довіллю при утилізації пластикових відходів пов'язана з їх токсичністю і тривалим терміном розкладання. Друга проблема відходів полімерів - тривалий цикл утилізації природним шляхом при похованні і складуванні виробів з пластмас на звалищах твердих побутових відходів. Полімери практично не переробляються існуючими в природі мікроорганізмами, а при попаданні їх в природу є високий ризик поглинання пластикових виробів тваринами. Крихітні частинки мікропластика зберігають свою мікроструктуру століттями в міру його розкладання.

У загальній частці світових відходів зростає маса полімерних матеріалів, частка яких становить близько 12% від обсягу твердих відходів. Найбільша кількість сміття з пластику поставляється країнами, що розвиваються.

Крім того, з метою надання пластику споживчих властивостей в продукт додаються важкі метали, барвники, пестициди, які вивільняються при розпаді виробу і абсорбуються в навколишньому середовищі.

Проблема відходів полімерів є актуальною і вимагає уважного розгляду та найшвидшого вирішення.

Метою бакалаврської кваліфікаційної роботи є розгляд проблеми надходження та накопичення відходів полімерних виробів, їх трансформації в довкіллі та методи їх переробки.

1 ВИДИ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ

Полімерами називають речовини, молекули яких складаються з великої кількості атомних угруповань (ланок), сполучених хімічними зв'язками в довгі ланцюги (макромолекули). При цьому кількість цих ланок в макромолекулах має бути достатньою для прояву фізикмеханічних властивостей полімерів, які залишаються незмінними при додаванні або видаленні однієї або декількох ланок. Пластичні маси (пластмаси, пластики) – штучні матеріали, що отримують на основі полімерів. Вони здатні розм'якшуватися при нагріванні і набувати заданої форми під тиском. До складу пластичних мас входять:

- сполучна (та, що зв'язує) речовина (обов'язково), полімер;
- наповнювач (обов'язково);
- інші речовини (пластифікатори, отверджувачі, пігменти, антиоксиданти).

Сфери застосування полімерів і конструкційних матеріалів на їх основі:

- машинобудування (зубчасті колеса, підшипники, елементи конструкцій, корпуси механізмів тощо);
- транспорт (корпуси транспортних засобів, бампери, підшипники);
- хімічна промисловість (резервуари, труби) ;
- будівництво (облицювання, труби водопроводу);
- електро- і радіопромисловість (ізоляція, плати, корпуси);
- медицина (трубки, мембрани, корпуси апаратів);
- побутова техніка.

Особливе місце займають конструкційні полімери, що мають підвищену міцність та жорсткість. Найбільш широко вживані полімери називають великотоннажними (поліетилен, поліпропілен, полівінілхлорид, полістирол, поліамід та ін.) - до 90% від загальної маси вироблюваних полімерів. Переваги та недоліки полімерів: Переваги:

- мала питома вага;
- висока питома міцність;
- висока корозійна стійкість;
- хороші ливарні властивості;
- хороша оброблюваність (фрезерування, точіння);
- відносно низька вартість.

Недоліки:

- відносно вузький температурний діапазон;
- труднощі вторинного використання;
- схильність до старіння при дії середовищ.

За експлуатаційними властивостями конструкційні пластмаси умовно діляться на такі групи: конструкційні, антифрикційні, теплостійкі, атмосферостійкі, важкозаймисті, зносостійкі, електроізоляційні, оптичні, теплоізоляційні.

За загальним хімічним складом:

- органічні – полімери, що містять атоми вуглецю, водню, галогенів (Cl, F), кисню, азоту або сірки (так звані органогенні елементи);
- елементоорганічні – полімери, що містять, крім органогенних, такі елементи, як кремній, алюміній, титан та інші;
- неорганічні – в основному ланцюзі і бічних ланках атоми вуглецю відсутні[1].

1.1. Органічні карболанцюгові полімери

Це найбільш поширений клас полімерів. До нього належать практично всі «великотонажні» полімери.

Характеризується наявністю в головному ланцюзі тільки атомів вуглецю. В основному це лінійні і частково кристалічні полімери.

Зазвичай використовують таку класифікацію:

Органічні карболанцюгові полімери:

1) Поліолефіни:

- Поліетилен (ПЕВТ, ПЕНТ);
- Поліпропілен (ПП);

2) Галогеномісні ПМ:

- Полівінілхлорид (ПВХ);
- Політетрафторетилен (ПТФЕ) або фторопласт;

3) Поліакрілати:

- Поліметилметакрилат (ПММА) або орг-скло, плексиглас;

4) Вінілові ПМ з циклічними замісниками:

- Полістирол (ПС).

З поліолефінів найбільш відомі поліетилен високого тиску і поліетилен низького тиску.

Області застосування і види виробів з ПЕВТ:

- машинобудування – прокладки і шайби, захисні корпуси і кожухи;
- хімічна промисловість – листи та плити для футерування апаратів і резервуарів;
- будівництво – безнапірні труби і фасонні частини;
- електропромисловість – ізоляція кабелів;
- сільське господарство – плівка для теплиць;
- торгівля – плівка пакувальна, посудини і бутлі, предмети побутового призначення.

Області застосування і види виробів з ПЕНТ:

- машинобудування – кришки підшипників, втулки, захисні корпуси і кожухи, антифракційні покриття;
- хімічна промисловість – тара для зберігання кислот і лугів;
- транспорт – паливні баки;
- будівництво – облицювальні листи і декоративні профілі;
- електропромисловість – електроізоляційні покриття;
- сільське господарство – плівка для теплиць;

- торгівля – плівка пакувальна, посудини і бутлі, предмети побутового призначення [1].

Поліпропілен (ПП):

Області застосування і види виробів:

- машинобудування – деталі машин, захисні корпуси і кожухи;
- хімічна промисловість – ємності та труби для агресивних рідин;
- будівництво – безнапірні труби і фасонні частини, профільні вироби, вібро- та шумоізоляції міжповерхових перекриттів;
- електропромисловість – електроізоляційні матеріали;
- сільське господарство – плівка для теплиць;
- торгівля – плівка пакувальна, плівка, тара, теплоізоляція для холодильників, контейнери, предмети побутового призначення, волокна.

Полівінілхлорид (ПВХ В):

Області застосування і види виробів з ПВХ:

- машинобудування – вібропоглиначі матеріали, захисні корпуси і кожухи;
- транспорт – удароміцні деталі в машинобудуванні, залізничному транспорті, авіатранспорті;
- хімічна промисловість – ємності та труби для агресивних рідин;
- медицина – рукавички, клейонки, сумки, трубки, столи;
- будівельна промисловість – деталі вікон, дверей, плінтуси, водостійкі ринви і труби, профільні вироби, облицювання;
- електропромисловість – електроізоляційні матеріали;
- сільське господарство – захисні плівки;
- торгівля – надувні човни, контейнери, штучна шкіра, предмети побутового призначення.

Політетрафторетилен (ПТФЕ):

Області застосування і види виробів:

- машинобудування – деталі машин і апаратів, матеріали для підшипників, що працюють без мастила, з обмеженням мастила і в корозійних середовищах, пристрої для роботи в корозійних середовищах і при низьких середовищах;

- автомобільний транспорт – антикорозійні та антиадгезійні покриття;

- авіація – антикорозійні та натиадгезійні покриття, гнучкі метало-пластикові трубопроводи гідросистем, що працюють під високим тиском і з високою температурою робочої рідини;

- хімічна промисловість – труби, прокладки, вентиляції, крани, апарати, ректифікаційні колони, насос, клапани, сільфони, облицювальна плитка, сальникові набивки;

- медицина – імплантати для серцево судинної та загальної хірургії, стомоталогія, офтальмологія, штучні кровоносні судини;

- електропромисловість – діелектрик для високочастотного обладнання, плівка для використання високоякісних кабелів, проводів, конденсаторів, для ізоляції катушок, пазів електричних пазів;

- торгівля – виробництво посуду з антипригарним покриттям.

Поліметілметакрилат (ПММА):

Області застосування і види виробів:

- машинобудування – прозорі захисні корпуси;

- транспорт, авіація – скління літаків, катерів, обтічники;

- приладобудування – лінзи, призми;

- медицина – жорсткі газонепроникнені контактні лінзи і жорсткі інтроокулярні лінзи (штучні кришталіки);

- будівництво, електропромисловість, сільське господарство – перегородки, огорожувальні конструкції, куполи, навіси, ліхтарі сходи, перила, плафони, лицеві екрани, розсіювачі, парники, теплиці, оранжереї;

- торгівля – підставки, вітрини, цінники, стільниці, полиці [1].

Полістирол (ПС):

Області застосування і види виробів:

- машинобудування –вібропоглиначі елементи, захисні елементи;
- транспорт – декоративні елементи;
- медицина – контейнери для донорських органів, допоміжний одноразовий інструмент (поршні для шприців), посуд для стерилізації (чашка Петрі, лотки, підставки), частини систем переливання крові, упаковка для інструментів;
- будівельна промисловість – теплоізоляційні плити, декоративні панелі, стельові плити, звукопоглинаючі елементи;
- електропромисловість – освітлювальна арматура, панелі приладів;
- торгівля – упаковка, у тому числі з пенопластиролу, корпусні елементи побутових приладів, дитячі іграшки.

1.2 Органічні гетероланцюгові полімери

Гетероланцюгові полімери - це полімери, макромолекули яких містять в головному ланцюзі різнорідні атоми.

Крім вуглецю, водню і кисню до складу гетероланцюгових полімерів можуть входити азот, кремній, фосфор і інші хімічні елементи.

Найбільш поширеними гетероланцюговими полімерами в даний час є поліефіри, поліаміди та деякі види смол.

Наявність у складі головного ланцюга макромолекул додаткових хімічних елементів впливає на різні властивості сполук, що може бути необхідним при застосуванні полімерних матеріалів в якості конструкційних пластмас [1].

Органічні гетероланцюгові полімери:

1) Полімери, що містять у головному ланцюзі кисень:

- поликарбонат (ПК);

2) полімери, що містять у головному ланцюзі азот:

- поліаміди (ПА);

3) прості полієфіри:

- поліформальдегід (ПФ);
- поліфеніленоксид (ПФО);

4) складні полієфіри:

- поліетилентерефталат (ПЕТФ);

5) полімери с гетероциклами в головному ланцюзі:

- поліімид (ПІ);
- поліамідімид (ПАІ);
- полікарбонат (ПК).

Області застосування і види виробів:

- машинобудування – прецизійні деталі (шестерні, втулки тощо), інструмент, захистні огороження, захистні пристосування (кожухи) для переробних верстаків та обладнання;

- транспорт – захистне обладнання (каска, шоломи);

- хімічна промисловість – резервуари;

- медицина – медична техніка (чашка Петрі, фільтр для крові, різні хірургічні інструменти), лінзи для очей, протези;

- будівельна промисловість – світлопроводі покрівлі, абочні перекриття, козирки, навіси, автобусні остановки, захисні шумоізоляційні екрани та стіни, паркування, велосипедні зупинки, пішоходні галереї, листи для скління будівель і спортивних споруд, теплиць, для виробництва високоміцного багат шарового скла – триплексу;

- електро промисловість – освітлювальна арматура, електрообладнання, деталі ЕОМ, компакт-диски, деталі електронних апаратів і пристроїв, каркаси для кодушок, корпуси та кришки батарей, телефонні апарати, корпуси електроінструментів, мобільні телефони та ін;

- торгівля – декоративне оформлення інтер'єрів і вітрин, виготовлення посуду упаковки і меблів [1].

Поліамід (ПА):

Області застосування і види виробів:

- машинобудування, транспорт, авіація – різні деталі машин: підшипники ковзання та корпуси підшипників, втулки, шківни, ролики, шестерні, блоки, зносостійкі зубчасті передачі, вкладиші, пари тертя та кулачки;
- медицина – для виготовлення протезів, хірургічних ниток, штучних кровоносних судин;
- будівництво, видобувна то електропромисловість -
- виробництво зброї – магазини та приклади сучасних автоматів;
- торгівля – волокна, плівки, що допустимі для контакту з харчовими продуктами.

Систему маркування найбільш вживаних видів полімерів ввели близько тридцяти років тому - в 1988 році, а пластик, як матеріал, що повсюдно вживається, був відкритий більш ніж 100 років до цього - в 1866 році, коли винахідник пластмаси Олександр Паркс відкрив фірму для його масового виробництва.



Рисунок 1.1- Види маркування пластику [2].

