

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет природоохоронний
Кафедра екології та охорони довкілля

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТЕРА

на тему: Особливості забруднення відходами пластикових матеріалів
прибережної зони Північно-Західного Причорномор'я

Виконала студентка 2 курсу групи МЕТ-20
спеціальності 101- Екологія
Змієнко Дар'я Михайлівна

Керівник д.г.-м.н., проф.
Сафранов Тамерлан Абісалович

Рецензент д.геогр.н., проф.
Берлінський Микола Анатолійович

Одеса 2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
 ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
 Факультет природоохоронний
 кафедра екології та охорони довкілля
 рівень вищої освіти магістр
 Спеціальність 101- Екологія
 Освітньо-наукова програма «Екологічна безпека»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри екології та охорони довкілля

Сафранов Т.А.

14 березня 2022 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Змієнко Дарії Михайлівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Особливості забруднення відходами пластикових матеріалів прибережної зони Північно-Західного Причорномор'я

Керівник роботи Сафранов Тамерлан Абісалович, д.г.-м.н., професор

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від 02 березня 2022 р. №7 «С»

2. Строк подання студенткою роботи в 10 травня 2022 року

3. Вихідні дані до роботи: джерела інформації щодо складу та властивостей відходів пластикових матеріалів (ВПМ), джерел їх утворення, принципів поводження з ними, а також особливості забруднення ВПМ прибережної зони Північно-Західного Причорномор'я

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): властивості ВПМ та основні джерела їх утворення; аналіз сучасного стану системи поводження з відходами пластикових матеріалів в регіонах Північно-Західного Причорномор'я; відходи пластикових матеріалів у прибережній зоні Північно-Західного Причорномор'я, як джерело формування морського сміття; оцінка економічної ефективності способів поводження з відходами пластикових матеріалів

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): підтографи основних типів пластику; утворення полімерних відходів в джерелах першого типу виробництва тари та упаковки; утворення ВПМ в джерелі другого типу зберігання і розподілу готової продукції; схема розташування звалищ і полігонів ТПВ на території Одеської області; схема генеральної циркуляції Чорного моря у поверхневому шарі (0-500 м) тощо.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання	завдання прийняв
	немає		

Дата видачі завдання 14 березня 2022 року**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Термін виконання етапів кваліфікаційної роботи магістра	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Огляд літературних даних щодо складу та властивостей ВПМ	14.03.22-18.03.22	90	5(відмінно)
2	Визначення основних джерел генерації ВПМ у прибережній зоні Північно-Західного Причорномор'я	19.03.22-26.03.22	90	5(відмінно)
3	Аналіз системи поводження з ВПМ у прибережній зоні Північно-Західного Причорномор'я	27.03.22-03.04.22	90	5(відмінно)
4	Відходи пластикових матеріалів у прибережній зоні Північно-Західного Причорномор'я, як джерело формування морського сміття	04.04.22-10.04.22		
	Рубіжна атестація	11.04.22-16.04.22	90	5(відмінно)
5	Оцінка економічної ефективності способів поводження з відходами пластикових матеріалів	17.04.22-28.04.22	90	5(відмінно)
6	Узагальнення отриманих результатів. Складення висновків, переліку посилань та списку публікацій за темою кваліфікаційної роботи магістра.	29.04.22-09.05.22	90	5(відмінно)
7	Подання роботи керівникові на перевірку. Внесення коректив. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності і відсутності ознак плагіату. Оформлення керівником протоколу та висновку. Підготовка презентаційного матеріалу і доповіді до захисту. Укладення авторського договору.	10.05.22-17.05.22	90	5(відмінно)
8	Подання КРМ на перевірку завідувачу кафедри, в деканат природоохоронного факультету для отримання допуску до захисту. Рецензування роботи.	18.05.22-22.05.22		
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		90,0	

(до десятих)

Студент

Змієнко Д.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

Сафранов Т.А.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Особливості забруднення відходами пластикових матеріалів прибережної зони Північно-Західного Причорномор'я. Д.М. Змієнко

Актуальність роботи. Проблема виокремлення відходів пластикових матеріалів (ВПМ) із загального потоку твердих побутових відходів (ТПВ) та їх переробки і утилізації є актуальною екологічною і соціально-економічною проблемою.

Метою роботи є обґрунтування можливостей вилучення і утилізації ВПМ з потоку твердих побутових відходів в регіонах Північно-Західного Причорномор'я (ПЗП).

Задачі дослідження: охарактеризувати властивості ВПМ та основні джерела їх утворення; проаналізувати сучасний стан системи поводження з ВПМ в регіонах ПЗП; надати дані щодо ВПМ у прибережній зоні ПЗП, як джерела формування морського сміття; дати оцінку економічної ефективності способів поводження з ВПМ.

Об'єктом дослідження є пластикова складова ТПВ, а *предметом дослідження –* ВПМ у потоці ТПВ прибережної зони Північно-Західного Причорномор'я.

Методи дослідження. Методологічною основою роботи є критичний аналіз існуючої інформації щодо масштабів генерації ВПМ в регіонах ПЗП. Результати досліджень узагальнені у вигляді таблиць які побудовані з використанням програми Excel. Крім того, використовувалися методи статистичного та порівняльно-географічного аналізу інформації.

Результати дослідження. На території прибережної зони ПЗП щорічні обсяги утворення ВПМ можуть досягати приблизно 200 тис. т, що можна порівняти з виробничою потужністю діючих підприємств по переробці ВПМ в Україні. До 80% ВПМ із неорганізованих звалищ ТПВ та інших берегових джерел забруднення виноситься повітряними і водними потоками в акваторію північно-західної частини Чорного моря. ВПМ прибережної зони ПЗП є основною складовою морського сміття. Процес біодеградації ВПМ (макропластика) утруднений в умовах морського середовища, а тому їх трансформація обмежується процесами деструкції і диспергуванням до мікро- і наночастинок. Розміщення на звалищах та спалювання ВПМ є неефективними методами поводження з відходами в Україні. Доцільним є розглядання ВПМ, як матеріалу для одержання вторинної сировини.

Рекомендації щодо використання отриманих результатів роботи з зазначенням галузі застосування. Для поліпшення екологічної ситуації в прибережній зоні ПЗП необхідно істотно збільшити обсяги ВПМ, що утилізуються, а також ліквідувати чисельні звалища ТПВ.

Структура та обсяг роботи. Робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку посилань (41 найменування). Робота містить 6 таблиць, 6 рисунків. Загальний обсяг роботи – 70 сторінок.

Ключові слова: відходи пластикових матеріалів, тверді побутові відходи, поводження з відходами, морське сміття.

SUMMARY

Peculiarities of Plastic Waste Pollution of the Coastal Zone of the North-Western Black Sea Region. D.M. Zmiienko

Relevance of work. The problem of separation of Plastic Waste Pollution (PWP) from the total flow of Solid Waste (SW) and their processing and disposal is an urgent environmental and socio-economic problem.

The aim of the work is to substantiate the possibility of extraction and utilization of PWP from the Solid Waste stream in the North-Western Black Sea Region (NWBSR).

Research objectives: to characterize the properties of PWP and the main sources of their formation; to analyze the current state of the PWP management system in the NWBSR; provide data on PWP in the Coastal Zone of the NWBSR as a source of marine litter; to evaluate the economic efficiency of the methods of handling PWP.

The object of study is the plastic component of Solid Waste, and the *subject of the study* - PWP in the flow of Solid Waste of the Coastal Zone of the North-Western Black Sea Region.

Research methods. The methodological basis of the work is a critical analysis of existing information on the scale of PWP generation in the regions of NWBSR. The research results are summarized in the form of tables that are built using Excel. In addition, methods of statistical and comparative geographical analysis of information were used.

Results of the research. On the territory of the Coastal Zone of NWBSR, the annual volumes of PWP formation can reach approximately 200 thousand tons, which can be compared with the production capacity of existing enterprises for processing PWP in Ukraine. Up to 80% of PWP from unorganized landfills and other coastal sources of pollution are carried by air and water flows into the waters of the Northwestern Black Sea. The Coastal Zone of NWBSR is the main component of Marine Litter. The process of biodegradation of PWP (macroplastics) is difficult in the marine environment, and therefore their transformation is limited to the processes of destruction and dispersion to micro- and nanoparticles. Landfilling and incineration are inefficient methods of waste management in Ukraine. It is advisable to consider PWP as a secondary material for the production of secondary raw materials.

Recommendations. To improve the environmental situation in the Coastal Zone of in the NWBSR it is necessary to significantly increase the amount of PWP that is disposed of, as well as to eliminate numerous landfills.

Structure and scope of work. The work consists of an introduction, four chapters, conclusions, a list of references (41 titles). The work contains 6 tables, 6 figures. The total volume of work is 70 pages.

Keywords: Plastic Waste Pollution, Solid Waste, Waste Management, Coastal Zone, Marine Litter.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	7
ВСТУП.....	8
1 ВЛАСТИВОСТІ ВІДХОДІВ ПЛАСТИКОВИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ОСНОВНІ ДЖЕРЕЛА ЇХ УТВОРЕННЯ.....	18
2 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ СИСТЕМИ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ ПЛАСТИКОВИХ МАТЕРІАЛІВ В РЕГІОНАХ ПІВНІЧНО- ЗАХІДНОГО ПРИЧОРНОМОР'Я.....	28
3 ВІДХОДИ ПЛАСТИКОВИХ МАТЕРІАЛІВ У ПРИБЕРЕЖНІЙ ЗОНІ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ПРИЧОРНОМОР'Я, ЯК ДЖЕРЕЛО ФОРМУВАННЯ МОРСЬКОГО СМІТТЯ.....	42
4 ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СПОСОБІВ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ ПЛАСТИКОВИХ МАТЕРІАЛІВ.....	58
ВИСНОВКИ.....	61
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	63

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ВМР – вторинні матеріальні ресурси

ВПМ – відходи пластикових матеріалів

КРМ – кваліфікаційна робота магістра

МВВ – місця видалення відходів

МВ – медичними відходами

ПЗП – Північно-Західне Причорномор'я

ПМ – пластиковий матеріал

ПХБ – поліхлорбіфеніли

РТД – рекреаційно-туристична діяльність

ТПВ – тверді побутові відходи

РЕТЕ – поліетилентерефталат

HDPE – поліетилен низького тиску або високої щільності

PVC – полівінілхлорид

LDPE – поліетилен високого тиску або низької щільності

PP – поліпропілен

PS – полістирол

OTHER – інші види пластику

ВСТУП

Однією з передумов забезпечення екологічної безпеки і реалізації концепції сталого розвитку є створення ефективної системи управління і поводження з відходами виробництва та споживання.

В Україні, що займає лідируючі позиції в світі за рівнем техногенного навантаження на одиницю території, рішення проблеми ефективного управління та поводження з твердими побутовими відходами (ТПВ) відносять до пріоритетів національної безпеки. Однак, внаслідок недосконалості нормативно-правової бази та неефективного державного управління, ситуація в сфері управління та поводження з ТПВ та їх складовими, як і раніше, залишається незадовільною.

Серед ресурсоцінних компонентів ТПВ особливе місце займають відходи пластикових матеріалів (ВПМ), джерелом яких є виробнича сфера та сфера обслуговування населення. Виробничі підприємства та підприємства сфери обслуговування є компактними, а населення – розподіленим джерелом ВПМ.

Для ВПМ в регіонах України не існує чітко визначеної системи поводження. Можливі способи поводження з ВПМ: депонування на звалищах/полігонах ТПВ; спалювання (з/без одержання енергії); переробка і використання у якості вторинної сировини. Найбільша перевага віддається запобіганню утворенню ВПМ, а серед способів переробки найвищий пріоритет має їх повторне використання відходів, оскільки його негативний вплив на довкілля є мінімальним, а найменший – захоронення на звалищах і полігонах ТПВ. Спалювання ВПМ та їх переробка на вторинні матеріальні ресурси (ВМР) й енергію посідають проміжне положення в ієрархії поводження з ними.

Недосконалістю системи поводження з ТПВ, зокрема, з їх пластикової складової в прибережній зоні Північно-Західного Причорномор'я є важливим фактором формування морського сміття в Чорному морі, морфологічний склад якого на 83% представлений пластиком.

Отже, проблема виокремлення ВПМ із загального потоку ТПВ та їх переробки і утилізації є *актуальною* екологічною і соціально-економічною проблемою.

Кваліфікаційна робота магістра (КРМ) є логічним поведженням досліджень автора, відображених в бакалаврській роботі (Змієнко Д.М. Мікропластик – ще одна проблема сучасності, Одеса: ОДЕКУ, 2020. 67 с. [http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/7133/1/Zmienko%20D.M._В_2020_.pdf], але на іншому науково-методологічному рівні.

Метою роботи є обґрунтування можливостей вилучення і утилізації пластмаси з потоку твердих побутових відходів в регіонах Північно-Західного Причорномор'я.

Для досягнення поставленої мети сформульовані та вирішені наступні *задачі*:

- 1) охарактеризувати властивості відходів пластикових матеріалів та основні джерела їх утворення;
- 2) проаналізувати сучасний стан системи поводження з відходами пластикових матеріалів в регіонах північно-західного Причорномор'я;
- 3) надати дані щодо відходів пластикових матеріалів у прибережній зоні Північно-Західного Причорномор'я як джерела формування морського сміття;
- 4) дати оцінку економічної ефективності способів поводження з відходами пластикових матеріалів.

Об'єктом дослідження є пластикова складова твердих побутових відходів країни, а *предметом* дослідження – відходи пластикових матеріалів у потоці твердих побутових відходів Північно-Західного Причорномор'я.

Матеріали і методи дослідження. Методологічною основою роботи є критичний аналіз існуючої інформації щодо масштабів генерації ВПМ в регіонах Північно-Західного Причорномор'я. При виконанні роботи були використані опубліковані дані вітчизняних і зарубіжних авторів, а також матеріали власних доробок. Результати досліджень узагальнені у вигляді таблиць які побудовані з використанням програми Excel. Крім того,

використовувалися методи статистичного та порівняльно-географічного аналізу інформації.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у виявленні масштабів генерації ВПМ в регіонах Північно-Західного Причорномор'я та оцінці їх можливого внеску в формування морського сміття.

Практичне значення отриманих результатів полягає у визначенні можливостей виокремлення ВПМ із загального потоку ТПВ та обґрунтуванні їх переробки і утилізації, а також заходів надходження їх в північно-західну частину Чорного моря.

Особистий внесок здобувача. Автором самостійно виконані всі етапи роботи – від збору, узагальнення і обробки інформації до формулювання основних положень та висновків.

Апробація результатів роботи. Результати дослідження роботи доповідалися на: IV Всеукраїнському пленере з питань природничих наук (Одеса, ОДЕКУ, 19 червня 2020 р.); III Міжнародній науково-практичній конференції «Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку» (Херсон, ХДАУ, 22-23 жовтня 2020 р.); I Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції студентів та молодих науковців «Актуальні питання охорони праці у контексті ЄС та європейської інтеграції України» (Харків, ХНУМГ імені О. М. Бекетова, 9 листопада 2020 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти і молодих вчених «Сталий розвиток країни в рамках Європейської інтеграції» (Житомир, ДУ «Житомирська політехніка», 12 листопада 2020 р.); підсумковій конференції II туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт за галуззю знань «Екологія» (Полтава, НУ «Полтавська політехніка» імені Юрія Кондратюка, 17-19 березня 2021 р.); підсумковій конференції II туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань та спеціальностей зі спеціалізації «Економіка природокористування та охорони навколишнього середовища» (Кременчук; Кременчуцький національний університет імені

Михайла Остроградського, 24 квітня 2021р.); конференціях молодих вчених ОДЕКУ (Одеса, ОДЕКУ, 28 квітня 2021 р., 23 квітня 2022 р.); VI Міжнародній науково-практичній конференції за участю молодих учених «Галузеві проблеми екологічної безпеки» (Харків, ХНАДУ, 27 жовтня 2021 р.).

Окремі результати дослідження за шифром «Пластик» (Пластик твердих побутових відходів Північно-Західного Причорномор'я як складова морського сміття) доповідались на II турі Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузі знань «Екологія» (НУ «Полтавська політехніка» імені Юрія Кондратюка, 17-18 березня 2021 р.). Конкурсна робота відзначена дипломом I ступені та була розміщена на сайті цього ЗВО (<https://nupp.edu.ua>), а тези доповіді опубліковані в «Матеріалах підсумкової конференції II туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт» (<https://nupp.edu.ua/uploads/files/0/events/other/1719032021/zbirnik-tez.pdf>).

Крім того, наукова робота під шифром «Пластик-21» (Еколого-економічне обґрунтування переробки відходів пластикових матеріалів в регіонах північно-західного Причорномор'я) на II турі Всеукраїнського конкурсу Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань та спеціальностей зі спеціалізації «Економіка природокористування та охорони навколишнього середовища» (Кременчуцький національний університет імені М. Остроградського, 24 квітня 2021 р.) та відзначена дипломом III ступеня (<http://econ.kdu.edu.ua/uk/content/vidbulasya-pidsumkova-naukovo-praktychna-konferenciya-ii-turu-vseukrayinskogo-konkursu>).

Деякі результати дослідження включені в звіт по НДР кафедри екології та охорони довкілля ОДЕКУ за темою «Техногенне навантаження на складові довкілля регіонів Північно-Західного Причорномор'я» (2020, 2021). Державний реєстраційний номер 0120U105060, код за ЄДРПОУ/ІПН; ідентифікаційний номер 26134086).

Публікації. Основні положення роботи опубліковані в матеріалах вищезгаданих конференцій (див. перелік публікацій за темою кваліфікаційної

магістерської роботи), а також у журналі «Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Екологія». [<https://periodicals.karazin.ua/ecology/article/view/16424/15240>], який входить до переліку фахових періодичних видань України категорії Б за спеціальністю 101-Екологія (Сафранов Т.А., Берлінський М.А., Змієнко Д.М. Пластик твердих побутових відходів прибережної зони Північно-Західного Причорномор'я як складова морського сміття. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Екологія». 2020. Вип. 23. С. 57-66*).

Структура та обсяг роботи. Робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку посилань (41 найменування). Робота містить 6 таблиць, 6 рисунків. Загальний обсяг роботи – 70 сторінок.

1 ВЛАСТИВОСТІ ВІДХОДІВ ПЛАСТИКОВИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ОСНОВНІ ДЖЕРЕЛА ЇХ УТВОРЕННЯ

Завдяки дешевизни, міцності, зносостійкості, довговічності, несхильності корозії та інших властивостей пластикові матеріали у останні десятиріччя витісняють вироби з металу, дерева та ін. Протягом 1950-2015 років в світі випущено 8,3 млрд. т виробів з пластикових матеріалів, причому 50% від цього обсягу вироблено за 2000-2015 роки. Обсяги світового виробництва пластикових матеріалів щорічно збільшуються на 8,4%. Основними сферами споживання пластикових матеріалів є: тара і упаковка (40%), будівництво (21%), автомобільна промисловість (8%), електроніка (5%), а також авіакосмічна галузь, суднобудування, транспорт і зв'язок, легка і харчова промисловість, побутова техніка тощо (26%). Постійне зростання обсягів світового виробництва і використання пластику зумовило істотне збільшення кількості відходів пластикових матеріалів (ВПМ). При існуючих трендах виробництва і використання до середині ХХІ століття земна поверхня може стати забрудненою 12 млрд. т ВМП [1]. Лише невелика частина ВМП придатна для переробки з економічних або технічних міркувань. Наприклад, протягом 1950-2015 років з майже 5 млрд. т виробленого пластику лише 12% було перероблено (утилізовано).

Відповідно до даних Агентства з охорони навколишнього середовища США (*United States Environmental Protection Agency; EPA*), якщо в 1960-х роках ВМП становили менше 1% твердих побутових відходів (ТПВ), то в 2011 році цей показник вже перевищив 12% ТПВ. Практичне розв'язання усіх проблем на стадіях *життєвого циклу* пластикових матеріалів (видобуток ресурсів → виробництво → використання → утилізація), має бути відображено у відповідних стандартах, як на світовому рівні, так і на рівні держави, і на рівні підприємства [2].

За місцем утворення ВМП розділяються на 3 групи [3]:

1) технологічні відходи виробництва, які виникають при синтезі та переробці термопластики;

2) відходи виробничого споживання утворюються в результаті виходу з ладу виробів з пластику, що використовуються в різних галузях народного господарства (амортизовані шини, тара і упаковка, деталі машин, відходи сільськогосподарської плівки, мішки з-під добрив і т. д.);

3) відходи суспільного споживання, які накопичуються у селітебній зоні, на підприємствах громадського харчування і т. д., а потім потрапляють на звалища ТПВ (зрештою вони переходять в нову категорію відходів – змішані відходи) [3].