Маркування (цифра в трикутнику) допомагає нам зробити правильний вибір: із пластику роблять посуд, упаковку, дитячі іграшки і, здається, що

взагалі більшу частину предметів, які ми використовуємо щодня. Кожен вид пластику шкідливий по-своєму. Її ставлять, щоб позначити матеріал, з якого зроблений продукт, і його властивості перед відправкою на переробку.



Рисунок 1.2 – Приклад маркування пластику.

Все це - типи використовуваних полімерів, які відрізняються за своїми властивостями, незважаючи на спільність походження [2].



Рисунок 1.3 - Маркування поліетілентерфталат (ПЕТ) або PET(E).

Найчастіше у побуті використовується саме ПЕТ. У нього упаковані вода, лимонад, соки, молоко, кефір, йогурт та інші кисломолочні напої, рослинна олія, кетчуп та інші готові соуси, спеції та інші сипучі продукти, косметика, порошки.

На переробку беруть всюди, де є роздільний збір сміття. Виняток - пляшки з-під олії - масло проникає в ПЕТ і не дає можливості виробляти з

нього вторсировину. Використовувати можна тільки один раз: при повторному використанні виділяється фталат.



Рисунок 1.4 - Маркування поліетилен високої щільності (ПЕВЩ) або PEHD (HDPE).

З ПЕВЩ роблять пляшки для соку, кефіру, молока, йогурту та ін., одноразовий посуд, кришки для пластикових пляшок, контейнери для їжі, флакони для косметики (шампуні, гелі для душу, рідке мило та ін.), банки для побутової хімії, каністри і упаковку для перевезення паливно-мастильних матеріалів, відра і тази, дитячі іграшки [2].



Рисунок 1.5 - Маркування полівінілхлорид (ПВХ) або PVC

З ПВХ роблять контейнери для їжі і харчову плівку, пластикові вікна, натяжні стелі, деталі для меблів, труби, скатертини та занавіски для ванної, підлогові покриття, лінолеум і штучну шкіру, тару для технічних рідин. На переробку ПВХ не приймають, тому необхідно уникати його використання. Протипоказаний для харчових продуктів, але іноді використовується. В інших цілях ПВХ можна використовувати багаторазово. Він містить бісфенол А (БФА), вінілхлорид, фталати, і, можливо, кадмій. При спалюванні виділяє діоксин.



Рисунок 1.6 - Маркування поліетилен низької щільності (ПЕНЩ),
LDPE або PEBD.

З ПЕНЩ роблять майже всі пакети (сміттєві теж), пакети для заморожених овочів і напівфабрикатів, пакети для миючих засобів та прального порошку, щільні непрозорі пакети, упаковки для побутової техніки. На переробку ПЕНЩ беруть, але не завжди. Це залежить від наявності потужностей з переробки у даного оператора. Використовувати ПЕНЩ можна кілька разів. Він майже нешкідливий (найбільш нешкідливий), але при нагріванні і в процесі розкладання виділяє формальдегід [1].



Рисунок 1.7 - Маркування поліпропілен (ПП) або PP.

З ПП роблять упаковку для шоколадок, пакети для хліба і круп, дитячі соски, упаковку для дитячого харчування і засобів гігієни, підгузки, харчові контейнери, трубочки для напоїв, баночки для таблеток, шприци, дитячі іграшки, лотки для холодильника. На переробку ПП беруть, але не скрізь. Використовувати його можна кілька разів. ПП майже нешкідливий, але при нагріванні та в процесі розкладання виділяє формальдегід [2].



Рис. 1.7 - Маркування полістирол (ПС) або PS.

З нього роблять спінені підкладки для нарізок, м'яса, овочів і фруктів, упаковку для яєць, стаканчики для йогурту, коробочки під овочі і фрукти, сендвіч-панелі і теплоізоляційні плити, пінопласт, дитячі іграшки. Рекомендується використовувати тільки один раз: при повторному використанні, нагріванні або в контакті з деякими продуктами виділяє стирол [2].



Рисунок 1.8 - Маркування все інше О або OTHER.

Це інші види пластмас, зокрема полікарбонат та поліамід. З нього роблять пляшечки для дітей, прозорі одноразові ложки, виделки і ножі, багаторазові пляшки для води, пляшки [2].

Таким чином, маркування найбільш уживаних пластмас підкаже нам їх властивості, можливість застосування, можливі загрози для здоров'я людей та довкілля, а також можливість переробки.

Більшість полімерів у результаті зворотності реакції можуть знову розкладатися до початкових речовин – мономерів. ПЕТ може бути деполімеризована до початкових компонентів – етиленгліколю і терефталевої кислоти за реакцію гідролізу з використанням «надкритичної» води, яка діє як кислотний каталізатор. Терефталева кислота відділяється при 350–400 °С на 100 %, етиленгліколь – дещо менше. Аналогічній переробці можуть бути піддані відходи поліуретанів і поліамідів.

2 ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ВІДХОДІВ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ

Промисловість полімерних матеріалів розвивається високими темпами. Починаючи з 70-х років ХХ ст. виробництво полімерів подвоюється кожні 5 років, причому термопластичні полімери становлять приблизно 70 % від загальної кількості пластмас, що виробляються. Одним із супутніх ефектів бурхливого розвитку полімерних матеріалів є одночасне збільшення кількості полімерних відходів. Тобто відходи полімерів перетворилися в серйозне джерело забруднення навколишнього середовища [3].

За оцінками фахівців, у структурі полімерних відходів 34 % становить поліетилен (плівка, пивні ящики, відра, піддони та інші вироби), 20,4 % – поліетилентерефталат (пляшки від різноманітних напоїв та інших рідин), 17 % – ламінований папір, 13,6 % – полівінілхлорид (труби, плівка, панелі), 7,6 % – полістирол (корпуси електронної апаратури, одноразовий посуд), 7,4 % – поліпропілен (побутові вироби, корпуси акумуляторів, різноманітна тара). Більшість виробів, тари та пакування із пластичних мас тривалий час зберігають свої властивості і придатні для повторного використання. Однак сьогодні збирають та переробляють лише 20 % поліетилену, 17 % поліпропілену, 12 % поліетилен-терефталат, 12 % полістиролу, 10 % полівінілхлориду, причому промисловість здатна переробити в кілька разів більше вторинної сировини ніж її продукується сьогодні із відходів.

Полімерні вироби стають все більш досконалішими з точки зору їх експлуатаційних властивостей, одночасно розвиваються та ускладнюються методи поводження з полімерними відходами. Збільшується кількість пластикових відходів, які не тільки засмічують навколишнє середовище, а й забруднюють його. Доведено, що процес розпаду пластикових відходів у звичайних умовах займає до тисячі років [1, 3].

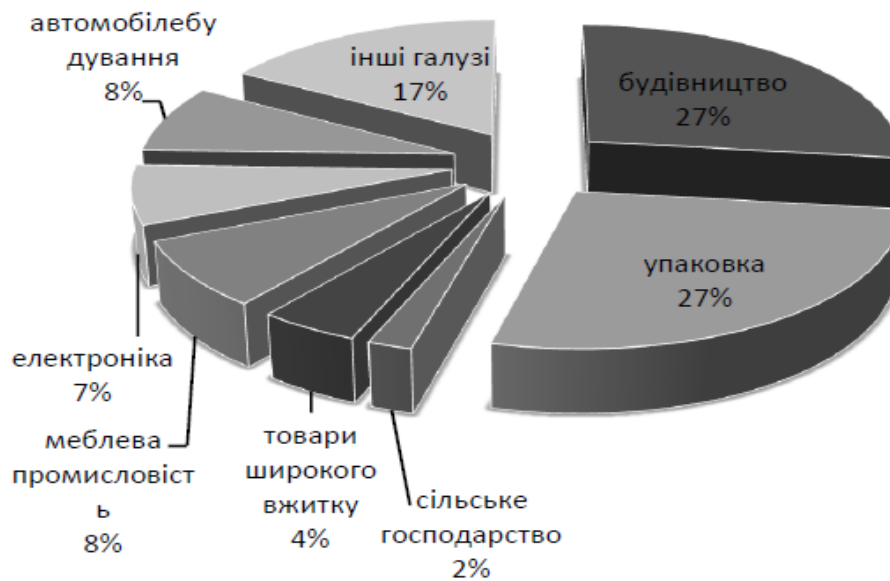


Рисунок 1 – Сфери застосування виробів з полімерів [4].

Проблема утилізації полімерних відходів з кожним роком стає все актуальнішою. Частка полімерних матеріалів у побутових відходах наближається до 20% (за масою), що складає сотні тисяч тонн на рік.

Якщо на підприємствах України контролюється збір, передача за договорами екологічним організаціям, то відходи полімерів, найчастіше-пластик, потрапляють в тверді побутові відходи, а потім, без сортування - на звалища. Згідно з оцінками [4], в ТПВ містяться така кількість відходів різних полімерів: поліетилен складає 41 %, поліпропілен – 18 %, полістирол/спінений полістирол і полівінілхлорид – по 9 %, а складний поліефір – 7. Зазвичай полімерні відходи є сумішшю різних матеріалів, які практично не піддаються ідентифікації.

До пластмас, що вимагають рекуперації після закінчення терміну служби, відносять: водопровідні та каналізаційні труби; ізоляцію кабелів; обрізки віконних рам і будівельних елементів; корпуси комп'ютерів і клавіатури;

пляшки; пакувальні плівки; різні пакети, контейнери для харчових продуктів тара та інше.

Полімери є дуже стійкими сполуками, які завдяки своїй хімічній будові дуже повільно розкладаються, що спричиняє величезні їх об'єми у твердих побутових відходах (ТПВ). Із загального об'єму полімерних відходів основна маса припадає на ПЕТ (поліетилентерефталат) – 25%, на поліетилен низького (ПЕНТ) і поліетиленвисокого тиску (ПЕВТ) – по 15%, поліпропілен (ПП) – 13%, полістирол (ПС) – 6%, полівінілхлорид (ПВХ) – 5% і на інші полімерні матеріали – 21%. Однак, на сьогоднішній день тільки 10% відходів полімерних матеріалів піддаються рециклінгу, а ті полімерні відходи, що залишаються в багатьох краях, включаючи і Україну, накопичуються на місцевих сміттєзвалищах і несанкціонованих звалищах. Для багатьох міст України, таких як Київ, Харків, Дніпро, Донецьк, Одеса і Львів, які є великими мегаполісами, це стало значною екологічною проблемою. Виробництво виробів із пластику збільшується з року на рік, що можна пояснити його легкістю, економічністю та зручністю використання. Полімерні вироби стають все більш досконалішими з точки зору їх експлуатаційних властивостей. Частка полімерних матеріалів у побутових відходах наближається до 20% (за масою), що складає сотні тисяч тонн на рік [3,4].

2.1 Небезпечність пластику для здоров'я людей

Характерною особливістю структурного складу побутових відходів є зростаюча частка в них відходів споживання пляшок із поліетилентерефталату, що широко застосовуються для пакування різноманітних продуктів. Зараз в Україні функціонує близько 160 підприємств різної форми власності, які реалізують або випускають свою продукцію у пляшках із ПЕТ, для чого виготовляють чи закупають тару.

Дослідження вчених показали, що певні види пластмас шкідливі для здоров'я дорослих і дітей. Багато речей, які використовують у побуті (зокрема, деякий посуд, пластикові упаковки для харчових продуктів, пляшки із сосками для штучного вигодовування дітей, віконні рами, плівки для натяжних стель, пластикові меблі або елементи меблів, стоматологічні пломбувальні матеріали), містять у своєму складі бісфенол А (дифенілпропан). Згідно з дослідженнями, ця хімічна речовина спричиняє гормональні порушення, негативно впливає на роботу репродуктивної та серцево-судинної систем, призводить до порушення розвитку головного мозку в дітей, пригнічує функції ендокринної системи, сприяє розвитку онкологічних захворювань. Офіційно вважається, що пластикові пляшки безпечні для здоров'я. Водночас установлено, що в пляшки легко проникають кисень, карбон (IV) оксид, ультрафіолетові промені. Тому багаторазове використання найбезпечніших пластмасових пляшок зумовлює скупчення в них небезпечних мікроорганізмів [5].

Після використання відходи полімерів, зокрема пластику, здебільшого накопичується у великій кількості на смітниках, під час повеней потрапляє в річки, моря та океани. На сміттєзвалищах трапляється самозагоряння сміття, а під час горіння виділяються діоксини та фурани. Вони спричиняють генетичні зміни, викликаючи мутації в рослинному й тваринному світі. Крім того, потрапляючи у води Світового океану, пластикові відходи призводять до загибелі багатьох видів морських тварин.

2.2 Небезпечність пластика для тварин

Пластикове забруднення здатне отруїти тварин, що, в свою чергу, може негативно вплинути на поставку продуктів харчування людині. Пластикове забруднення було описано як має вельми згубні наслідки для великих морських ссавців. Деякі морські види, такі як морські черепахи, були виявлені зі значною часткою пластмас в шлунку. Коли таке відбувається, тварина зазвичай голодує,

бо пластмаси блокують шлунково-кишковий тракт тварини. Морські ссавці можуть іноді заплутатися в пластмасових виробках, таких як сітки, які можуть завдати шкоди або вбити їх [6].

Понад 260 видів тварин, у тому числі безхребетних, або випадково проковтують пластик, або заплутуються в пластиці. Коли особина заплутується, її рух різко обмежений, що робить пошук їжі для нього дуже важким. Заплутаність зазвичай призводить до смерті або тяжких розривів і виразок. Було підраховано, що понад 400 тисяч морських ссавців гинуть щорічно в результаті пластикового забруднення в океанах. У 2004 році було підраховано, що чайки в Північному морі мали в середньому по тридцять шматків пластика в їхніх шлунках.

Згустки пластикових частинок нагадують зоопланктон, і медузи або риби можуть прийняти їх за їжу. Велика кількість довговічного пластику (кришки і кільця від пляшок, одноразові запальнички) виявляється в шлунках морських птахів і тварин, зокрема морських черепах і чорноногих альбатросів. Крім прямого заподіяння шкоди тваринам, плаваючі відходи можуть вбирати з води органічні забруднювачі, включаючи ПХБ (поліхлоровані біфеніли), ДДТ (дихлордифенілтрихлорметилметан) і ПАУ (полиароматические вуглеводні). Деякі з цих речовин не тільки токсичні - їх структура подібна до гормону естрадіолу, що призводить до гормонального збою у отруєної тварини.

Станом на 2018 рік в усьому світі вироблялося за рік близько 380 мільйонів тонн пластику. З 1950 року по 2018 було вироблено близько 6,3 мільярдів тонн пластику, з них було перероблено близько 9%, а спалено – 12 %. Величезна кількість пластикових відходів неминуче потрапляє в навколишнє середовище. Дослідження припускають, що тіла 90 % морських птахів містять в собі пластик. Згідно з дослідженням Грінпіс за 2017 рік, морське сміття завдає шкоди як мінімум 267 біологічних видів з усього світу. Ще в 2015 році Генеральна Асамблея ООН прийняла Порядок денний в галузі сталого розвитку, згідно з якою до 2025 року необхідно «забезпечити запобігання та

істотне скорочення будь-якого забруднення морського середовища, в тому числі внаслідок діяльності на суші, включаючи забруднення морським сміттям». Однак реалізація цієї мети здається дуже складною, враховуючи, що на національному рівні системи управління відходами та відповідні законодавчі акти дуже сильно різняться. Для досягнення цієї мети необхідно вирішити ряд проблем - не тільки з точки зору нерозвиненої інфраструктури, але і з точки зору обсягів виробленого пластика і його життєвого циклу. Щорічно в Європі виробляється 25 млн. т пластикових відходів, і менше 30 % цих відходів збирається на переробку. Значна частина накопичених відходів відправляється на переробку в країни, що розвиваються, де їх доля залишається невідомою. За даними Європейської комісії, виробництво пластика і спалювання пластмасових відходів щорічно призводить до викиду близько 400 млн. т CO₂. У всьому світі від 5 млн. т до 13 млн. т пластику щороку потрапляє в океани. Таким чином, ця індустрія має наслідки для здоров'я людини, навколишнього середовища і, особливо, для морського біорізноманіття. Численні види тварин, у тому числі безхребетні, морські птахи, черепахи, тюлені, морські леви, кити і риби, проковтують пластикові відходи або заплутуються в них, що обмежує їх руху, викликає порушення репродуктивних функцій, рвані рани, виразки і смерть [7].

Хлорований пластик може виділяти шкідливі хімічні речовини в ґрунт, потім може потрапити в ґрунтові води або інші найближчі джерела води. Це може завдати серйозної шкоди тим, хто п'є цю воду. Через поширеність пластикових продуктів, велика кількість людей постійно піддаються впливу пластмас. У США, у 95 % дорослих в сечі виявлено Бісфенол А. Пластифікатори взаємопов'язані зі зниженням народжуваності, порушенням статевого дозрівання, розмноження та інших наслідків для здоров'я людей [5].

Області звалищ постійно завалені безліччю різних типів пластмас. Що стосується біорозкладаних пластиків, то, в міру того як вони розкладаються, вивільняється метан, який є дуже сильним парниковим газом, що вносить

істотний внесок в глобальне потепління. Також існує експертна думка, що біорозкладана упаковка - це міф. Те, що за неї видається виробниками, є в більшості випадків біодеградуєчими полімерними матеріалами, які не розкладаються за 1-2 роки, як запевняють споживачів, а лише розпадаються на дрібнодисперсні частинки, що володіють підвищеною міграційною здатністю в природному середовищі.

З ЗАКОНОДАВЧІ ТА НОРМАТИВНІ ЗАСАДИ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ ПОЛІМЕРІВ

В Україні прийнятий і діє закон України «Про відходи» [8]. Він визначає правові, організаційні та економічні засади діяльності, пов'язаної із запобіганням або зменшенням обсягів утворення відходів, їх збиранням, перевезенням, зберіганням, сортуванням, обробленням, утилізацією та видаленням, знешкодженням та захороненням, а також з відверненням негативного впливу відходів на навколишнє природне середовище та здоров'я людини на території України.

Але цей закон вже є морально застарілим і потребує перегляду, адже Україна обрала стратегічною метою шлях до Європи. Зараз на розгляді Верховної Ради є проект закону «Про управління відходами», що має відповідати вимогам європейського законодавства.

Управління відходами в Євросоюзі регулюється великою кількістю директив і регламентів ЄС.

Рамкова директива ЄС про відходи (Директива Європарламенту і Ради 2006/12/ЄС від 5 квітня 2006 р. про відходи) є базовим законом ЄС у сфері управління відходами. Вона поширюється на всі потоки відходів (виняток становлять ядерні відходи і деякі інші специфічні види відходів) [9].

РДВ встановлює так звану ієрархію відходів, правила планування управління відходами, їх кваліфіковане збирання і перероблення, а також вимагає дотримання обов'язкових дозвільних процедур для переробників.

Загальною вимогою Рамкової директиви про відходи є те, що країни-члени повинні додатково перед уживанням важливих заходів для забезпечення утилізації та відновлення відходів обмежити виробництво відходів, зокрема, шляхом заохочення екологічно чистих технологій і продуктів, які можуть бути перероблені та використані повторно, беручи

до уваги існуючі або потенційні можливості ринку утилізованих відходів.

За предметом регулювання ці акти можна поділити на три групи:

- акти, які регулюють конкретні операції поводження з відходами.

Основу актів цієї групи складають директиви, що встановлюють вимоги до діяльності та дозволів на діяльність із видалення відходів (найчастіше — спалювання чи захоронення). Основними нормативно-правовими актами цієї групи є:

- Директива 1999/31 про захоронення відходів;

- Директива 2000/76 про спалювання відходів;

- акти, які регулюють поводження з окремими видами відходів. Це здебільшого директиви, що встановлюють вимоги до поводження з небезпечними відходами та їх окремими типами, а також відпрацьованими мастилами, пакувальними матеріалами, батареями і акумуляторами. Основними актами цієї групи є:

- Директива 91/689 про небезпечні відходи;

- Директива 94/67 про спалювання небезпечних відходів;

- Директива 94/62 про упаковку та відходи упаковки;

- акти, що регулюють переміщення відходів. У цій групі документів переважають регламенти, які встановлюють вимоги до транзиту, експорту й імпорту відходів у межах та за межами ЄС.

Більшість старих країн-членів ЄС мають професійну систему збирання відходів, яка забезпечується або муніципальною владою, або приватними компаніями, наділеними компетентними органами повноваженнями поводження з відходами. Національне законодавство зазвичай монополізує такі муніципальні послуги зі збирання відходів і перероблення певних фракцій відходів, особливо коли це стосується відходів домогосподарств.

У країнах ЄС передбачено істотне скорочення розміщення на полігонах відходів, що біологічно розкладаються (порівняно з обсягами їх утворення в 1995 р.): у 2010 р. — на 25%, 2013 р. — на 50%, 2020 р. — на 67%. У

Швеції, Данії, Швейцарії, Німеччині, Бельгії, Норвегії, Австрії, Нідерландах рівень перероблення твердих побутових відходів сягає від 30 до 50%, інші європейські країни переробляють від 15 до 30% своїх відходів. У США теплова енергія, що виробляється з твердих побутових відходів, є основним джерелом відновлюваної енергії (35,6% у загальному обсязі їх виробництва).

Такий напрям, як пакувальні відходи, підлягає регулюванню в рамках Директиви Європарламенту і Ради 94/62/ЄС від 20 грудня 1994 р. про упаковку і пакувальні відходи [11].

До пакувальних відходів належать відходи від усіх продуктів, вироблених із матеріалів будь-якої природи і використовуваних для надання форми, захисту, зручності поводження, доставки і презентації товарів, від сировини і до готової продукції, від виробника до споживача.

Країни-члени повинні:

- забезпечити зменшення кількості пакувальних відходів (наприклад, шляхом обмеження упаковки споживчих товарів);
- стимулювати повторне використання і відновлення/перероблення пакувальних відходів, а також дотримуватися квоти з відновлення/перероблення;
- сприяти системам повторного використання таких пакувальних матеріалів, які можуть бути повторно використані екологічно безпечним способом;
- здійснювати заходи для створення систем, що забезпечують повернення або збирання використаної упаковки споживачем чи іншим кінцевим користувачем або вилучення з певного потоку відходів для подальшого переспрямування за найбільш прийнятним шляхом поводження з відходами, а також повторне використання або відновлення, зокрема перероблення упаковки і / або її збирання, для того, щоб виконувалися завдання Директиви. Ці системи мають бути відкриті для участі суб'єктів економіки відповідних галузей і компетентних органів.

Директивою встановлені цільові показники з перероблення і відновлення пакувальних відходів.

Нині вимоги Директиви втілені у національному законодавстві (у вигляді законів) у таких країнах ЄС: Австрії, Бельгії, Великобританії, Німеччині, Данії, Ірландії, Іспанії, Італії, Люксембургу, Нідерландах, Португалії, Фінляндії, Франції, Швеції. У Греції юридичну силу має проект закону. У Данії, Фінляндії, Нідерландах діють добровільні угоди, які доповнюють державне правове регулювання.

Практично повне роздільне збирання усіх відходів упаковки здійснюється тільки у Німеччині та Австрії. В інших європейських країнах здійснюється роздільне збирання тільки окремих фракцій відходів упаковки. Відповідальність за такий тип збирання відходів упаковки несе місцева влада (у Великобританії, Греції, Данії, Ірландії, Іспанії, Італії, Люксембургу, Нідерландах, Португалії, Франції, Фінляндії), приватні компанії або муніципальні підприємства (у Австрії та Німеччині), громадські організації (у Бельгії), у Швеції працює система приймальних пунктів.

Тільки у 2017 році від збирання та перероблення тари і упаковки Німеччина отримала дохід у розмірі 10 млрд. євро.

Практично у всіх європейських країнах фінансування збирання, сортування та утилізації використаної упаковки здійснюють уповноважені некомерційні організації, які уклали відповідні угоди з промисловими виробниками і споживачами упаковки, місцевою владою та організаціями, що спеціалізуються на збиранні та утилізації відходів.

3.1 Правове регулювання поводження з пластиковими відходами в Європейському Союзі

Правове регулювання поводження з пластиковими відходами в Європейському Союзі (ЄС) охоплюється положеннями глави 6 «Навколишнє

середовище» Розділу V «Економічне та галузеве співробітництво» та Додатком XXX Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та ЄС, Європейським Співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони (далі – Угода про асоціацію).