За рівнем складності утилізації поділяють також на три групи [3]:

1) ВПМ з хорошими властивостями (чисті, розсортовані, легко утилізуються і при переробці можливе використання до 90% подібних матеріалів);

2) ВПМ з середніми властивостями (містять певну кількість поллютантів, потребують сортування і їх переробка пов'язана з додатковими витратами з відбору, миття і т. д., а тому у переробку надходить 20-30% від їх початкової кількості);

3) ВПМ, що важко утилізуються. (сильно забруднені і змішані відходи, їх переробка в більшості випадків не рентабельна).

Для переробки ВПМ спочатку збираються і сортується згідно з інтернаціональною системою маркірування у вигляді трикутника, утвореного стрілками з цифрою всередині (рис. 1.1).



1 – поліетиленерфталат; 2 – поліетилен високої щільності; 3 – полівінілхлорид; 4 – поліетилен високої щільності; 5 – поліпропілен; 6 – полістирол; 7 – інші види пластику

Рис. 1.1 – Піктограми основних типів пластику

1. *Поліетилентерефталат (PETE)* – пляшки з під води, прохолодних напоїв, соків, рослинних олій; упаковки для різного роду порошків, сипких харчових продуктів; одноразовий посуд. При багаторазовому використанні виділяє в продукти бісфенол та інші шкідливі речовини. Добре піддається переробці (подрібнення у гранули) і повторному використанню, але у білих у пляшках міститься полівінілхлорид або свинцеві білила, тому вторинні гранули небезпечні для виробництва нових товарів. Термін розкладення *PETE*-пляшок в природних умовах оцінюється від 100 до 1 000 років.

2. *Поліетилен низького тиску або високої щільності (HDPE)* – пакети з під води і молока; пляшки для відбілювачів, шампунів, мийних та чистячих засобів; харчова плівка кришечки для пляшок; пакети і каністри для моторної та інших машинних олив тощо. Вироби вважаються безпечними для здоров'я людини. Їх можна використовувати протягом тривалого часу, але можливо виділення формальдегідів, які негативно впливають на бронха-легеневу і нервову системи. Добре піддається переробці (подрібнення у гранули) і повторному використанню.

3. *Полівінілхлорид (V або PVC)* – упаковки рідин для побутової хімії і харчових продуктів; пляшки з під води рослинних олій; матеріал для виготовлення металопластикових вікон і дверей, дитячих іграшок, лінолеуму, меблів, труб, ізоляції проводів і кабелів. Додатки, які використовуються при виробництві полівінілхлориду вмістять кадмій і свинець, пластифікатори – фталати або ефіри фталатів небезпечні для довкілля і здоров'я людини, а пластифікатор діетиленгексафталат є канцерогеном. Процес виробництва, використання та утилізації полівінілхлориду супроводжується утворенням діоксинів та інших токсичних речовин. Практично не піддається переробці, але іноді переробка зводиться до подрібнення у гранули.

4. *Поліетилен високого тиску або низької щільності (LDPE)* – пакети, гнучкі пластикові упаковки та пластикові пляшки. Добре піддається переробці і повторному використанню, і вважається більш екологічно безпечним, ніж інші типи пластику, але не таким безпечним, як поліетилен низького тиску.

При розкладанні і нагріванні виділяє формальдегід, але в інших випадках безпечний.

5. *Поліпропілен (PP)* – відра і посуд для гарячих страв; одноразові шприці, мішки для цукру; труби; бампери; контейнери для заморожування харчових продуктів; пляшки для сиропу та кетчупу; кришечки для пляшок; стаканчики для йогурту, диски тощо. Переробляється. Відноситься до групи безпечних пластиків.

6. *Полістирол (PS)* – пінопласт; одноразовий посуд; піддони для м'яса та птиці; контейнери для їжі і яєць; стаканчики для йогуртів; теплоізоляційні плити; дитячі іграшки тощо. Переробляється. При повторному використанні, розкладанні і нагріванні виділяє стирол, який негативно впливає на кровотворну та інші системи. Крім того, пінопласт – пожежонебезпечний.

7. *Інші види пластику (OTHER)* – не входять види пластику, які зазначені вище; багатошарова упаковку, або упаковка із суміші різних пластиків або не вказані вище полімери; пляшечки для дітей; іграшки; кулери для води. Можуть вмістити матеріали, які повністю безпечні, так і небезпечні для здоров'я людини. Оскільки не визначений тип пластику, то їх переробка ускладнюється.

Відсортований пластик розплавляється у зручні для транспортування форми, які пізніше використовуються як сировина для виготовлення будь-яких пластикових виробів. Наприклад, вторинний пластик іде на виготовлення господарських сумок, одягу, каналізаційних труб і склопакетів. Останнім часом також набувають популярності технології деполімеризації пластиків. Вони дозволяють розкласти пластики на мономери, з яких згодом виготовляють нові полімери того ж типу. Може застосовуватися також і хімічна деполімеризація. В особливих випадках (складність розкладання на окремі типи смол або високий ступінь забруднення) використовують термальну деполімеризацію (піроліз, газифікацію). Це дозволяє розкласти пластики на рідкі складові, які можуть бути використані як ресурси замість нафтопродуктів.

Значна частка ВПМ (майже 80%) не здатна до біодеградації і знаходиться в складі наземного і морського сміття, що негативно відображається на екологічних умовах. Теоретично, майже всі ВПМ в кінцевому підсумку можуть розкладатися в процесі біодеградації навіть у відкритому середовищі, хоча для деяких із них це займе сотні років і навіть більше. Розгляд процесу біодеградації ВПМ в якості способу запобігання забруднення має практичний сенс за умови, якщо тільки це пов'язано з «розумними» тимчасовими рамками. Оскільки в природних умовах процеси біодеградації ВМП відбуваються дуже повільно і довго (поліетиленовий пакет – 200 років, пластикова пляшка з поліетилентерефталату – 400-500 років, одноразові підгузки – 500 років, а вироби з пінополістиролу практично не розкладаються і т. д.), то пропонується: звести використання пластикових виробів, що утворюють ВПМ, до мінімуму; сортувати ВПМ і здавати на переробку (утилізацію); використовувати багаторазові альтернативи (тканинні сумки і т. д.); зменшити час деградації ВПМ в навколишньому середовищі за допомогою внесення добавок до їх складу (крохмаль, целюлоза тощо); замінити звичайний пластик на біопластик тощо. Відомо, що біопластик виготовляється з рослинного матеріалу (технічних культур) і органічних відходів (залишків після переробки риб і креветок тощо). Частка пластику на біологічній основі, зазвичай, складає 30-50%, а інша частина пластику (50-70%) припадає на звичайний пластик, виготовлений на основі вуглеводневої сировини. Проте, технологіям створення пластикових матеріалів на біологічній основі приділяється велика увага у багатьох країнах.

Іншою альтернативою вважається використання так званого «оксопластику» (оксорозкладного пластику), для перетворення якого на поліетилен та інші поширені види пластику при виробництві вводять добавки на основі солей перехідних металів (*Co*, *Ni*, *Fe*) для більш швидкої фрагментації під впливом ультрафіолетових променів і тепла. Під дією тепла і ультрафіолетових променів зменшується молекулярна вага оксопластику до рівня, необхідного для споживання мікроорганізмами. Оксорозкладні

домішки мають прискорювати фрагментацію звичайних пластикових матеріалів, але темп їх розкладання значно змінюються в залежності від температури, інтенсивності світла і вологості. З огляду на те, що ці абіогенні фактори постійно змінюються в залежності від часу і місця, то виявляється практично неможливим проходженням процесів біодеградації виробів із оксопластику в природних умовах. Вважається, що оксопластик непридатний для компостування і піддається лише анаеробному розкладанню, а його швидка біодеградація неможлива на звалищах ТПВ і в морському середовищі. Наявність оксопластику серед маси звичайних пластикових матеріалів, що переробляються, може привести до низької якості одержуваної вторинної сировини. Виходячи з вищевикладеного, Європейська комісія рекомендувала ввести заборону на використання оксорозкладних пластиків на території ЄС [4].

Ця позиція Європейської комісії зафіксована і в «Проекті Закону про обмеження обігу пластикових пакетів на території України» від 18.09.2019 р., який передбачає з 01.01.2022 року заборону розповсюдження у мережі роздрібною торгівлі та об'єктах ресторанного господарства: надлегких пластикових пакетів; легких пластикових пакетів; оксорозкладних (оксобіорозкладних) пластикових пакетів. Заборона не поширюється на біорозкладні пластикові пакети, а також на надлегкі пластикові пакети шириною до 225 мм (без бокових складок), глибиною до 345 мм (з урахуванням бокових складок), довжиною до 450 мм (з урахуванням ручок), призначених для пакування та (або) транспортування свіжої риби і м'яса, а також продуктів з них: сипучих продуктів, льоду, які використовують у об'єктах роздрібною торгівлі в якості первинної упаковки. Доречно зазначити, що за оцінками експертів ООН, кожен хвилину в світі використовують приблизно 10 млн. пластикових пакетів, а на одного жителя України, в середньому, припадає близько 500 використаних одноразових пакетів на рік [5].

Політика ЄС у сфері поводження з ТПВ спрямована на побудову максимально екологічно безпечної системи поводження з потоками ТПВ. У Директиві № 2008/98/ЄС пріоритетними цілями політики щодо поводження з ТПВ визначено охорону довкілля, мінімізацію негативного впливу утворення і поводження з ТПВ на навколишнє середовище та здоров'я людини. Директива визначає основні принципи організації системи поводження з ТПВ і вимоги до неї. Згідно із зазначеною Директивою, під час вибору методів поводження з ТПВ слід керуватися принципами екологічної безпеки та економічної ефективності. Усі методи поводження з ТПВ представлено у вигляді так званих «сходів Лансінка» («ієрархії ТПВ»): захоронення → спалювання (з виробленням енергії) → компостування → переробка → повторне використання → запобігання утворенню. Як зазначено вище, найбільша перевага віддається запобіганню утворенню ТПВ, а серед способів переробки найвищий пріоритет має повторне використання відходів, оскільки його негативний вплив на довкілля є мінімальним, а найменший – захоронення ТПВ на звалищах і полігонах. Спалювання ТПВ та їх переробка на ВМР й енергію посідають проміжне положення в ієрархії. Передбачається, що паралельно з розвитком системи поводження з ТПВ відбуватиметься поступовий рух догори «сходами», тобто почнуть переважати більш екологічно-безпечні методи поводження з ними [6].