Правовідносини, які є предметом правового регулювання, в ЄС регулюються:

- Директивою 94/62/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 20 грудня 1994 р. про упаковку та відходи упаковки (далі – Директива 94/62/ЄС) [11];

- Директивою (ЄС) 2015/720 Європейського Парламенту та Ради від 29 квітня 2015 р., що вносить зміни до Директиви 94/62/ЄС, щодо зменшення споживання легких пластикових пакетів (далі – Директива 2015/720) [12];

- Директивою (ЄС) 2018/852 Європейського Парламенту та Ради від 30 травня 2018 р., що вносить зміни до Директиви 94/62/ЄС про упаковку та відходи упаковки (далі – Директива 2018/852) [13];

- Директивою (ЄС) 2019/904 Європейського Парламенту та Ради від 5 червня 2019 р. про зменшення впливу деяких пластикових виробів на навколишнє середовище (далі – Директива 2019/904) [14];

- Директивою 2008/98/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 19 листопада 2008 р. про відходи та скасування окремих Директив (далі – Директива 2008/98/ЄС) [15].

Статтею 361 Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та ЄС, Європейським Співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони, передбачено, що співробітництво має на меті, зокрема, збереження, захист, поліпшення і відтворення якості навколишнього середовища, захист громадського здоров'я, розсудливе та раціональне використання природних ресурсів та заохочення заходів на міжнародному рівні, спрямованих на вирішення регіональних і глобальних проблем навколишнього середовища, у сфері управління відходами та ресурсами.

Відповідно до статті 1 Директиви 2008/98/ЄС її метою є запровадження заходів із захисту довкілля та здоров'я людини шляхом запобігання або зниження негативних наслідків вироблення та управління відходами, а також зменшення загального впливу використання ресурсів та підвищення ефективності такого використання.

Відповідно до Угоди про асоціацію вдосконалення законодавства у природоохоронній сфері слід здійснювати згідно з підходами, закріпленими у відповідних директивах Європейського Союзу, а саме:

- в основі європейського підходу до управління відходами споживання лежить принцип розширеної відповідальності виробника, визначений Рамковою Директивою 2008/98/ЄС;

- загальні підходи до управління відходами упаковки визначені Директивою 94/62/ЄС;

- конкретні заходи щодо обмеження утворення та зменшення споживання пластикових пакетів врегульовані Директивою 2015/720/ЄС.

Згідно з частиною 1 статті 4 Директиви 2008/98/ЄС у законодавстві та під час реалізації політики у сфері відходів та управління ними слід застосовувати ієрархію відходів, на першочерговому місці в якій знаходиться запобігання утворенню відходів. На основі цієї Директиви в Україні має бути прийнято рамковий закон про управління відходами.

Директива 94/62/ЄС спрямована на гармонізацію національних заходів, що стосуються поводження з упаковкою та відходами упаковки, з одного боку, для запобігання будь-якого її впливу на навколишнє середовище в усіх державах-членах, а також у третіх країнах або зменшення такого впливу, таким чином забезпечуючи високий рівень захисту довкілля, і, з іншого боку, для забезпечення функціонування внутрішнього ринку та запобігання перешкод для торгівлі та спотворення і обмеження конкуренції в межах Співтовариства (стаття 1 Директиви 94/62/ЄС).

Крім того, преамбулою Директиви 94/62/ЄС передбачено, що держави-члени можуть впроваджувати більш або менш суворі заходи у сфері запобігання утворенню відходів упаковки, їх відновлення та повторного використання порівняно з тими, що визначені Директивою, з огляду на забезпечення більш високого рівня захисту довкілля та за умови, що реалізація таких заходів не перешкоджатиме належному функціонуванню внутрішнього ринку.

Положеннями Директиви 94/62/ЄС пропонується поступове впровадження заходів, пов'язаних з обмеженнями щодо розміщення на ринку пластикових пакетів, але водночас передбачається застосування комплексного підходу до вирішення питання посилення охорони навколишнього природного середовища та стану благоустрою територій. Так, відповідно до статей 1 та 7 Директиви 94/62/ЄС з метою захисту довкілля визнається важливість створення системи запобігання створенню відходів упаковки, повторного використання упаковки, повторної переробки та інших форм відновлення відходів упаковки.

Директива 94/62/ЄС передбачає забезпечення збирання та утилізації окремих видів відходів, насамперед, за допомогою економічних механізмів. На сьогодні саме відсутність організаційно-економічних механізмів, характерних для систем розширеної відповідальності виробника, не дає можливості гнучко та ефективно регулювати обмеження виробництва та споживання окремих товарів.

Згідно із пунктом 10 преамбули Директиви 2015/720/ЄС передбачено, що державам-членам з метою сприяння стійкому зниженню споживання легких пластикових пакетів слід вжити заходів щодо значного скорочення споживання легких пластикових пакетів згідно із цілями політики ЄС щодо поводження з відходами та ієрархії відходів, як це передбачено у Директиві 2008/98/ЄС. Такі заходи по скороченню споживання повинні враховувати поточний рівень споживання легких пластикових пакетів в окремих державах - членах, а більш високий рівень потребуватиме більш амбітних зусиль та має враховувати вже

досягнутий прогрес у скороченні такого споживання. Також передбачено, що компетентні національні органи держав-членів здійснюватимуть моніторинг прогресу у зниженні споживання таких пакетів відповідно до положень статті 12 Директиви 94/62/ЄС.

Відповідно до пункту 11 преамбули Директиви 2015/720/ЄС, заходи, які можуть бути застосованими державами-членами, можуть включати використання економічних інструментів, таких як ціноутворення, податки та збори, які виявилися особливо ефективними у скороченні споживання пластикових пакетів, та маркетингові обмеження, за умови, що такі обмеження є пропорційними та недискримінаційними.

Директивою 2015/720 було доповнено статті 3 та 4 Директиви 94/62/ЄС. Так, стаття 3 була доповнена визначеннями «пластик», «пластиковий пакет» (пакети з ручками або без ручок, виготовлені з пластику, які надаються споживачам у пунктах продажу товарів або продуктів), «легкий пластиковий пакет» (пакети товщиною менше 50 мкм), «надлегкий пластиковий пакет» (пакети товщиною менше 15 мкм, які необхідні з міркувань гігієни або як первинна упаковка для нефасованих продуктів, коли це допомагає запобігти втраті харчових продуктів), «оксобіорозкладний пластиковий пакет» (пакет, виготовлений з пластикових матеріалів, що включають домішки, які каталізують розкладання пластикових матеріалів на мікрофрагменти). При цьому, в пункті 18 преамбули Директиви 2015/720/ЄС зазначається, що деякі пластикові пакети виробники маркують як «оксобіорозкладні» або «оксорозкладні». В таких пакетах до складу загальноприйнятих пластиків входять домішки. Через наявність цих домішок пластик розпадається на дрібні частки, які залишаються в навколишньому середовищі. Таким чином, помилково вважати такі пакети біорозкладними, оскільки вони можуть виявитися не вирішенням проблеми забруднення, а навпаки – збільшувати забруднення. Крім того, в підпункті b пункту 1 додатку до Директиви 2018/852

також зазначено, що оксорозкладні пластикові пакети не вважаються біорозкладними пластиковими пакетами.

Згідно з пунктом 3 статті 3 Директиви 2019/904 оксорозкладний пластик означає пластик, який включає добавки, які при окисленні призводять до фрагментації пластику на мікрофрагменти або до хімічного розкладання.

Відповідно до пункт 3 (d) Додатку II Директиви 94/62/ЄС біорозкладані відходи упаковки мають бути здатні до фізичного, хімічного, термічного або біологічного розкладання, таким чином, що більшість готового компосту в кінцевому підсумку розкладається на вуглекислий газ, біомасу та воду. Оксорозкладна (оксобіорозкладна) пластикова упаковка не вважається біорозкладною.

Відповідно до пункту 16 статті 3 Директиви 2019/904 біорозкладний пластик означає пластик, здатний зазнавати фізичного, біологічного розкладання, таким чином, що він в решті-решт розкладається на вуглекислий газ (CO₂), біомасу та воду, і відповідно до Європейських стандартів про упаковку, відновлюється шляхом компостування та анаеробної переробки.

З огляду на вищевикладене, слід зазначити, що в частині визначення термінів законопроект не в повній мірі відповідає праву ЄС. Наприклад, у законопроекті визначення термінів «пластиковий пакет», «надлегкий пластиковий пакет», «біорозкладний пластиковий пакет» відрізняються від визначень цих термінів, передбачених у праві ЄС. В частині визначення термінів «оксорозкладні домішки» та «оксорозкладні (оксобіорозкладні) пластикові пакети» положення законопроекту не суперечать пункту 3 статті 3 Директиви 2019/904 та статті 3 Директиви 94/62/ЄС.

Доповненнями до статті 4 Директиви 94/62/ЄС, внесеними Директивою 2015/720, встановлено мету обмежити щорічне споживання на одну особу: до 31 грудня 2019 року – не більше 90 легких пластикових пакетів та до 31 грудня 2025 року – не більше 40 легких пластикових пакетів. Також встановлено мету забезпечити, щоб до 31 грудня 2018 року легкі пластикові пакети не

розповсюджувалися на безкоштовній основі в місцях продажу (при цьому така заборона не стосується надлегких пластикових пакетів). При цьому, пунктом 13 преамбули Директиви 2015/720 державам-членам дозволяється не застосовувати інструменти Директиви до надлегких пластикових пакетів у випадках застосування таких пакетів для нефасованих харчових продуктів у гігієнічних цілях та для запобігання втрат харчових продуктів.

Також Директива 2015/720/ЄС зобов'язала держави-члени ЄС впровадити на національному рівні, зокрема, такі заходи: облік щорічного споживання пластикових пакетів; затвердження методології щорічного обліку та звітності про споживання пластикових пакетів; забезпечення маркування і специфікацій етикеток для біорозкладних і компостних пластикових пакетів; запровадження державами-членами інформаційних кампаній щодо наслідків надмірного споживання пластикових пакетів та негативного впливу на екологію і довкілля, а також заохочувальних заходів, які сприяють зменшенню споживання пластику.

На відміну від Директиви 2015/720, законопроект не містить положень щодо обліку щорічного споживання пластикових пакетів та затвердження відповідної методології, не передбачає проведення інформаційних кампаній щодо наслідків надмірного споживання пластикових пакетів і негативного впливу на екологію і довкілля, а також заохочувальних заходів, які сприяють зменшенню споживання пластику.

Положення Директиви 2018/852 охоплюють більш амбітні цілі, порівнюючи із попередніми актами права ЄС, та спрямовані на запобігання виробництву пакувальних відходів і, на додаток, на повторне використання упаковки, утилізацію відходів упаковки, а отже, на зменшення подальшого захоронення таких відходів з метою сприяння переходу до економіки замкненого циклу (частина 1 статті 1 Директиви 2018/852).

Згідно із положеннями Директиви 2018/852 держави-члени повинні вжити заходів для стимулювання збільшення частки багаторазової упаковки,

яка розміщується на ринку, та систем для повторного використання упаковки, що відповідає цілям екологічності, не порушуючи норм у галузі гігієни харчових продуктів або безпеки споживачів. Такі заходи, зокрема, можуть включати: а) використання схем повернення відходів упаковки; б) встановлення кількісних та якісних цілей використання відходів упаковки; с) використання економічних стимулів; d) встановлення мінімального процента повторно використаної упаковки, яка розміщується на ринку кожного року для кожного потоку відходів упаковки (частина 4 статті 1 Директиви 2018/852).

3.2 Закон України «Про обмеження обігу пластикових пакетів на території України»

Президент України підписав Закон № 2051-1 «Про обмеження обігу пластикових пакетів на території України» 7 червня 2021 [16].

У цьому Законі наведені нижче терміни вживаються в такому значенні:

1) біорозкладний пластиковий пакет - пластиковий пакет, що розкладається за участю мікроорганізмів на елементи природного походження та відповідає встановленим національними або гармонізованими європейськими стандартами нормам щодо утилізації способом компостування або біорозкладання;

2) маркування - інформація про пластиковий пакет, а також слова, описи, знаки, зображення чи символи, що мають інформаційний зміст та розміщені на такому пакеті;

3) надтонкі пластикові пакети - пластикові пакети із стінками товщиною менше 15 мікрометрів;

4) оксорозкладні домішки - добавки, що додаються до складу матеріалів, з яких виготовляються пластикові матеріали, для прискорення їх розкладання на окремі дрібні фрагменти (мікропластик) під дією кисню та ультрафіолетового випромінювання;

5) оксорозкладні пластикові пакети – пластикові пакети, матеріал для виготовлення яких складається з поліетилену та оксорозкладних домішок;

6) пластик - штучно створений матеріал на основі синтетичних або природних високомолекулярних сполук (полімерів);

7) пластиковий пакет - виготовлена з пластику тара у формі рукава, з дном та відкритою горловиною, з ручками або без ручок, призначена для пакування та/або транспортування товарів і продукції кінцевими споживачами;

8) розповсюдження пластикових пакетів - платне або безоплатне надання пластикових пакетів споживачам в об'єктах роздрібної торгівлі, громадського харчування та надання послуг, в яких може здійснюватися розповсюдження пластикових пакетів;

9) тонкі пластикові пакети - пластикові пакети із стінками товщиною від 15 до 50 мікрометрів.

Стаття 2 цього закону говорить про заборону розповсюдження пластикових пакетів. Забороняється розповсюдження в об'єктах роздрібної торгівлі, громадського харчування та надання послуг:

- 1) надтонких пластикових пакетів;
- 2) тонких пластикових пакетів;
- 3) оксорозкладних пластикових пакетів.

Але ця заборона не поширюється на біорозкладні пластикові пакети.

Встановлена пунктом 1 частини першої цієї статті заборона не поширюється на надтонкі пластикові пакети шириною до 225 міліметрів (без бокових складок), глибиною до 345 міліметрів (з урахуванням бокових складок), довжиною до 450 міліметрів (з урахуванням ручок), що призначені для пакування та/або транспортування свіжої риби, м'яса та продуктів із них, сипучих продуктів, льоду та розповсюджуються в об'єктах роздрібної торгівлі як первинна упаковка.

Пластикові пакети, що не відповідають встановленим цим Законом вимогам, підлягають вилученню з обігу в порядку, встановленому законом

"Про вилучення з обігу, переробку, утилізацію, знищення або подальше використання неякісної та небезпечної продукції".

Стаття 3 говорить про заборону безоплатного розповсюдження пластикових пакетів. Розповсюдження пластикових пакетів здійснюється виключно на платній основі.

Вимоги до біорозкладних пластикових пакетів, їх маркування:

1) Здатність пластикових пакетів до біорозкладання визначається відповідно до гармонізованих європейських стандартів.

2) На пластикові пакети, що відповідають вимогам, встановленим частиною першою цієї статті, наноситься відповідне маркування. Таке маркування має бути нанесене на кожен пластиковий пакет.

Порядок маркування пластикових пакетів затверджується Кабінетом Міністрів України.

3) Забороняється нанесення на пластиковий пакет слів "біо", "біопакет", "біорозкладний", якщо такий пакет не відповідає вимогам частини першої цієї статті.

Стаття 5 говорить про контроль за дотриманням законодавства у сфері розповсюдження пластикових пакетів.

Державний контроль за дотриманням законодавства у сфері розповсюдження пластикових пакетів в об'єктах роздрібної торгівлі, громадського харчування та надання послуг здійснюється центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері державного контролю за додержанням законодавства про захист прав споживачів, у порядку, визначеному Кабінетом Міністрів України.

Відповідальність за порушення вимог законодавства у сфері розповсюдження пластикових пакетів:

- суб'єкти господарювання, винні у порушенні законодавства щодо обмеження обігу пластикових пакетів на території України, несуть відповідальність згідно із законом;

- за порушення норм цього Закону центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері державного контролю за додержанням законодавства про захист прав споживачів, застосовує до суб'єктів господарювання такі адміністративно-господарські штрафи;

- за порушення вимог частини першої статті 2 цього Закону - у розмірі від п'ятисот до однієї тисячі неоподатковуваних мінімумів доходів громадян, а за повторне протягом трьох років вчинення такого самого порушення - у розмірі від однієї тисячі до двох тисяч неоподатковуваних мінімумів доходів громадян;

- за безоплатне розповсюдження пластикових пакетів - у розмірі від ста до двохсот неоподатковуваних мінімумів доходів громадян, а за повторне протягом трьох років вчинення такого самого порушення - у розмірі від двохсот до п'ятисот неоподатковуваних мінімумів доходів громадян.

Штрафи накладаються керівником, заступниками керівника центрального органу виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері державного контролю за додержанням законодавства про захист прав споживачів, а також іншими уповноваженими керівником посадовими особами цього органу після розгляду документів, що підтверджують факт правопорушення.

Підставою для розгляду справи про правопорушення, визначені частиною другою цієї статті, є акт перевірки та інші матеріали, пов'язані з цією перевіркою. Акти перевірки складаються окремо на кожне виявлене правопорушення.

Цей Закон не є комплексним, а має на меті суттєве скорочення використання одного різновиду відходів упаковки, а саме – надлегких, легких та оксорозкладних пластикових пакетів, шляхом введення заборони на їх розповсюдження в об'єктах роздрібної торгівлі та об'єктах ресторанного господарства. Таким чином, ці зміни є фрагментарними, не відповідають принципу системності законодавства, не вирішують комплексно питання поводження з відходами упаковки та не враховують положення

вищезазначених актів права ЄС. Законопроект не забезпечить належного виконання зобов'язань України, передбачених Угодою про асоціацію.

Крім того, врегулювання питання поводження лише з одним видом відходів упаковки – надлегкими, легкими та оксорозкладними пластиковими пакетами шляхом розробки окремого законодавчого акта, без унормування таких питань у базовому законодавстві, є порушенням принципу правової визначеності, згідно з яким для належного функціонування правової системи держави передбачуваність, несуперечливість та узгодженість формулювання норм є однією із обов'язкових умов для створення якісного та дієвого законодавства.

Зазначену проблему необхідно вирішувати не шляхом запровадження вибіркового регулювання обігу окремих видів упаковки, як пропонується у цьому законі, а шляхом створення цілісної системи поводження з пакувальними матеріалами.

3.3 Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року

Розпорядженням Кабінету міністрів України схвалено Національну стратегію управління відходами в Україні до 2030 року [17].

Стратегія визначає головні напрями державного регулювання у сфері поводження з відходами в найближчі десятиліття з урахуванням європейських підходів з питань управління відходами, що базуються на положеннях:

- Рамкової Директиви № 2008/98/ЄС Європейського парламенту та Ради від 19 листопада 2008 р. “Про відходи та скасування деяких директив”;

- Директиви Ради № 1999/31/ЄС від 26 квітня 1999 р. “Про захоронення відходів”;

- Директиви № 2006/21/ЄС Європейського парламенту та Ради від 15 березня 2006 р. “Про управління відходами видобувних підприємств, та якою вносяться зміни до Директиви 2004/35/ЄС”;

- Директиви 94/62/ЄС Європейського парламенту та Ради від 20 грудня 1994 р. “Про упаковку та відходи упаковки”;

Згідно з даними Мінрегіону, у 2016 році перероблено та утилізовано близько 5,76 відсотка побутових відходів, з них - 2,72 відсотка спалено, лише 3 відсотки як вторинну сировину передано на потужності з перероблення, а решта побутових відходів потрапила на звалища.

Відсутність ефективної системи збирання відходів упаковки щороку призводить до втрати вагомого ресурсного потенціалу для переробної промисловості у вигляді відходів паперу і картону від 0,5 до 0,6 млн. тонн, скла - 1 млн. тонн, полімерів - 0,6 млн. тонн. Як наслідок - погіршення екологічної ситуації.

Як свідчить досвід розвинутих країн, введення відходів у господарський обіг забезпечує формування значної частини валового внутрішнього продукту та створення сотні тисяч робочих місць. Системи збирання, перероблення та утилізації стають джерелом постійно відновлюваних матеріально-сировинних ресурсів, яких потребує переробна промисловість.

Облік обсягів утворення, перероблення та утилізації відходів упаковки як вторинної сировини ведеться на державному рівні не в повному обсязі. Не реалізується європейський принцип розширеної відповідальності виробника, суб'єкти господарювання не несуть відповідальності за подальшу утилізацію використаної упаковки.

Відходи упаковки як сировинний потенціал можуть замінювати первинні ресурси і відігравати важливу роль у розвитку національної економіки, сприяючи ресурсозбереженню і забезпеченню сировинної незалежності держави, створюючи додатковий експортний потенціал. Такі відходи можливо використовувати для виробництва промислової продукції, будівельних матеріалів. Доцільним є їх широке та економічно ефективне використання, забезпечення належного збирання та заготівлі використаної упаковки як вторинної сировини.

Перероблені відходи упаковки до загального обсягу розміщення упаковки на ринку в поточному році, зокрема: пластикової упаковки. Стратегія передбачає моніторинг та контроль заходів з реалізації Стратегії щороку за такими показниками: Утилізовані відходи упаковки до загального обсягу розміщення упаковки на ринку в поточному році; кількість випущеної на ринок упаковки, у тому числі:пластикової упаковки; перероблення та утилізація відходів упаковки, частка перероблених відходів упаковки, у тому числі: пластикової упаковки [17].

Європа давно усвідомила шкідливість для довкілля та здоров'я людей відходів полімерів, зокрема пластику.

Директива ЄС 2019/904 Європейського Парламенту та Ради про зменшення впливу окремих пластикових виробів на довкілля від 5 червня 2019 року прийнята для боротьби з пластиковим забрудненням [18]. Завданнями цієї Директиви є запобігання та зменшення негативного впливу окремих пластикових виробів на довкілля, зокрема, водне середовище та здоров'я людини, а також сприяння переходу до циркулярної економіки за допомогою інноваційних та стійких бізнес-моделей, продуктів і матеріалів, що також сприятиме ефективному функціонуванню внутрішнього ринку держав-членів ЄС без шкідливого впливу на довкілля.

Таблиця 3.1 – Заходи, запропоновані ЄС з приводу виробів з пластика та риболовних принадь

Різновид продукції	Скорочення використання	Ринкові обмеження	Вимоги до формату продукту	Вимоги до маркування	Розширена відповідальність виробника	Цілі щодо окремого збору, сортування	Заходи щодо підвищення усвідомленості населення
Контейнери для їжі	v				v		v
Стакани для напоїв	v				v		v
Ватні палички		v					

Продовження таблиці 3.1

Столові прибори, тарілки, палички для розмішування, трубочки		v					
Фіксатори для повітряних кульок		v					
Повітряні кульки				v			v
Пакети та обгортки					v		v
Контейнери для напоїв та кришки до них			v		v		v
Пляшки для напоїв			v		v	v	v
Сигаретні фільтри					v		v
Вологі серветки				v	v		v
Гігієнічні прокладки				v			v
Легкі пластикові пакети					v		v
Рибальські сітки					v		v

Директива містить додаток із переліком пластикових виробів одноразового використання, виготовлених з оксорозкладаного пластику та риболовних знарядь, що містять пластик. У 2021 році європейські громадяни змушені були б розпрощатися із неперероблюваним пластиковим одноразовим посудом. Директива передбачає заборону в ЄС з 2021 року одноразових пластикових виробів, наприклад, трубочок для пиття, пластикового посуду і ватних паличок тощо. Крім заборони на ті одноразові пластикові вироби, які можна замінити альтернативними, ЄС також заохочуватиме країни-члени скоротити використання пластикових пакувальних матеріалів і ввести більш жорсткі правила щодо ярликів. Ініціатори закону пояснюють його необхідність забрудненням морських вод в ЄС. За даними Єврокомісії, заборонені новими правилами одноразові вироби складають 70 % відходів, які потрапляють до океанів світу, складаючи загрозу для дикої природи і рибних ресурсів. Нажаль, пандемія ковіду призупинила виконання цього акту, тому що одноразовий посуд використовувався для годування інфікованих хворих. Але це тимчасова зупинка, робота в цьому напрямку буде продовжена.

4 МЕТОДИ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ ПОЛІМЕРНИХ ВИРОБІВ

Захоронення або вивіз на смітник мало придатні для утилізації відходів полімерних матеріалів. Це обумовлено тим, що їх об'єм не змінюється з часом. Відповідно площі, зайняті під смітники, повинні безперервно збільшуватися, це призводить до виведення з господарського обороту значних територій, довгостроковим забрудненням навколишнього середовища і не раціонально з енергетичної точки зору. Однак цей метод і сьогодні широко застосовується в Україні.

Створення біо-, фото- і водорозкладаваних полімерів спочатку розглядалось як один із оптимальних шляхів вирішення проблеми утилізації відходів.

Фотодеструктуючі полімери одержують введенням в полімер УФ-сенсibilізаторів або синтезом сополімерів, які мають світлочутливі групи, або нанесенням покриттів з фотоактивуючими добавками на поверхню виробів. Сенсibilізаторами частіше всього служать похідні антрахінону, бензофенону інших ароматичних кетонів та альдегідів.