Спроби перетворення пластику на паливо зводяться до того, що одні відходи трансформуються в інші, оскільки при спалюванні пластику викиди містять *Hg*, *Pb*, *Cd* та інші важкі метали, стійкі органічні поллютанти (діоксини, фурани), шкідливі гази тощо. Спалювання пластикових матеріалів на відкритому повітрі становить серйозну загрозу для довкілля і здоров'я населення, тому Програма ООН з довкілля (*UNEP*) вважає це екологічно неприйнятним процесом.

У зв'язку з величезними масштабами виробництва та широким спектром застосування пластикових матеріалів, про повну відмову від них нині не може бути й мови. Однак їх кількість можна зменшити, замінивши більш шкідливі

матеріали на більш екологічно-безпечні, що піддаються біологічному розкладу. Вторинна переробка – дуже важливий аспект у скороченні кількості пластикових матеріалів, що викидаються у навколишнє середовище. Також важливе відповідне маркування виробів із пластмас. Це допомагає споживачам робити усвідомлений вибір щодо рівня шкоди для навколишнього середовища та здоров'я людини, упаковки та інших продуктів. Відповідне маркування також полегшує сортування, зберігання та вторинну переробку штучних відходів у спеціалізованих пунктах. Правильно сортовані пластикові відходи також є відмінним матеріалом для використання в процесі вторинної переробки. Все частіше також розробляються пластмаси зі швидкою біодеградацією (часто менш як за рік).

Багато потенційно небезпечні хімічні речовини використовуються у виробництві пластикових матеріалів або як їх будівельні блоки та добавки до них, забезпечуючи певні властивості (колір, гнучкість тощо). Небезпечні хімічні речовини можуть бути присутніми в пластикових матеріалах через забруднення під час виробництва (наприклад, стирол), або можуть утворюватися в процесі переробки (наприклад, діоксини). Ці хімічні речовини можуть вилуговуватися і потрапляти в їжу, питну воду та навколишнє середовище. Сьогодні широко поширеними політантами довкілля є частинки мікропластику, які містять екологічно-небезпечні хімічні речовини (компоненти свого матеріалу), але вони також можуть адсорбувати, концентрувати та поширювати, стійкі органічні політанти (ПХБ та ін.). Небезпечні хімічні речовини в пластикових матеріалах викликають занепокоєння, викликають порушення репродуктивної, метаболічної, імунної та неврологічної функцій, а також функції гормонів щитовидної залози [7].

Джерелами ВПМ є промислові підприємства, сільське господарство, будівництво і т. д. Кожне таке підприємство концентрує в локальних точках засоби праці та сировину (або засоби праці до сировинних ресурсів). Тому такі підприємства є локальними, компактними джерелами ВПМ. Компактними джерелами є також установи та підприємства невиробничої

сфери, де для надання послуг нематеріального характеру використовуються матеріальні цінності. У процесі зберігання на базах і складах матеріальних цінностей, їх транспортування та реалізації через підприємства торгівлі вони, ще не будучи використані за своїм призначенням, утворюють відходи, що обумовлено властивостями, умовами транспортування і зберігання матеріальних цінностей. Населення як один з основних споживачів матеріальних цінностей також є джерелом ВПМ, які утворюються в результаті використання конкретних видів готової продукції. Відходи, що утворюються у населення, розміщуються, залежно від щільності населення, в кожному регіоні. Це призводить до того, що розміщення відходів у населення має розподілений характер. Компактні джерела ВПМ поділяються на: джерела відходів, де здійснюється процес створення матеріальних цінностей; джерела, де виробляються зберігання і розподіл матеріальних цінностей; джерела, де матеріальні цінності використовуються для надання послуг нематеріального характеру. Кожному з перерахованих джерел відповідає своя структура утворення ВПМ. Джерелу ВПМ, де здійснюється процес створення матеріальних цінностей, відповідає структура, представлена на рис. 1.2.

Джерело має два входи. На перший вхід надходять сировина, напівфабрикати і матеріали, які в процесі виробництва основної готової продукції піддаються в джерелі фізико-хімічних, механічних і інших впливів. У процесі переробки сировини першого входу утворюються відходи виробництва – залишки сировини, напівфабрикатів та матеріалів. Частина їх безповоротно втрачається (угари, випаровування і т.д.), частина повертається в процес виробництва основної продукції, частина використовується для виробництва супутньої продукції, частина піддається захороненню або знищенню через відсутність технології їх утилізації або якщо залучення відходів у виробничо-господарський оборот економічно недоцільно. Частина відходів виробництва, що залишилася переходить у відходи, придатні для збору та використання.



Рис. 1.2 – Утворення полімерних відходів в джерелах першого типу виробництва тари та упаковки

Процес накопичення ВПМ відбувається не тільки при виробництві цільової продукції (утворенні відходів виробництва), але також і при утворенні відходів споживання, до яких відносяться відходи, що утворюються в результаті життєдіяльності працівників підприємства (сміття, ганчір'я, упаковка), а також колишні у вживанні або експлуатації вироби і матеріали (деталі машин, технологічних установок і т. д.). Тобто на другий вхід надходить матеріальний потік у вигляді апаратів, устаткування, технічних засобів та інших видів виробів, за допомогою яких здійснюється процес виробництва готової продукції.

Частина матеріального потоку другого входу повертається в систему розподілу матеріальних цінностей для повторного використання, частина через певний час переходить у відходи споживання, частина безповоротно втрачається (стирання, зміна структури і т. д.), частина піддається захороненню або знищенню (з причин, аналогічних для відходів

виробництва), а частина, що залишилася переходить у відходи, придатні для збору та використання. Таким чином полімерні відходи утворюються в процесі виробництва матеріальної продукції і при експлуатації технологічних установок, при життєдіяльності співробітників компанії.

Джерелу ВПМ, що здійснює зберігання і розподіл матеріальних цінностей, відповідає структура, наведена на рис. 1.3.

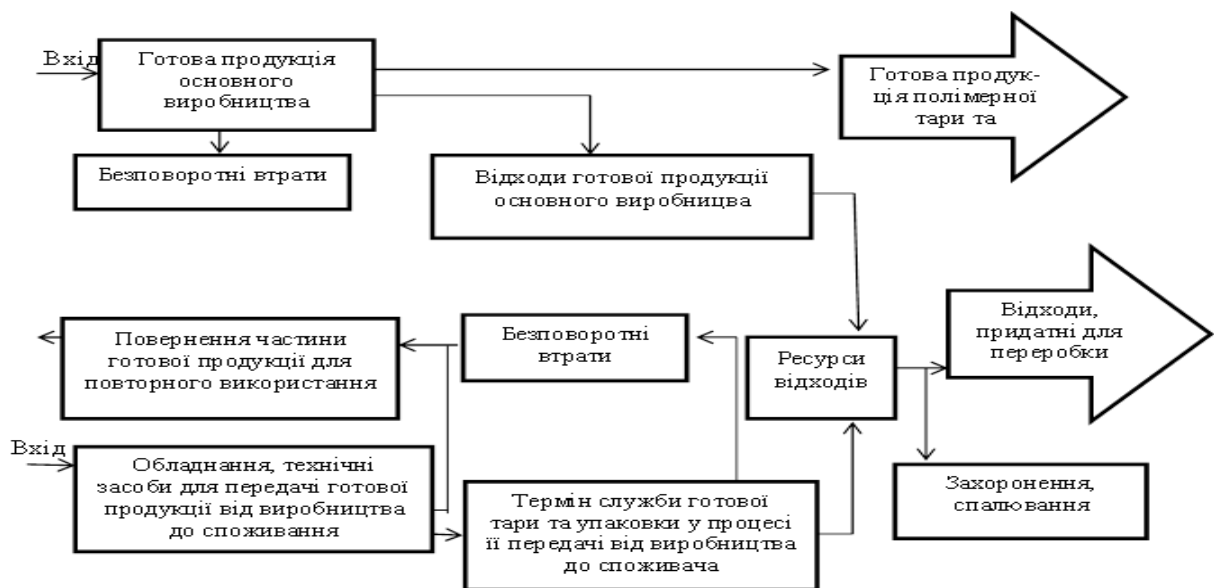


Рис. 1.3 – Утворення ВПМ в джерелі другого типу зберігання і розподілу готової продукції

Джерело має два входи.

На *перший вхід* надходить готова продукція, яка призначена для передачі споживачам. У процесі її передачі утворюються відходи продукції (в залежності від її властивостей, умов зберігання та реалізації). Частина відходів тут безповоротно втрачається, частина піддається захороненню або знищенню, а решта переходить у відходи, придатні для збору та використання. При цьому такий вид джерела відходів теж утворює полімерні відходи не тільки в процесі передачі готової продукції споживачам, але і в якості компонента відходів споживання, який описаний нижче.

На *другий вхід* джерела надходить матеріальний потік у вигляді обладнання, технічних засобів та інших видів виробів, необхідних для здійснення процесу передачі матеріального потоку першого входу споживачам. Частина матеріального потоку другого входу повертається для повторного використання, частина безповоротно втрачається, частина піддається захороненню або знищенню, а решта переходить у відходи, придатні для збору та використання.

Джерелу відходів, що використовує матеріальні цінності для надання послуг нематеріального характеру, може бути дана наступна характеристика. Джерело має один вхід, на який надходить матеріальний потік у вигляді технічних засобів і готової продукції для виконання послуг (всім виробничим сферам і населенню) нематеріального характеру. Частина матеріального потоку повертається для повторного використання, а частина, що залишилася після використання переходить у відходи споживання. Частина відходів споживання безповоротно втрачається, частина піддається захороненню або знищенню, а решта переходить у відходи, придатні для збору та використання.

При використанні населенням готової продукції остання, при перетворенні на відходи споживання, підкоряється тим же закономірностям, що і для джерела відходів, що використовує матеріальні цінності для надання послуг нематеріального характеру [8].

Особливості поводження ВПМ, здатними до біодеградації в оточуючому середовищі. На сьогоднішній день одним з можливих способів вирішення проблеми ВПМ є розробка, виробництво та використання їх широкої гами полімерів, які здатні при певних умовах біодеградувати на безпечні для оточуючого середовища компоненти. Згідно однієї з класифікацій виділяють два основних види біопластика:

- *Гідро-біодеградуючі пластики* – створені з сумішей рослинних полісахаридів – поліефірів гліколевої, валеріанової, молочної та ряду інших

кислот, крохмалю. Процес розкладання у даного виду пластиків значно коротше терміну розкладу поширених полімерних пакувальних матеріалів. В даний час у них є істотний недолік - відсутня міцність. Максимальна вага продукту не повинна перевищувати одного кілограма.