При введенні світлочутливих функціональних груп в основний ланцюг полімеру фізико-механічні характеристики матеріалу не змінюються. Поглинання УФ-променів цими групами обумовлює наступну деструкцію матеріалу.

Швидкість фотодеструкції визначається інтенсивністю опромінення, вмістом "активних" груп, фізичними і хімічними властивостями матеріалу. Можна одержати фотодеструктуючі полістирол (ПС) і полівінілацетат шляхом введення в них макромолекул світлочутливих карбонільних груп і створити фотодеструктуючі композиції на основі ПС і сополімерів стірола з мономерами, що мають кетонні групи. Ця мета досягається сополімеризацією стіролу з акролеїном [19].

4.1 Біополімери, що розкладаються під дією мікроорганізмів

Існують біополімери, здатні розкладатися під дією мікроорганізмів. Основними напрямками роботи на сьогодні є:

- одержання полімерів визначеної структури, що піддаються дії мікроорганізмів;
- розробка композицій на основі звичайних полімерів із специфічними добавками, що є джерелом живлення мікроорганізмів;
- створення полімерів, які починають розкладатися під дією УФ-світла, а закінчують під дією мікроорганізмів.

Біодеградуючі полімери можуть стати вирішенням цієї проблеми. Ці полімери повинні зберігати свої властивості лише під час експлуатації, а після використання повинні розкладатися на такі компоненти як вода, вуглекислий газ та гумус. Це можливо лише при наявності трьох основних факторів: відповідних умов навколишнього середовища, наявності мікроорганізмів, що селективно діють на полімер, та відповідної хімічної структури макромолекули полімеру [20].

Біодеградуючі полімери мають величезний економічний потенціал і в найближчому майбутньому можуть скласти конкуренцію традиційним полімерним матеріалам, але такі властивості як низька температура теплової деструкції, мала газопроникність та невисока в'язкість в розплаві заважають їхньому масовому впровадженні в промисловості. Ефективним вирішенням цієї проблеми може стати модифікування полімерів наночастинками, що дасть змогу позбутися більшості їх негативних властивостей.

Негативний вплив полімерних відходів на екологію цілої планети змушує все частіше задумуватися про вдосконалення структури полімерних виробів з метою надання їм такої властивості як біодеградація та біодеструкція.

Не кожен полімер, що розкладається під впливом природних чинників, може вважатися біодеградуючим. Для того, щоб надати полімерному матеріалу

такий статус, він повинен відповідати вимогам стандарт DIN 54900 та PALGZ–251.

Біодеградуючі полімери можуть бути отримані з природної сировини (деревної целюлози, кукурудзяного крохмалю) або синтезовані біологічним шляхом з низькомолекулярних речовин (масляна та валеріанова кислоти), що дають змогу отримати полігидроксобутират та полігидроксовалеріат [21]. Також біодеградуючі полімери можуть бути отримані з нафтопродуктів або шляхом комбінації нафтопродуктів та біомаси. Найбільш поширеним полімером такого типу на основі нафтопродуктів являються аліфатичні поліефіри та аліфатично-ароматичні кополімери ефірів.

Чи не найважливішим і найперспективнішим напрямом у розвитку біодеградуючих полімерів є їх модифікація наночастинками. Особливий інтерес представляють полімерні композити на основі органічно модифікованих шаруватих пластиків і силікатів через те, що вони демонструють значне збільшення, в порівнянні із звичайними полімерами, широкого спектру фізичних властивостей, таких як стійкість до проникнення рідин, газонепроникність, вогнестійкість, високий ступінь біодеградації. Основною причиною такого покращення властивостей композитів є рівномірне розподілення наповнювача на нанометровому рівні та взаємодія між полімерною матрицею і органічно модифікованим наповнювачем. При цьому важливе значення має співвідношення компонентів, що забезпечує біодеградацію системи. Так, шаруваті силікати мають товщину шару порядку 1 нм і надзвичайно високе співвідношення лінійних розмірів. Таким чином невеликий вміст органічно модифікованого шаруватого силікату, диспергованого в полімерну матрицю, створює набагато більшу площу поверхні для взаємодії полімеру з наповнювачем, ніж традиційні композити.

На основі різних механізмів взаємодії між полімером і органічно модифікованим шаруватим силікатом виділяють два структурно різних типи їх отримання: інтеркаляція нанокомпозитів, в яких введення полімерних ланцюгів

в структуру шаруватого пластику відбувається в регулярному порядку, незалежно від співвідношення полімеру та органічно модифікованого силікату, та розшарування нанокомпозитів, в яких окремі силікатні шари розташовані в полімерній матриці на середній відстані один від одного [21]. Проблема оптимізації виробництва біодеградуючих полімерів та покращення їх деструкційних властивостей може бути вирішена шляхом створення композиційних біодеградуючих матеріалів, що за своїми фізико-хімічними властивостями не поступатимуться вже існуючим полімерам.

Біодеградуючі матеріали можуть бути отримані також модифікацією природних полімерів, які за показниками міцності часто наближаються до пластмас. Так, у Японії практичне застосування знайшли щеплені співполімери крохмалю й метилакрилату, плівки яких використовуються у сільському господарстві для мульчування ґрунту. Плівки зі співполімеру певний час мають високі фізико-механічні показники, однак у природніх умовах швидко зазнають деструкції.

Американська фірма Warner - Lambert розробила новий полімерний матеріал Novolon, що складається тільки із крохмалю й води та є повністю біодеградуючим. Цей полімер може перероблятися традиційними методами й за механічними властивостями займає проміжне положення між полістиролом і поліетиленом.

Фірмою Archer Daniels Midland (США) розроблені концентрати марки Polyclean на основі поліетилену для одержання біорозкладаємих плівок. Концентрат містить 40 % крохмалю та добавку, що окислює (залишкова кількість крохмалю у кінцевому продукті 5-6 %). Компонент, що окислює, діє як каталізатор не тільки при світлі, але й у темряві. Деструкція крохмалю полегшує доступ мікроорганізмів і кисню до поверхні полімеру, тобто спостерігається певний синергичний ефект [22].

Компанія ICI Americas Inc виробляє термопластик, що піддається природньому розкладанню. Він має властивості, подібні з поліпропіленом. Це

лінійний полієфір (гідроксибутирам-3-гідроксивалерат), який виробляється шляхом ферментації цукру за допомогою бактерій *Alcfligenes eutrophys*. Розкладання цього матеріалу відбувається під дією мікроорганізмів, що перебувають у ґрунті, каналізації й на дні водойм.

У Німеччині випускається близько 8 тисяч тон на рік полімеру, здатного до біодеструкції за назвою Ecoflex, призначеного для виробництва харчового упакування й сільськогосподарської плівки. Це композиція полістиролу із крохмалем або целюлозою, яка протягом 50 днів зазнає біодеструкції на 60 %, а через вісімдесят днів розкладається на 90 %.

У зв'язку з високим попитом на цей пластик, компанія BASF планує значно збільшити обсяги виробництва. Фахівці прогнозують збільшення попиту на подібні синтетичні біорозкладаємі матеріали до 100 тис. тон щорічно.

У США виробляється натуральний, здатний до повного розкладання полімер, який можна використовувати для створення різної продукції, у т.ч. упакування хлібобулочних виробів, харчових продуктів, обгортки для цукерок і ін. товарів широкого вжитку.

У Бельгії готуються випустити на ринок біорозкладаєму липку плівку. Передбачається, що вона стане популярною у супермаркетах для загортання фруктів, овочів, м'яса, риби, охолоджених напівфабрикатів та інших продуктів.

Суміші синтетичних полімерів із крохмалем є перспективними біорозкладаємими композиціями, які усе більше знаходять практичне застосування для виробництва екологічно безпечних пакувальних матеріалів.

Останнім часом увагу дослідників привертають полімерні матеріали, які здатні до біорозкладання у природних умовах. До таких матеріалів зокрема відносяться похідні целюлози: метилцелюлоза, натрієва сіль карбоксиметилцелюлози. Вони мають ряд переваг: є прекрасними структуроутворювачами, необхідними для формування виробу з полімерних

матеріалів, крім того, похідні целюлози відносяться до природних полімерів, продукти біологічної деструкції яких не забруднюють навколишнє середовище.

Поліоксіалканоати (ПОА) за рядом фізико-хімічних властивостей подібні до широко застосовуваних, що випускаються у величезних кількостях, синтетичних полієфірів, які не руйнуються у природному середовищі (поліпропілен, поліетилен). Окрім термопластичності поліоксіалканоати мають оптичну активність, біорозкладаємість й біосумісність. Поліоксіалканоати різного складу різняться між собою за структурою й властивостями (гнучкість, кристалічність, температура плавлення й ін.). Нова технологія забезпечує одержання екологічно чистих полімерних матеріалів, що руйнуються у природному середовищі до кінцевих продуктів (води й діоксиду вуглецю) у якості заміни поліолефінів, що не руйнуються та акумулюються у середовищі (поліпропілену, поліетилену), одержуваних в екологічно важких процесах з нафти.

Виходячи із цього, одним із актуальних напрямків стає виробництво екологічно чистого біорозкладаємого упакування.

Полімер може розкладатися двома способами: аеробним або анаеробним. На звалищах відбувається анаеробна біодеструкція, у ґрунті – аеробна. Перетворення довгих полімерних ланцюгів є складним процесом, тому у цьому процесі необхідні різні мікроорганізми [23].

Проведено багато досліджень стійкості поліетилену до мікроорганізмів, які знаходяться у ґрунті. Слід зазначити, що результати вчених відрізняються одні від одних. Причиною може служити використання вченими різних методик, проведення досліджень у різних кліматичних умовах та впливу різних факторів під час експерименту.

Наприклад, результати досліджень кафедри біології у Пунському університеті (University of Pune, Maharashtra, Індія) на біостійкість поліетиле-ну у лабораторних умовах свідчать, що мікроорганізми можуть руйнувати тільки

низькомолекулярний полімер. Але через дев'ятнадцять років дослідження показали, що руйнуванню піддається поліетилен і високої щільності.

Результати досліджень показали, що поліетилен менше піддається руйнуванню мікроорганізмами, ніж інші складові композиту, такі як стабілізатори, пластифікатори, барвники, наповнювачі. Для мікроорганізмів вони служать живильним середовищем тому, що до їх складу входять ефіри жирних кислот, а вони піддаються руйнуванню мікро-організмами. Даний процес може відбуватися при порівняно невисокій відносній вологості повітря (50%) і температурі (20°C). Через біостійкість таких компонентів, внесених у матрицю полімеру, знижується біостійкість матеріалу вцілому.

Найчастіше пошкодження викликають гриби з родів *Penicillium*, *Aspergillus*, *Chaetomium*, *Fusa-gium*, *Alternaria*, *Trichoderma*, *Rhizopus* *Cladosporium* та ін. Більшість з них викликають пігментацію (сірі, зелені, фіолетові, рожеві плями), знебарвлення, потьмяніння. Цвілеві гриби викликають хімічне і механічне (обростання, проростання гіф міцелію в товщу матеріалу) пошкодження полімеру. Основними хімічними продуктами метаболізму грибів, які викликають пошкодження полімерів шляхом хімічної деструкції макромолекул або низькомолекулярних компонентів (наповнювачів, пластифікаторів та ін.), є позаклітинні ферменти й органічні кислоти. Мікроорганізми виділяють органічні кислоти, ферменти, пігменти і деякі інші метаболіти, що викликають суттєві зміни полімеру [24].

Полімери, здатні до біодеструкції відіграють важливу роль у проблемі знищення відходів і необхідно зробити крок у бік "безвідхідної технології" або, якщо можна так назвати, "безвідхідних пластмас". Створюючи нові полімерні матеріали, здатні до біодеструкції, потрібно враховувати усі недоліки вже існуючих біорозкладаємих полімерів, щоб вони не руйнувалися завчасно й ми напевно знали час та умови їх руйнування. Полімери, здатні до біодеструкції, повинні прийти взамін звичайним полімерам, які в природніх умовах

розкладаються надзвичайно повільно й практично не піддаються дії мікроорганізмів повітря й ґрунту.