- *Оксо-біодеградуючі пластики* – це звичайні пластики з біодобавками. На вигляд вони нічим не відрізняються від тих, які ми використовуємо в повсякденному житті. Достатньо міцні і зручні у використанні. Період їх розкладу не набагато більше, ніж у гідро-біодеградуючих матеріалів. Тому практично повсюдно перевага віддається саме цьому виду біополімерів. Отже, виробничий процес, в разі серійного виробництва, що не буде зазнавати практично ніяких змін. Єдине вдосконалення - це процес додавання біодеградаючої добавки [9].

Біодеградуючі добавки – розчин, який додається до складу синтетичних полімерів, що допомагає процесу розпаду під впливом кисню, ультрафіолету і води. Коли біопластик, оброблений даним розчином, потрапляє на природу, при наявності повітря, води і світла він перетворюється на звичайний гумус. Термін розпаду такого полімеру не перевищує двох років. Якщо ж відхід біопластику буде знаходитися в інших умовах (наприклад, під купою сміття), куди не проникає ні повітря, ні ультрафіолет, то відповідно він не зможе розкладатися. Однак у випадку початку дії добавок, процес вже не зупиниться [10]. Основоположна ідея отримання біодеградуючих пластиків - повтор природних циклів розвитку. При повному переході на біополімери з відновлюваної сировини пакувальні та інші матеріали, що відслужили свій термін, будуть перероблятися ґрунтом і рослинами, замикаючи природний вуглецевий цикл. Отже, вирішується відразу цілий ряд проблем: проблема підвищеного викиду вуглекислого газу в атмосферу, проблема токсичних відходів виробництва і ТПВ, а також проблема обмеженості нафтових і газових родовищ. У зв'язку з розширенням обсягів випуску біодеградуючих полімерних матеріалів необхідно розробити нормативні вимоги, що стосуються методології випробувань та кількісного визначення параметрів

процесу біорозкладання матеріалів. З метою вибору методології, яка відповідає критеріям швидкості, надійності, адекватності результатів реальних умов біоутилізації твердих полімерних відходів були систематизовані дані інформаційного пошуку за методами оцінки біорозпаду біополімерних матеріалів [11].

Методи оцінки розділені за такими кваліфікаційними ознаками: умови проведення випробувань – лабораторні; натуральні (у природних умовах); тривалість проведення випробувань – тривалі; експрес-методи; рівень регламентації – стандартизовані; нестандартизовані; визначення параметру біорозпаду – дослідження кінетики характеристик біодеградуючого матеріалу.

У табл. 1.1 наведено аналіз існуючих, найбільш часто цитованих міжнародних стандартів, розроблених для оцінки біодеградації створюваних біодеградуючих полімерів.

Таблиця 1.1 - Міжнародні стандарти з методів випробувань на здатність до біодеструкції

Стандарт	Досліджуване середовище	Критерій оцінки
ISO 14855	Компост, лабораторні дослідження	Виділення CO_2
ISO 17556 ASTM – D5988	Верхній шар ґрунту полів та/або лісів	Виділення CO_2
ISO 14851 ISO 14852 ISO/DIS 14853	Водне середовище	Виділення CO_2 , поглинання O_2 , визначення вуглецевого балансу повної біодеградації та визначення потенційних метаболітів
ASTM – D1436-97	Експозиція плівок на сонячному світлі (6 або 12 тижнів) з наступним захороненням у ґрунті	Механічні властивості
DIN 54-900 DIN 13432 ASTM D6002-96	Компост (лабораторні та практичні дослідження), водне середовище	Виділення CO_2 , CH_4 , поглинання O_2 , дослідження залишкового полімеру, втрата маси, механічні властивості, еко-токсикологічний вплив на вищі рослини
ISO 20200	Компостування (лабораторні дослідження)	Ступінь фрагментації 10-2 мм
ASTM D3826-98	Компост	Втрата маси, ріст колоній мікроорганізмів, поглинання O_2 , механічні властивості

Незважаючи на те що в даний час на ринку біодеградуєчих матеріалів існує найрізноманітніша продукція, думки щодо оцінки достовірності ступеня біорозпаду суперечливі. Важко провести єдину оцінку біодеградації полімерів, так як результати залежать не тільки від конкретного полімеру, а й від місця проведення експерименту. На жаль, на сьогоднішній день немає офіційно прийнятої єдиної методології вивчення поведінки полімерних матеріалів при інкубації в ґрунтах [12].

Перспективним біопластиком для використання у харчовій промисловості є полілактид. Його можна отримувати як синтетичним способом, так і ферментативним бродінням. Сировиною для виробництва полілактиду служать кукурудза, цукровий очерет, рис, картопля та ін. Полілактид - прозорий безбарвний термопластичний полімер, який можна переробляти тими ж способами, що і традиційні термопласти. Вироби з полілактиду характеризуються високою жорсткістю, прозорістю і блиском, а також релаксацією. В результаті пластифікації полілактид набуває еластичності і може замінити поліетилен, пластифікований полівінілхлорид або поліпропілен. З полілактиду виготовляють плівку, в тому числі орієнтовану і усадкову, пляшки для розливу рідин, контейнери для харчових продуктів, одноразовий посуд.

Біологічне руйнування полілактиду здійснюється методами гідролізу і руйнуванням груп складних ефірів в молекулярному ланцюзі. Молекулярна вага зменшується до тих пір, поки молочна кислота і олігомери з низькою молекулярною вагою не пройдуть процес природного метаболізму мікроорганізмами, при якому виробляються вуглекислий газ і вода.

У табл. 1.2 представлені стандартні періоди руйнування при різних температурах і умовах вологості повітря. Полілактид розкладається в компості за один місяць при вологості повітря 80% і підвищених тим-температурах 55-70 °С. Однак при низьких температурах і низької вологості повітря, які притаманні для складів і робочого оточення, зберігання біотари з полілактиду не представляє проблеми [13, 14].

Таблиця 1.2 – Час руйнування полілактидів в залежності від умов оточуючого середовища

Температура °С	Порівнянна вологість повітря, %	Початкова фрагментація після	Повне руйнування після
4	100	5,3 року	10,2 року
25	20	2,5 року	4,8 року
25	80	2 року	3,1 року
40	80	5,1 міс.	10 міс.
60	20	1 міс.	2,5 міс.
60	80	15 днів	2 міс.

Полілактиди мають чудові робочі і технологічні характеристики, а час повного руйнування дозволяє використовувати їх в якості пакувальних матеріалів для тривалого зберігання продуктів харчування в харчовій промисловості. На прикладі полілактидів як представників біопластиків показана ефективність їх використання – ефективність можна порівняти з ефективністю використання традиційних термопластиків, а в деяких випадках і перевищити. Перевагами використання біодеградуєчих полімерів є: зменшення викидів CO_2 ; незалежність від нафтохімічної сировини; культивування відновлюваних ресурсів; нові можливості з переробки пластиків.

2 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ СИСТЕМИ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ ПЛАСТИКОВИХ МАТЕРІАЛІВ В РЕГІОНАХ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ПРИЧОРНОМОР'Я

За даними «Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року» [15] обсяги утворення ТПВ збільшуються, навіть незважаючи на те, що протягом останніх 20 років чисельність населення України постійно скорочується. Домінуючим способом поводження з ТПВ залишається, як і раніше, їх вивезення та захоронення на полігонах і сміттєзвалищах (а це 94% від загальної кількості). Тому передбачається зменшення загального обсягу захоронення ТПВ з 95% до 30%, налагодження обліку відомостей про номенклатуру та обсяги відходів на стадіях виникнення, переробки, утилізації та захоронення. В Україні на звалищах втрачаються тонни цінної сировини та матеріалів, при цьому 40% з них припадає на ТПВ. Відсутність переробки має своїм наслідком утрачену вигоду в розмірі близько 5 млрд. грн. щороку. За даними Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України у 2011 р. перероблялося лише 35% ВПМ [16].

Серед ресурсоцінних компонентів особливе місце займають ВПМ, джерелами яких є виробнича сфера та сфера обслуговування населення. Основними сферами споживання ПМ в Україні є: будівництво (27%), тара і упаковка (27%), автомобілебудування (8%), виробництво меблі (8%), електроніка (7%), товари широкого вжитку (4%), агропромисловість (2%), інші галузі (17%) [17].

Структура ТПВ є вирішальним чинником для розвитку системи їх поводження, оскільки якісний склад ТПВ визначає вимоги до їх збору та утилізації, а також заходи, які мають застосовуватися в межах поводження з ними. Роль цього показника суттєво зростає при необхідності вибору моделей переробки ТПВ. На жаль, до сьогодні в Україні не здійснювалися систематичні дослідження структури ТПВ. Єдиними джерелами статистичних

даних можуть слугувати невеликі дослідження, які проводилися операторами ТПВ та відповідними асоціаціями в той чи інший час у тих чи інших регіонах. Їх результати суттєво різняться між собою. Наприклад, за даними Шостого національного повідомлення України з питань зміни клімату до структури ТПВ входять 9-13% ВПМ інші галузі (17%) [18], а за іншими даними [7] по п'яти містам України вміст пластикових матеріалів у складі ТПВ коливається в межах 8,7-16,6% (середній вміст 12,9%). Для порівняння в розвинених країнах на ВПМ приходиться, в середньому, 11% від обсягу ТПВ.

Усереднений морфологічний склад ВПМ України представлений таким чином: поліетилен – 31%; поліетилентерефталат – 20%; полівінілхлорид – 14%; поліпропілен – 10%; полістирол – 4%; інші полімерні відходи – 17%. Переробкою ВПМ зайнято 39 підприємств з виробничою потужністю 260 тис. т при завантаженості 170 тис. т (в т. ч. 53,4 за рахунок імпорту ВПМ). Крім того, 19 підприємств потужністю 77 тис. т при завантаженості 50 тис. т складають підприємства по переробці пляшок із поліетилентерефталату. Оскільки наявні підприємства з переробки ВПМ недовантажені на 35% і працюють частково на імпортній сировині, в той час, як щорічно на звалищах (полігонах) ТПВ розміщується велика кількість ВПМ. Якщо імпорт ВПМ у 2015-2019 рр. варіював в діапазоні 16,1-68,4 тис. т/рік при вартості \$ 7,6 млн. – 89,8 млн. тон експорт ВПМ у ці роки коливався лише в діапазоні 0,5-1,0 тис. т при вартості \$ 0,3 млн. – 1,4 млн. [7], а тому проблема вилучення ВПМ із потоку ТПВ України є вкрай актуальною задачею.

Станом на 2019 рік в Одеській області налічувалося 528 звалищ (полігонів), в Миколаївській області – 267, в Херсонській – 54. Причому, майже 17% звалищ (полігонів) в Одеській області і майже 26% в Миколаївській області не відповідали нормам екологічної небезпеки [10]. Про масштаби утворення і накопичення ТПВ в областях ПЗП опосередковано можна судити за даними щодо обсягів збирання ТПВ за офіційним джерелом інформації «Стан сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2015-2019 рр.» (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 – Обсяги збирання твердих побутових відходів в областях Північно-Західного Причорномор'я

Обсяг збирання ТПВ, т	Одеська Область	Миколаївська область	Херсонська область
2019 рік	846 741	219 751	177 316
2018 рік	1 524 439	268 900	194 968
2017 рік	1 595 950	305 500	170 948
2016 рік	1 530 455	339 900	201 136
2015 рік	1 200 048	289 500	232 190

Виходячи з даних, наведених в таблиці 2.1, протягом останніх п'яти років, обсяги збирання ТПВ, в середньому, складала в Одеській області – 1 339 527 т/рік, в Миколаївській області – 284 710 т/рік, в Херсонській – 195 317 т/рік.

На території Одеської, Миколаївської і Херсонської областей щорічні обсяги збирання ТПВ протягом 2015-2019 рр., в середньому, сягали 1,82 млн. т, та були спрямовані на звалища («полігони»). З урахуванням того, що системою збирання ТПВ охоплено приблизно 2/3 населених міст Одеської, а в інших двох областях понад 90%, то обсяги утворення ТПВ лише в Одеській області (1,4 млн. т/рік) можуть досягати 1,8 млн. т/рік. Слід зазначити, у звіті з аналізу існуючого стану системи поводження з ТПВ в Одеській області за 2013-2017 рр.» (підготовлено Проектом USAID «Муніципальна енергетична реформа в Україні») обсяги можливого утворення ТПВ в Одеській області оцінюються приблизно в 1,3 млн. т/рік (при чисельності населення 1 396 тис. чоловік).

За даними [19] в 2019 р. обсяги збирання ТПВ в Одеській області складала 846 741 т, а заготівельні пункти вторинної сировини прийняли 1 696 т (0,2% від кількості зібраних); в Миколаївській області обсяги збирання складала 219 751 т, а заготівельними пункти вторинної сировини прийняли 37 351 т (17% від кількості зібраних); в Херсонській області обсяги збирання складала 177 316 т, а заготівельними пункти вторинної сировини прийняли 3,05 т (0,002% від кількості зібраних). Від зібраних обсягів ТПВ, наприклад, в

Одеській області жодних ВПМ не було спрямовано на переробку та/або утилізацію.

Якщо вважати, що частка ВПМ у потоці побутового сміття складає 12,9% [7], то на території Одеської, Миколаївської і Херсонської областей ПЗП щороку у складі зібраних ТПВ лише протягом 2019 р. видалено на звалища («полігони») майже 160 тис. т ВПМ, а з урахуванням неповного охоплення системою збирання ТПВ населених пунктів території дослідження (особливо в Одеській області) і наявності численних несанкціонованих звалищ, щорічні обсяги утворення ВПМ можуть досягати приблизно 200 тис. т. З урахуванням середнього вмісту полівінілхлориду (14%) і інших полімерних відходів (17%), які не переробляються, загальна кількість ВПМ, приданих для переробки буде складати приблизно 140 тис. т, що можна порівняти з завантаженістю діючих підприємств по переробці ВПМ в Україні [7]. Вартість цієї невикористаної вторинної сировини складає 600 тис. грн. (із рахунку 1 кг ВПМ – 3 грн.). Слід зазначити, що компанія «Вторресурси» в межах Одеського регіону здійснює прийом пластикових пляшок від 5 кг (от 100 кг – 5,5 грн./кг, от 150 кг – 6,0 грн./кг, а тому з урахуванням значної частки поліетилентерефталату (20%), вартість цієї вторинної сировини може бути декілька більше.

На території Одеської, Миколаївської і Херсонської областей щорічні обсяги збирання ТПВ протягом 2015-2019 рр., в середньому, сягали 1,82 млн. т, та були спрямовані на звалища («полігони»). З урахуванням того, що системою збирання ТПВ охоплено приблизно 2/3 населених міст Одеської, а в інших двох областях понад 90%, то обсяги утворення ТПВ лише в Одеській області (1,4 млн. т/рік) можуть досягати 1,8 млн. т/рік [20].

Слід зазначити, у звіті з аналізу існуючого стану системи поводження з ТПВ в Одеській області за 2013-2017 рр.» (підготовлено Проектом USAID «Муніципальна енергетична реформа в Україні») обсяги можливого утворення ТПВ в Одеській області оцінюються приблизно в 1,3 млн. т/рік (при чисельності населення 1396 тис. чоловік).

Кількість ТПВ, утворених населенням Одеської області (2 337 191 осіб), складає 668 548,81 т, а загальна кількість – 724 467,05 т. Якщо орієнтуватися на морфологічний склад ТПВ Одеси, то середній вміст поліетилентерефталату (*PET*) складає 3,95 % за масою, поліетилену низької щільності (*LDPE*) та поліетилену високого тиску (*PELD*) – 4,77 %, інших видів ВПМ – 4,36 %, скла – 12,39 %, паперу і картону – 4,82 %. Кількість *PET* (тара для напоїв) в потоці ТПВ Одеської області сягає 2 811,27 т, *LDPE* та *PELD* (плівка, пакети) – 32 600,92 т, інших ВПМ (полівінілхлорид, полістирол тощо) – 27 274,94 т, тобто загальна кількість ВПМ – 62 687,13 т, що складає понад 24 % виробничої потужності підприємств країни з переробки ВПМ. Крім того, маса скла в потоці ТПВ складає 115 930,11 т, а паперу і картону – 29 054,69 т, тобто кількість окремих ресурсоцінних компонентів у потоці ТПВ достатня для промислової переборки [20].

На території Одеської області щорічні обсяги утворення ВПМ в потоці ТПВ можуть досягати понад 88 тис. т. Враховуючи низький рівень охоплення населення роздільним збиранням твердих побутових ТПВ, можна вважати, що домінуюча частина ВПМ надходить до місць видалення відходів (МВВ), зокрема, на сміттєзвалища.

За даними Департаменту екології та природних ресурсів Одеської обласної державної адміністрації на території області розташовано 608 сміттєзвалищ, які займають близько 1 300 га земель. За інформацією районних державних адміністрацій Одеської області кількість МВВ в області складає 614 одиниць, з яких паспортизовано 495. За даними Департаменту систем життєзабезпечення та енергоефективності Одеської обласної державної адміністрації лише на території Одеської області налічується 628 звалищ («полігонів») ТПВ (у т. ч. 58 – перевантажених, 104 – не відповідають нормам санітарно-епідеміологічної і екологічної безпеки).

За даними картографічного Інтернет-сервісу «*Google Earth Pro*» на території Одеської області налічується 1 243 місця розташування ТПВ (у т. ч. «сірих» і стихійних звалищ), які охоплюють площу 1 274 га. Їх розподіл за

кластерами, які визначені із застосуванням основних критеріїв та методів, наведених у «Методичних рекомендаціях з розроблення регіональних планів управління відходами» [21], що враховують рівномірність розподілу показників чисельності населення, площ території, кількості утворення побутових відходів, наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Розподіл обсягів відходів пластикових матеріалів і кількості звалищ твердих побутових відходів на території Одеської області

Кластер	Кількість звалищ ТПВ	Площа звалищ ТПВ, га	ВПМ, т	Частка від суми ВПМ, %
Кластер I	148	60,4	6 498,99	7,38
Кластер II	259	166,5	5 507,19	6,25
Кластер III	314	452,0	60 383,12	68,55
Кластер IV	360	399,4	7 330,87	8,32
Кластер V	162	196,0	8 367,22	9,50
Усього	1 243	1 274,3	88 087,39	100

Як бачимо з наведеної таблиці, максимальна кількість і площа звалищ ТПВ (314 на 452 га) припадає на кластер III, що охоплює Одеську промислово-міську агломерацію і прилеглу територію, а також на південно-західні райони Одеської області (кластери IV та V) де зафіксована найбільша кількість звалищ ТПВ (522) на площі біля 600 га. Основна кількість ВПМ також припадає на III, IV та V кластери – відповідно 60 383,12 т (68,55%), 7 330,87 т (8,32%) та 8 367,22 т (9,50%). Найменші кількості звалищ ТПВ, а також площі, які вони охоплюють з мінімальними кількостями ВПМ в потоці ТПВ характерні для північних і північно-східних районів Одеської області (кластери I та II).

Морфологічний склад ВПМ в потоці ТПВ на території Одеської області наведений в таблиці 2.3.

Кількість поліетилентерефталату (*PETE*) в потоці ТПВ Одеської області сягає 2 811,27 т, поліетилену низької щільності (*LDPE*) – 32 601,02 т, поліетилену високої щільності (*HDPE*), полівінілхлориду (*PVC*) та полістиролу (*PS*) – 27 275,00 т [22]

Таблиця 2.3 – Морфологічний склад відходів пластикових матеріалів в потоці твердих побутових відходів на території Одеської області

Кластер	<i>PETE</i>	<i>LDPE</i>	<i>PEHD, PVC, PS</i>
Кластер I	2 277,78	2 341,82	1 879,35
Кластер II	1 924,31	2 020,08	1 562,87
Кластер III	18 509,19	22 572,29	19 301,68
Кластер IV	2 562,47	2 682,50	2 085,94
Кластер V	2 937,78	2 984,33	2 445,16
Усього	28 211,37	32 601,02	27 275,00

Незважаючи на те, що абсолютна більшість цих ВПМ (за винятком окремих видів поліетилентерефталату – білі, жовті та чорні пляшки, упаковки із полістиролу тощо) піддається переробці, а їх сумарна кількість складає майже чверть виробничої потужності підприємств країни з переробки ВПМ [7], вони розмішуються на численних звалищах ТПВ та забруднюють природні складові довкілля Одеської області.