4.2 Створення нанокомпозитів на основі полімерної матриці та наповнювача природного походження

Найперспективнішим являється створення нанокомпозитів на основі полімерної матриці та наповнювача природного походження. Їхньою перевагою висока температура теплової деструкції, газопроникність та високий коефіцієнт в'язкості. Також вони володіють більшим ступенем біодеградації у порівнянні з полімерами, створеними на основі нафтопродуктів. Це пов'язане з тим, що вихідні компоненти мають більшу спорідненість з оточуючим середовищем, аніж синтетичні полімери [25].

4.3 Створення водорозчинних та фоторозкладувальних полімерних матеріалів

Відомі різні способи одержання водорозчинних полімерних матеріалів. Так, з оксіпропілцелюлози можуть бути виготовлені водорозчинні листові та плівкові матеріали, тара та упаковка. Водорозчинні мішки для сільського господарства і служби побуту одержують, вводячи у полімерні композиції модифікований крохмаль. Однак під час виробництва полімерів, що розкладаються, витрати, як правило, вищі, ніж при виробництві звичайних пластичних мас.

Фотодеструкція призводить до ініціації процесів окислення і, отже, до старіння полімерів. З цієї точки зору цей процес небажаний. Нижче будуть розглянуті шляхи його запобігання. В деяких випадках фотодеструкція полімерів використовується з певною практичною метою. Як приклад можна вказати на розробку рецептур полімерних пакувальних матеріалів, що

саморозкладаються, а також на використання фотохімічних процесів зшивання і деструкції “фоточутливих” полімерів при виготовленні електронних мікросхем методом фотолітографії.

Розроблені в Канаді полімери, що фоторозкладаються, с торговою назвою «Еколіти» передбачають введення світлочутливих кетонних угруповань у полімер у процесі сополімерізації. Це забезпечує абсорбцію полімером ультрафіолетових променів з довжиною хвилі близько 335 нм і наступну деструкцію. Фоторозкладувальні полімери, що застосовуються як пакувальні матеріали, не захищають складові упаковки від дії УФ-світла. Токсичність продуктів розкладання таких матеріалів вивчена недостатньо, оскільки для цього потрібні спеціальні токсикологічні дослідження.

4.4 Термічні методи утилізації відходів

Спалення відходів супроводжується забрудненням атмосфери отруйними газами, характеризується високою температурою, необхідністю відводу великої кількості тепла і сильною корозією технологічного обладнання. За наявності у відходах значної кількості полівінілхлориду (ПВХ) на стінках печей може з’явитися суцільний шар хлоридів заліза, на якому за температури 650-780°C можливе утворення сульфїду заліза. Дослідження показали, що під час спалювання сміття, яке містить до 6% пластичних мас (поліолефінів, ПВХ, ПС), в спеціальних інсеніаторах не спостерігається підвищення димоутворення, посилення запахів і засмічення обладнання.

Для забезпечення спалювання відходів полімерів з мінімальним забрудненням повітря розроблені спеціальні системи газоочищення, методи попередньої обробки відходів (наприклад, лужним розчином), створені установки різних типів — ротаційні та подові печі, печі з гоокнім полум’ям і печі для спалювання в псевдозрідженому шарі. В більшості країн пластичні маси спалюють разом з іншими твердими відходами, на приклад в Японії

функціонують спеціальні інсеніратори матеріалів. Попіл, що утворюється під час спалювання, використовують як добавку при виробництві будівельних матеріалів, дорожнього покриття [25].



Рисунок 4.1- Завод для спалювання відходів полімерів у Бельгії.

Полімерні матеріали характеризуються високою теплотворною здатністю (у два-три рази вищою, ніж у текстилю і паперу). Тому теплову енергію спалювальних відходів можна ефективно використовувати для одержання пару високого тиску, гарячої води як енергоносія для газових турбін, додаткового палива.

Не дивлячись на успішне рішення ряду технічних питань, спалювання, як спосіб утилізації відходів, не економічне і мало ефективне. Навіть при максимально повному використанні всіх його можливостей вдається компенсувати лише частину експлуатаційних витрат.

Таким чином, розглянуті методи не забезпечують ефективного вирішення проблеми використання відходів полімерів. Тому в останні роки намітились тенденції утилізації відходів шляхом регенерації, повторної переробки, одержання композиційних матеріалів, піролізу.

4.5 Піроліз полімерних відходів

До прогресивних способів утилізації відходів полімерів відносяться термічний і каталітичний піроліз за температури 500-1000°C в безкисневому середовищі або в середовищі з нестачею кисню. Він дозволяє одержувати безсіркові види палива та вуглеводи. В результаті піролізу виходять напівфабрикати-мономери, які в подальшому можуть використовуватися при синтезі.

Піроліз – це термічне розкладання органічних продуктів у присутності кисню або без нього. Піроліз полімерних відходів дозволяє отримати висококалорійне паливо, сировину і напівфабрикати, використовувані в різних технологічних процесах, а також мономери. Газоподібні продукти термічного розкладання пластмас можуть використовуватися як паливо для отримання робочої водяної пари. Рідкі продукти використовуються для отримання теплоносіїв. Спектр застосування твердих продуктів піролізу відходів пластмас досить широкий (компоненти різного роду захисних складів, мастил, емульсій, просочувальних матеріалів та ін.) [26].

Щоб отримувати високоякісні піролізні масла постійного складу, необхідно дотримуватись особливих вимоги до початкової сировини. Це переважно мають бути відходи з високим вмістом вуглеводнів. Для перетворення таких термопластів, як низькомолекулярний поліетилен, застосовують низькотемпературний рідкофазний піроліз в безперервно або періодично працюючих реакторах. В деяких випадках в ділянці низьких температур знаходять застосування реактори з псевдозрідженим шаром.

Низькомолекулярний ПЕ піролізується при 400–450 °С, при цьому отримують аліфатичні багаті олефінами масла і аліфатичний віск. Ділянка робочих температур в цьому випадку визначається продуктом, що переробляється. Наприклад, відходи ПВХ і побічні продукти вище 200 °С виділяють хлороводень, а при подальшій термічній обробці (вище 400 °С) розкладаються на технічний вуглець і вуглеводні.

Для отримання низькомолекулярної сировини з таких видів відходів полімерів, як суміші термопластів, кабельна ізоляція, застосовують високотемпературний піроліз, при цьому велика продуктивність досягається тільки у разі безперервних методів.

Низькомолекулярні граничні вуглеводні, що утворюються в процесі піролізу, піддаються наступному крекінгу з метою збільшення виходу неграничних сполук, використовуваних при синтезі поліолефінів. Штучне рідке паливо є дуже перспективним напрямом утилізації полімерних відходів. Розроблені останнім часом технології дозволяють отримувати високоякісні марки бензину, гасу, дизельного і котельного палива. Проте основним недоліком вказаних технологій є висока вартість використовуваного устаткування і, відповідно, висока вартість отримуваного палива.

Багато полімерів в результаті зворотності реакції можуть знову розкладатися до початкових речовин – мономерів. ПЕТ може бути деполімеризована до початкових компонентів - етилгліколя і терефталевої кислоти по реакції гідролізу з використанням "надкритичної" води, діючої як кислотний каталізатор. Терефталева кислота відділяється при 350 - 400 °С на 100%, етилгліколь – дещо менше. Аналогічній переробці можуть бути піддані відходи поліуретанів і поліамідів. Цей спосіб використання відходів енергетично вигідніший, ніж піроліз, оскільки в оборот повертаються високоякісні хімічні продукти.

В порівнянні з гідролізом для розщеплення відходів ПЕТ економічніший інший спосіб – гліколіз. Деструкція відбувається при високих температурах і

тиску у присутності етилгліколя і за участю каталізаторів до отримання чистого диглікольтерефталата. Все ж найпоширенішим термічним методом переробки відходів ПЕТ є їх розщеплення за допомогою метанолу – метаноліз. Процес протікає при температурі вище 150 °С і тиску 1,5 МПа. Цей метод дуже економічний. На практиці застосовують і комбінацію методів гліколізу і метанолізу. Отримані продукти вторинної переробки можуть бути використані для виготовлення ливарних пластмас і легкорозчинних клеїв. Витрати на переробку скупляються за рахунок реалізації продуктів, що утворюються. В результаті термічної дії молекули полімерів розпадаються з утворенням низькомолекулярних продуктів, вихід і характеристики яких залежать від умов проведення процесу, природи і хімічного складу вихідних компонентів [27].

4.6 Механічний рециклінг

В даний час в Україні найбільшого поширення набув третій метод вторинної переробки полімерних матеріалів, який називається механічним рециклінгом, в результаті якого може бути отриманий гранулянт, придатний для вторинного виробництва пластмас [28].

При дії великої механічної напруги як в твердому полімері, так і в розчині може відбуватися розрив макромолекул. Механодеструкція є специфічною реакцією для полімерів; вона пов'язана з ланцюговою будовою і відносно малою рухливістю їх макромолекул і за своїм механізмом дуже близька до термодеструкції. У обох випадках хімічні процеси мають ланцюгову природу, вони ініціюються радикалами, що утворюються при розриві хімічного зв'язку основного ланцюга. Доведено, що процеси механодеструкції і механічного руйнування полімерних тіл тісно пов'язані. Відносно невеликі деформації призводять лише до зміни конформацій макромолекул, значні деформації викликають напругу в хімічних зв'язках і деформацію валентних кутів.



Рисунок 4.2 – Установа для переробки відходів пластику.

Оскільки напружені хімічні зв'язки ослаблені, вони легко розриваються. Макрорадикали, що утворилися, ініціюють реакції, у тому числі утворення серединних радикалів в результаті реакції передачі ланцюга. Серединні радикали також є механічно напруженими, тому вони легко розпадаються з генеруванням кінцевих радикалів. Таким чином, в результаті ланцюгового розпаду за ланцюговим механізмом хімічних зв'язків в напружених областях полімеру виникають мікротріщини, які, з'єднуючись, утворюють макротріщину. Уявлення про провідну роль механодеструкції при механічному руйнуванні полімерів дає сучасна теорія механічної міцності полімерних матеріалів.

У більшості європейських країн, а також в США і Японії механічному рециклінгу піддаються 90% пластикових відходів, а отримані інгредієнти йдуть на вторинне виготовлення виробів із пластику [29]. Технологічний процес переробки ділиться на наступні етапи: сортування (грубе) і ідентифікація (для змішаних відходів); подрібнення і дроблення; відмивання і сушка; агломерація або грануляція.



Рисунок 4.3 – Установка для сортування пластикових відходів.

Першим етапом переробки є поділ змішаних (побутових) відходів термопластів за видами, яке проводять наступними основними способами: флотажним, поділом у важких середовищах, аеросепарацією, електросепарацією, хімічними методами і методами глибокого охолодження. Найбільшого поширення набув метод флотації, який дозволяє розділяти суміші таких промислових термопластів, як ПЕ, ПП, ПС і ПВХ. Поділ пластмас проводиться при додаванні в воду поверхнево-активних речовин, які вибірково змінюють їх гідрофільні властивості.

Другий етап полягає в подрібненні полімерної сировини в крихту, розміри якої повинні складати 10-30 міліметрів в залежності від матеріалу. Потім йде відмивання і сушіння полімерної сировини з будь-якими типами забруднень. Цей етап найважливіший, так як від якості відмивання безпосередньо залежить якість готової продукції і конкурентоспроможність підприємства

Наступний етап - агломерація або грануляція. Агломерація представляє собою спікання відмитої крихти невеликі грудочки. Агломерат вже можна реалізовувати як вторинну сировину або гранулювати. При грануляції полімерна сировина стає більш однорідною, якісною і має велику насипну густину. Гранульовану сировину в порівнянні з агломератом можна реалізувати за вищою вартістю, збільшуючи прибуток. У теперішній час перспективним напрямком переробки полімерів вважається створення проміжних матеріалів для заміни традиційних матеріалів з дерева. Основна перевага вторинної полімерної сировини над деревом – біологічна стійкість: полімери не піддаються руйнування мікроорганізмами і можуть тривалий час перебувати у воді без загрози для структури. Для поліпшення механічних властивостей до складу полімерів вводяться різні інертні добавки, наприклад, пилоподібна дерев'яна стружка або волокна.. Полімерні матеріали все більше і більше використовуються при виготовленні різних виробів, які широко застосовуються в промисловості та побуті. Разом з тим, все більше постає проблема переробки відходів полімерів. Найефективніший шлях її вирішення – це розробка технологій переробки полімерів з метою отримання матеріалів з поліпшеними показниками. Однією з таких перспективних технологій є механічний рециклінг, в результаті якого може бути отриманий гранулянт, придатний для вторинного виготовлення виробів із пластику.

Промислові і побутові полімерні відходи піддаються багатоетапній переробці. Залежно від стану полімерних відходів (їх складу, забрудненості, рівня деструкції) вони або переробляються як суміш полімерів, або розділяються на індивідуальні компоненти.

Полімерні відходи, промислові або виділені з побутових, піддаються подрібненню для уніфікації властивостей цих різноманітних за формою, розмірами і специфічними характеристиками матеріалів. Цю стадію можна визначити як формування часток певного розміру і форми для зменшення

об'єму і гомогенізації потоку сировини. Одночасно – це крок переробки для наступного використання матеріалу.



Рисунок 4.4 – Методи утилізації і вторинної переробки полімерних відходів.

Подрібнення дуже важлива стадія підготовки відходів до переробки. Регулювання міри подрібнення полімерних відходів дозволяє механізувати процес переробки, підвищити якість матеріалу за рахунок усереднення його технологічних характеристик, скоротити тривалість інших технологічних операцій. Промивання очищає сировину і видаляє бруд. Ця технологія може бути схематично розділена на три кроки: вимочування, зачистка (сильно забруднені матеріали очищаються в турбінних або фрикційних миючих машинах), видалення бруду. Просушування зменшує вміст вологи в матеріалі після процедур промивання до прийняттого рівня. Зміст залишкової вологи для складає не більше 1%. Метою грануляції є отримання однакових за формою і розміром гранул, що необхідно для спрощення поводження з матеріалом. Кінцевий вторинний полімерний матеріал, придатний для переробки у виробі на стандартному устаткуванні переробки пластмас, отримують шляхом грануляції. Пластмасу розплавляють в екструдері і надають матеріалу форми гранул за допомогою гранулюючого диска [30]..

ВИСНОВКИ

Полімери, в число яких входять пластмаси, або пластики - синтетичні матеріали, що набули широкого застосування в сучасності. Основна проблема їх полягає в тривалому розкладанні, синтетичному походженні і відсутності речовин, за допомогою яких вони виробляються, в природі, що виключає їх входження в природний цикл розкладання. Велика шкода докільню при утилізації пластикових відходів пов'язана з їх токсичністю і тривалим терміном розкладання.

Пластикове забруднення здатне отруїти тварин, що, в свою чергу, може негативно вплинути на поставку продуктів харчування людині. Пластикове забруднення було описано як має вельми згубні наслідки для великих морських ссавців. Деякі морські види, такі як морські черепахи, були виявлені зі значною часткою пластмас в шлунку. Коли таке відбувається, тварина зазвичай голодує, бо пластмаси блокують шлунково-кишковий тракт тварини. Морські ссавці можуть іноді заплутатися в пластмасових виробах, таких як сітки, які можуть завдати шкоди або вбити їх.

Друга проблема відходів полімерів - тривалий цикл утилізації природним шляхом при похованні і складуванні виробів з пластмас на звалищах твердих побутових відходів. Полімери практично не переробляються існуючими в природі мікроорганізмами, а при попаданні їх в природу є високий ризик поглинання пластикових виробів тваринами. Крихітні частинки мікропластика зберігають свою мікроструктуру століттями в міру його розкладання.

Області застосування і види виробів з пластику:

- машинобудування – деталі машин, захисні корпуси і кожухи;
- хімічна промисловість – ємності та труби для агресивних рідин;
- будівництво – безнапірні труби і фасонні частини, профільні вироби, вібро- та шумоізоляції міжповерхових перекриттів;

- електропромисловість – електроізоляційні матеріали;
- сільське господарство – плівка для теплиць;
- торгівля – плівка пакувальна, плівка, тара, теплоізоляція для холодильників, контейнери, предмети побутового призначення, волокна.

У побуті найчастіше використовують вироби з поліетилену- у бутилки та банки з нього упаковані вода, лимонад, соки, молоко, кефір, йогурт та інші кисломолочні напої, рослинна олія, кетчуп та інші готові соуси, спеції та інші сипучі продукти, косметика, порошки. З полівінілхлориду роблять контейнери для їжі і харчову плівку, пластикові вікна, натяжні стелі, деталі для меблів, труби, скатертини та занавіски для ванної, підлогові покриття, лінолеум і штучну шкіру, тару для технічних рідин. На переробку полівінілхлорид не приймають, тому необхідно уникати його використання. Протипоказаний для харчових продуктів, але іноді використовується. В інших цілях ПВХ можна використовувати багаторазово. Він містить бісфенол А (БФА), вінілхлорид, фталати, і, можливо, кадмій. При спалюванні виділяє діоксин.

У загальній частці світових відходів зростає маса полімерних матеріалів, частка яких становить близько 12% від обсягу твердих відходів. Найбільша кількість сміття з пластику поставляється країнами, що розвиваються.

Крім того, з метою надання пластику споживчих властивостей в продукт додаються важкі метали, барвники, пестициди, які вивільняються при розпаді виробу і абсорбуються в навколишньому середовищі.

Президент України підписав Закон № 2051-1 «Про обмеження обігу пластикових пакетів на території України» 7 червня 2021. Закон вступає в силу з початку 2021 року. Розпорядженням Кабінету міністрів України схвалено Національну стратегію управління відходами в Україні до 2030 року.

Стратегія визначає головні напрями державного регулювання у сфері поводження з відходами в найближчі десятиліття з урахуванням європейських підходів з питань управління відходами, що базуються на положеннях європейських директив.

Виділяють два основні шляхи поводження з полімерними відходами виробництва та споживання: утилізація та видалення. Методи утилізації поділяються на такі основні групи:

- фізичні методи, такі, під час яких відбуваються зміна форми, розмірів, агрегатного стану та деяких інших властивостей матеріалу відходів за умови збереження їхнього якісного хімічного складу; ці методи притаманні методам, застосованим для переробки первинної сировини;

- хімічні методи, під час реалізації яких змінюються фізичні властивості та якісний хімічний склад; причому взаємодія речовин здійснюється в стехіометричних співвідношеннях, які визначаються рівняннями хімічних реакціями;

- фізико-хімічні методи, під час реалізації яких відбуваються взаємозв'язані фізичні й хімічні перетворення, причому хімічна взаємодія речовин здійснюється в не стехіометричних співвідношеннях;

- біохімічні методи, під час реалізації яких мають місце хімічні перетворення за участі мікроорганізмів;

- комбіновані методи, які є сполученням методів різних груп, один з яких може бути домінуючим.

Для ефективного управління відходами полімерних матеріалів необхідно: знати фізичні та хімічні властивості полімерів, особливості їх життєвого циклу, аби правильно їх збирати, перероблювати, спалювати або піддати іншим методам утилізації або біодеструкції. Найбільш раціональний спосіб утилізації відходів пластмас – їх повторне використання за прямим призначенням. Необхідно знати шкідливий вплив пластикових виробів на організм людини та довкілля, аби не припустити непоправних наслідків для здоров'я майбутніх поколінь.

Проблема відходів полімерів є актуальною і вимагає уважного розгляду та найшвидшого вирішення.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Шидловський М. С. Нові матеріали: частина 1 - Структура і механічні властивості конс-трукційних полімерів та пластмас. К. : КПІ ім. Ігоря Сік., 2017. 192 с.
2. Основні види пластмас, маркування, застосування і властивості. *Replast*. URL: <https://www.replast-ltd.com/osnovnye-vydy-plastmass-markyroverka-pryumenenye-y-svojstva/>.
3. Ситар В. І., Бурмістр М. В., Кабат О. С. Промислова екологія при виробництві та переробці полімерних матеріалів. Дніпропетровськ : ДВНЗ УДХТУ, 2012. 117 с.
4. Ящук Л. Б. Екологічні аспекти поводження з твердими полімерними відходами в Черкаській області. *Екологічна безпека*. 2011. Т. 11, № 1.
5. Bisphenol A and bisphenol S disruptions of the mouse placenta and potential effects on the placenta–brain axis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2020. Vol. 117, no. 9. P. 4642–4652. URL: <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1919563117>.
6. Ronald E., Harrison R., Hester M. Marine Pollution and Human Health. *World Economic Forum*. 2016. P. 84–85. URL: http://www3.weforum.org/docs/WEF_The_New_Plastics_Economy.pdf.
7. Гарабажій Т. А., Дяченко Т. Е. Пластикове забруднення як глобальна проблема людства. *Тези XVII Всеукраїнської наукової on-line конференція здобувачів вищої освіти і молодих учених з міжнародною участю «Сучасні проблеми екології»*, м. on-line, 15 квіт. 2021 р. Житомир, 2021. С. 149.
8. Про відходи : Закон України від 05.03.1998 р. № 36-37. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187/98-вр#Text>.
9. Директива Європейського парламенту та Ради ЄС про відходи 2006/12/ЕС від 5 квітня 2006 р. (Council Directive 2006/12/EC of the European Parliament and of

the Council of 5 April 2006 on waste). *Official Journal of the European Union*. С. 9–21.

10. Директива Ради N 1999/31/ЄС щодо полігонів захоронення відходів : Директива від 26.04.1999 р. № 1999/31/ЄС. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_925#Text.

11. Директива № № 94/62/ЄС : станом на 20 лют. 1994 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_b05#Text.

12. Внесення змін до Директиви 94/62/ЄС, щодо зменшення споживання легких пластикових пакетів : Директива від 01.04.2015 р. № 2015/720. URL: <http://ecorportus.ru/node/753>.

13. Внесення зміни до Директиви 94/62/ЄС про упаковку та відходи упаковки : Директива від 30.05.2018 р. № 2018/852. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2018.150.01.0141.01.ENG&toc=OJ:L:2018:150:TOC.

14. Про зменшення впливу деяких пластикових виробів на навколишнє середовище : Директива від 05.06.2019 р. № 2019/904. URL: <http://ecorportus.ru/node/968>.

15. Про відходи та скасування окремих Директив : Директива від 19.09.2008 р. № 2008/98. URL: <https://menr.gov.ua/files/docs/2008%2098%20ЄС.pdf>.

16. Про обмеження обігу пластикових пакетів на території України : Закон України від 01.06.2021 р. № 1489-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1489-20#Text>.

17. Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року : Розпорядж. від 08.11.2017 р. № № 820. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-p#Text>.

18. Зменшення впливу окремих пластикових виробів на довкілля : Директива від 05.06.2019 р. № 2019/904. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2019.155.01.0001.01.ENG.

19. Мікульонок І. О. Обладнання і процеси переробки термопластичних матеріалів з використанням вторинної сировини: монографія. К. : ІВЦ „Вид-во «Політехніка»”, 2009. 265 с.
20. Ермилова И. А. Биоповреждения промышленного сырья и материалов и их защита. Л. : ЛИСТ им. Ф. Энгельса, 1984. 28 с.
21. Микроорганизмы и низшие растения - разрушители материалов и изделий. / ред. М. Горленко. М. : Наука, 1979. 225 с.
22. Emily J., Rolf U. Plastics and Environmental Health: The Road Ahead // Reviews on environmental health. 2013. Vol. 28, no. 1. P. 1–8. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3791860>.
23. Азизов А. Г., Ибрагимов М. Д., Алиев Л. И. Биоразлагаемые синтетические полимеры (обзор). *Химия в интересах устойчивого развития*. 2012. Т. 20. С. 385–393.
24. Yiu-Wing Mai. Polymer nanocomposites / Yiu-Wing Mai, Zhong-Zhen Yu // Woodhead Publishing Limited All Rights Reserved. – 2006.c –688.
25. Андрейцев Д. Ф., Артем’єва Т. Є., Вільніц С. А. Технічні та економічні проблеми вторинної переробки та використання полімерних матеріалів. М., 2002. 74 с.
26. Pyrolysis of plastic waste for liquid fuel production as prospective energy resource. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018. Vol. 334. URL: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/334/1/012001>.
27. Adrados A. Pyrolysis of plastic packaging waste: A comparison of plastic residuals from material recovery facilities with simulated plastic waste. *Waste Management*. 2012. Vol. 32, no. 5. P. 826–832. URL: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.06.016>.
28. Грасси Н. Химия процессов деструкции полимеров. М.: Химия, 1989. 252 с.

29. Борщишин І. Д., Хром'як У. В. Вторинне використання відходів полістирольних матеріалів. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2012. Львів. ДУ БЖД, № 6. С. 208–213.
30. Вторичная переработка пластмасс / ред. Ф. Л. Мантия; пер. з англ. Г.Заикова. Профессия, 2006. 400 с.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