За даними [20] в 2019 р. обсяги збирання ТПВ в Одеській області складали 846 741 т, а заготівельні пункти вторинної сировини прийняли 1 696 т (0,2% від кількості зібраних); в Миколаївській області обсяги збирання складали 219 751 т, а заготівельними пункти вторинної сировини прийняли 37 351 т (17% від кількості зібраних); в Херсонській області обсяги збирання складали 177 316 т, а заготівельними пункти вторинної сировини прийняли 3,05 т (0,002% від кількості зібраних). Від зібраних обсягів ТПВ, наприклад, в Одеській області жодних ВПМ не було спрямовано на переробку та/або утилізацію.

Станом на 2019 рік в Одеській області налічувалося 528 звалищ (полігонів), в Миколаївській області – 267, в Херсонській – 54. Причому, майже 17% звалищ (полігонів) в Одеській області і майже 26% в Миколаївській області не відповідали нормам екологічної небезпеки [10]. Про масштаби утворення і накопичення ТПВ в областях ПЗП опосередковано можна судити за даними щодо обсягів збирання ТПВ за офіційним джерелом

інформації «Стан сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2015-2019 рр.» (таблиця 2.1).

Якщо вважати, що частка ВПМ у потоці побутового сміття складає 12,9% [7], то на території Одеської, Миколаївської і Херсонської областей щороку у складі зібраних ТПВ лише протягом 2019 р. видалено на звалища («полігони») майже 160 тис. т ВПМ, а з урахуванням неповного охоплення системою збирання ТПВ населених пунктів території дослідження (особливо в Одеській області) і наявності численних несанкціонованих звалищ, щорічні обсяги утворення ВПМ можуть досягати приблизно 200 тис. т.

З урахуванням середнього вмісту полівінілхлориду (14%) і інших полімерних відходів (17%), які не переробляються, загальна кількість ВПМ, придатних для переробки буде складати приблизно 140 тис. т, що можна порівняти з завантаженістю діючих підприємств по переробці ВПМ в Україні [7].

Вартість цієї невикористаної вторинної сировини складає 600 тис. грн. (із рахунку 1 кг ВПМ – 3 грн.). Слід зазначити, що компанія «Вторресурси» в межах Одеського регіону здійснює прийом пластикових пляшок від 5 кг (від 100 кг – 5,5 грн./кг, від 150 кг – 6,0 грн./кг, а тому з урахуванням значної частки поліетилентерефталату (20%), вартість цієї вторинної сировини може бути декілька більше.

Пандемія *COVID-19* спровокувала утворення великої кількості медичних відходів (використанні маски, шприци, медичні рукавички, контейнери тощо), які вмістять ВПМ.

Як зазначає Т.А. Сафранов [23], екологічно безпечне поводження з медичними відходами (МВ), до складу яких входять ВПМ, є однією з ключових проблем в звичайний час в багатьох країнах, але під час надзвичайних ситуацій, таких як пандемія *COVID-19*, ці проблема значно ускладнюється. Одним з неприємних наслідків епідемії *COVID-19* опинилася величезна кількість МВ у потоці твердих побутових відходів (ТПВ), що спричинила серйозні проблеми у сфері поводження з ними в регіонах

України. Під час цієї епідемії зросла не тільки кількість ТПВ від домогосподарств (майже на 30%), але частка специфічних МВ, зокрема засобів індивідуального захисту (одноразові захисні маски, рукавички, серветки тощо).

В даний час у багатьох державах рекомендують утилізувати маски і рукавички за стандартною схемою поводження зі МВ. Це означає, що лікувально-профілактичні установи повинні поводитися з відходами по тій же інструкції, що і зазвичай, вважаючи використані засоби індивідуального захисту потенційно інфекційно небезпечними, тобто зберігати в запечатаних ємностях для подальшого знешкодження. Громадянам же рекомендується відокремлювати потенційно небезпечне сміття, включаючи використані маски і рукавички, і зберігати його окремо в щільно закритих пакетах, а також попереджати по можливості комунальні служби про наявність такого сміття.

Згідно до Державних санітарно-протиепідемічних правил і норм щодо поводження з медичними відходами (затверджені наказом Міністерства охорони здоров'я України від 08.06.2015 р. за № 325), такі відходи відносяться до категорії В – епідемічно небезпечні медичні відходи (інфіковані та потенційно інфіковані відходи, які мали контакт з біологічними середовищами інфікованого матеріалу), які після знезараження потрібно передавати на підприємства, що мають ліцензію на здійснення операцій у сфері поводження з небезпечними відходами та мають відповідне сертифіковане обладнання. Вони можуть становити загрозу поширення інфекції для населення, оскільки на поверхні протягом певного часу (до 8 годин) можуть виживати віруси.

Згідно до рекомендацій Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України щодо поводження з медичними відходами, для осіб, які перебувають на самоізоляції чи мали контакт із хворими людьми, такі відходи треба складати в два пакети, щільно їх зав'язувати і витримувати в домашніх умовах не менше 72 годин, після чого їх можна викинути у загальний контейнер ТПВ. Для усіх інших громадян використані маски та рукавички

достатньо скласти в один пакет, щільно його зав'язати і також витримати в домашніх умовах не менше 72 годин, після чого – викинути у загальний контейнер ТПВ.

Кількість ВПМ у вигляді використаних одноразових захисних масок і рукавичок, флаконів дезінфікуючих рідин, упаковок для продуктів харчування під час епідемії *COVID-19* істотно збільшилася, що ускладнює поводження з ними у складі ТПВ. За рахунками ВООЗ, щомісячно для боротьби з *COVID-19* потрібно 89 млн. медичних масок і 76 млн. рукавичок. ВПМ із закладів охорони здоров'я можуть містити віруси, бактерії та залишки небезпечних препаратів, а тому вони до утилізації вимагають знезараження. Вважається, що коронавірус на ВПМ існує 5-7 днів, тому їх потрібно герметично упаковувати, а потім знешкоджувати, наприклад, шляхом інсинерації.

Побутові відходи осіб, які перебувають на карантині і/або лікуванні, також повинні контролюватися і направлятимуться до лікувально-профілактичних установ для безпечного поводження, щоб запобігти ризику перехресного зараження. Лікувально-профілактичні установи повинні уникати скидання або відкритого спалювання цих МВ і не повинні змішувати їх з ТПВ. В Україні кожне лікарняне ліжко на добу генерує в середньому від 2 до 10 кг МВ. При цьому більше 90% МВ викидається незаконно і виявляються на стихійних звалищах, посадках і лісосмугах.

Питання поводженням з ТПВ ускладнюється тим, що люди з підозрою на коронавірус або підтвердженим діагнозом можуть залишатися вдома і використані такими пацієнтами індивідуальні засоби захисту можуть виноситися разом з іншим сміттям. Загальний тренд по поводженню з одноразовими індивідуальні засоби захисту передбачає їх відділення від іншого сміття, герметичну упаковку.

Разом з тим, якщо клас небезпеки побутових відходів пацієнтів з коронавірусом, які перебувають вдома, насправді збігається з МВ, то з'являється ризик, що осередком поширення захворювання можуть також стати пункти збору, сортування та утилізації ТПВ, оскільки, коронавірус

живе на поверхнях до 7-8 днів. З одного боку, громадяни можуть контактувати зі сміттям, з іншого боку, працівники комунальних служб, які безпосередньо контактують з ТПВ, виявляються в групі ризику і можуть стати переносниками та розповсюджувачами коронавірусу.

Оскільки значна частина населення лікується в домашніх умовах, то кількість МВ складає істотну частку в загальному потоці ТПВ. У складі МВ можуть бути присутніми: пластик (використані шприци, системи переливання крові, пластмасові катетери тощо); метал (голки, лезі та інші гострі предмети); папір і картон (упаковка); скло (ампули, флакони та ін.); інфікований перев'язувальний матеріал (бинти, тампони та ін.); хімічні речовини (прострочені ліки, непридатні термометри з ртуттю тощо); інфіковані харчові відходи та інші компоненти.

Неважко уявити, наскільки значні масштаби накопичення одноразових захисних масок і рукавичок під час епідемії *COVID-19* в Україні, які з майже 90% інших МВ депонуються у складі звичайних ТПВ на місцевих смітниках без урахування класу їх небезпеки. З метою запобігання поширенню *COVID-19* на території підприємств та установ міста необхідно облаштувати окремі місця для збирання використаних персоналом засобів індивідуального захисту в пластикові пакети, що закриваються. Населення міста при відвідуванні закладів торгівлі та громадського харчування міста можуть скористатися такими пунктами для збору використаних засобів індивідуального захисту. Оскільки частина МВ змішується з ТПВ та видаляється на звалища (полігони), то система поводження з ними повинна вписуватися в загальну схему диференціації потоків ТПВ, тобто небезпечні МВ обов'язково повинні бути відокремлені від загального потоку ТПВ, що особливо важливо під час епідемії. На контейнерних майданчиках повинні спеціальні урни для розміщення використаних захисних масок, рукавичок та інших специфічних МВ. В іншому випадку, за відсутності сортування ТПВ у джерелах утворення, навряд чи вдасться знешкодувати або знищувати МВ, що потрапляють до

контейнерів ТПВ. Поводження з надзвичайно небезпечними МВ повинно полягати у ретельному їх відокремленні та знищенні.

Найбільш розповсюдженими способами знешкодження МВ є термічні методи (спалювання, інсинерація, піроліз, плазмова технологія), автоклавування, хімічні методи (обробка дезінфекційними речовинами).

Враховуючи екологічну небезпеку викидів токсичних речовин, інсинерацію не можна вважати абсолютно екологічно безпечним методом знищення небезпечних МВ, а тому її слід застосовувати лише в якості тимчасового методу, якщо відсутні інші можливі варіанти, що не пов'язані з технологіями спалювання. Крім того, оскільки лікувально-профілактичні установи, зазвичай, розміщені в густо заселених зонах урбанізованих територій, розміщення на їх території інсинераторів пов'язане з певними труднощами. Термічне знищення цієї категорії МВ доцільно тому, що вони зроблені з комбінованого матеріалу: гумка – один матеріал, сама маска – це дуже тонкий полімерний матеріал, майже як флізелін (нетканий матеріал на основі целюлозних волокон), тобто різнорідний матеріал.

Досить безпечним і економічно вигідним методом є обробка МВ паром під тиском (автоклавування). Хімічні методи знешкодження МВ небезпечні для медичних працівників, витратні, має низьку ефективність дезінфекції.

Ефективним вважається пульс-вакуумна технологія (в кисневої установці для створення різниці парціальних тисків застосовується вакуумний насос; при низькому тиску невелика частина води замерзає, формуючи водокрижану суміш). Але, на жаль, в Україні, поки що не використовується пульс-вакуумна технологія.

У існуючих реаліях в регіонах України, коли абсолютна більшість ТПВ розміщуються на звалищах, а інфраструктура окремого збирання МВ від населення відсутня, на контейнерних майданчиках немає окремих ємності для депонування використаних захисних масок, рукавичок та інших МВ, залишаються лише такі шляхи поведінки з відходами засобів індивідуального захисту: використання міцних поліетиленових пакетів,

забезпечення їх герметичності перед викиданням у контейнери ТПВ; порожні флакони з-під дезінфікуючих засобів повинні бути викинуті в контейнери для упаковки, або розміщати в окремі пакети; одноразові рукавички, наприклад, використувані при покупках в магазинах і т. п., слід викидати в контейнери для змішаних побутових відходів, переважно в зав'язаному пластиковому мішку для сміття; часто мити руки теплою водою з рідким милом або дезінфікувати підходящим засобом. Це повинно бути зроблено і після того, як ви винесли сміття [23].

3. ВІДХОДИ ПЛАСТИКОВИХ МАТЕРІАЛІВ У ПРИБЕРЕЖНІЙ ЗОНІ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ПРИЧОРНОМОР'Я ЯК ДЖЕРЕЛО ФОРМУВАННЯ МОРСЬКОГО СМІТТЯ

Потреба використання пластичних матеріалів зумовлена: забезпеченням продуктами харчування, отриманням енергії, використанням транспортних засобів, виробництвом предметів побуту тощо, які залежать від соціально-економічних умов. Пластичні матеріали широко використовуються в *аграрному секторі* економіки (іригаційні труби, контейнери для рослин, захисні сітка та плівка, гранули для мінеральних добрив тощо). Частина відходів цих пластичних матеріалів також можуть бути джерелом формування морського сміття. *Будівництво* є основним споживачем пластичних матеріалів, хоча їх частка у формуванні морського сміття невідома. ВПМ від будівельних об'єктів, як правило, потрапляє до потоку ТПВ, а тому їх подальше надходження в морське середовище залежить від ефективності системи управління та поводження в прибережних зонах. Герметики для швів на полімерній основі, які вмістили ПХБ, при надходженні в морське середовище, можуть бути поглинені окремими морськими організмами. *Рекреаційно-туристична діяльність* (РТД) у прибережній смузі пов'язана з різними цінностями, такими як пляжі, сонце, вода, морське біологічне різноманіття, кулінарія та культурно-історична спадщина. Це веде до створення відповідного сервісу, спеціальностей та інфраструктури (наприклад, готелів, курортів, ресторанів, портів, гаваней/пристаней, місць для риболовлі та дайвінгу). На жаль, РТД у прибережній смузі є значним джерелом ВПМ, будь то свідомі скиди або випадкове засмічення берега. Різноманітність діяльності та використовуваних засобів означає, що існують і численні шляхи утворення ВПМ. *Сектор переробки* ВПМ розглядає їх як цінні вторинні ресурси. Збитки від цього сектору практично не можливо підрахувати, але вони достатньо низькі, якщо створена ефективна система управління та поводження з ними, і, навпаки, ці збитки можуть бути істотно

більше у випадку відсутності ефективної системи управління та поводження з ВПМ, і у такому разі вони можуть бути джерелом формування морського сміття. Близько 40% пластичних матеріалів, що виробляється, припадає на *упаковку їжі та напоїв*, що дозволяє мінімізувати збитки і забруднення продовольчих продуктів. Частка відходів цих пластичних матеріалів також можуть бути джерелом формування морського сміття [24].

Постійне зростання обсягів світового виробництва і використання пластмас зумовило істотне збільшення кількості ВПМ. Оскільки більша частина ВПМ не здатна до біодеградації, то негативні наслідки забруднення абіотичних і біотичних складових довкілля під їх впливом викликають все більше занепокоєння. Негативний вплив на довкілля здійснюється на кожному етапі життєвого циклу ВПМ (видобуток ресурсів – виробництво – використання – поводження з відходами). Кожний етап життєвого циклу пластикових матеріалів пов'язаний зі значними ризиками для біоти і здоров'я людини. Широке використання ВПМ призводить до їх фрагментації і утворенню крихітних часток мікропластику (розміром до 5 мм), що знаходяться в повітрі, природних водах, ґрунтах і продуктах харчування. Первинний мікропластик – це дуже дрібні частинки пластику, які спеціально додають в вироблений продукт (гелі для душу, зубні паста та ін.), а вторинний мікропластик – дрібні частинки, що утворюються при руйнуванні більших шматочків (синтетичних фарб і тканин, автомобільних шин тощо). Вважається, що мікропластик може подрібнюватися до наночастинок (від 1 нм до 1 000 нм). Основними формами мікро- і нанопластику є: волокна, мікросфери, фрагменти, пластикові гранули.

Дослідження показали, що мікропластик перешкоджає роботі травної системи, знижує апетит і уповільнює зростання і швидкість розмноження водних тварин. Потенційно небезпечні хімічні речовини (поліхлорбіфеніли, пестициди тощо), які абсорбуються шматочками пластика, можуть виділятися в травну систему тварин, приводячи до їх важких захворювань і навіть до загибелі. Мікро- і нанопластик можуть потрапляти в фіто- і зоопланктон, і

бути частиною харчового ланцюжка на ранній стадії. Мікропластик зафіксований в кухонній солі, мідіях, рибі, пиві і водопровідній воді. Майже 83% проб водопровідних вод різних країн світу забруднені мікроскопічними пластиковими волокнами, які потрапляють в водопровідну систему різними шляхами – від синтетичних волокон одягу, пилу автомобільних шин, а також шляхом фрагментації (розпаду) великих шматків ВПМ.

Мікро- і наночастинки пластику пероральним і інгаляційними шляхами потрапляють в людський організм. Щороку людина споживає від 39 до 53 тис. частинок мікро- і нанопластику. Частинок мікропластику здатні відносно легко проходити через організм, але до кінця незрозуміло, яких збитків можуть вони завдати. Тому постійно необхідно виявляти, що саме загрожує здоров'ю людини, якщо такі частинки здатні проникати в клітинні мембрани і органи. Пластикові матеріали є джерелом небезпечних хімічних речовин, тому існує побоювання, що ненавмисне споживання пластикових мікро- і наночастинок може бути причиною порушень здоров'я в майбутньому. Токсичність часток мікропластику залежить від площі, форми, та хімічних властивостей поверхні. Щоб оцінити вплив цих речовин після потраплення в людський організм, важливо зрозуміти, як вони там поводитимуться. Вважається, що мікропластик, розміром більший ніж 150 мкм, організм людини сорбує та виводить із фекаліями. Зрозуміло, що в тіло людини гарантовано потраплять ще менші за розміром частинки мікропластику й нанопластик. Оскільки найдовше мікропластик затримується в системі травлення, то й вплив на неї може буде найбільшим. Проковтування частинок, навіть у невеликій кількості, може викликати помірне подразнення й запалення шлунково-кишкового тракту.

Якщо мікропластик потрапляє в організм через питну воду, відносна ймовірність вивільнення добавок у шлунково-кишковому тракті недостатньо вивчена, а незначна кількість доступних досліджень містить суперечливу інформацію. Зважаючи на те, що мікропластик відштовхують воду, вони мають потенціал накопичення гідрофобно стійких органічних поллютантів

(СОП). Експерти ВООЗ резюмували значний вплив мікропластику у поєднанні зі значним впливом хімічних речовин, застосувавши підхід граничного впливу. Фахівці з державного університету Арізони (США) показали, що крихітні частинки мікропластику можуть потрапляти і накопичуватися в тканинах і органах людини, що може призвести до безпліддя і раку. Новітні дослідження показали, що потрапляння мікропластику в організм людини може привести до безлічі захворювань (онкологічні захворювання, захворювання кровотворної системи і кишківника, ревматоїдний артрит, пошкодження генетичної інформації і ін.) [25].

Крім *вторинного мікропластика*, що утворився в результаті розкладання предметів та великих пластикових уламків, виділяють і *первинний мікропластик*, що потрапив у водні об'єкти у вихідному вигляді. Це пластикові гранули, або пелети, що застосовуються у виробництві як сировина для виготовлення пластикових листів та готових виробів, а також мікрогранули (мікросфери, наносфери, мікрокапсули, нанокапсули), що застосовуються у косметичній промисловості. В даний час ще остаточно не сформовано визначення, якого розміру частинки відносити до мікропластику, але більшість вчених сходяться на тому, що це частинки розміром від 0,5 до 5,0 мм за найбільшим виміром. У деяких роботах пропонується використовувати нижчу межу близько 0,3 мм, що обумовлено широким застосуванням зоопланктонних мереж з розміром вічка близько 333 мкм для відбору проб води; продовжується і дискусія щодо максимального розміру частинок для використання терміну «мікропластик». Виділення частинок розміром від 0,5 до 5,0 мм в особливу групу не випадкове і викликано значними технічними складнощами, що є при аналізі частинок розміром менше 0,5 мм. Невирішеним залишається питання, які саме синтетичні речовини відносити до мікропластику. Для більшості полімерів, таких як поліетилен, поліпропілен, полістирол та інші, це питання вирішене, але з

іншими матеріалами антропогенного походження (алкідні смоли або віскоза), він поки що залишається відкритим [26].

Частинки мікропластику містять небезпечні хімічні речовини як компоненти свого матеріалу, але вони також можуть адсорбувати, концентрувати та поширювати такі небезпечні хімічні речовини та викликати занепокоєння, оскільки багато хімічних речовин, що вилугуються з пластмас, є речовини, що вражають ендокринну систему (бісфеноли, алкілфенолетоксилати, перфторовані сполуки, бромовані антипірени, фталати, УФ-стабілізатори, метали тощо). Вилугування цих поллютантів із пластмас викликає занепокоєння, оскільки було показано, що вони викликають порушення репродуктивної, метаболічної, імунної та неврологічної функцій, а також функції гормонів щитовидної залози [27].

Проблема забруднення мікропластиком с кожним роком становиться все більш актуальною. Задля її вирішення пропонується посилити політичну підтримку з точки зору законодавства, поліпшити технічні стандарти і науково обґрунтувати принципи диференціації мікропластику. Вирішенню проблеми забруднення мікропластиком сприятиме контроль джерел утворення, модернізація технологій і промислової структури, переробка продуктів, утилізація ВПМ тощо [28].

На даний момент існує кілька регуляторних інструментів міжнародного рівня, а також міжурядових угод, що стосуються питань морського сміття та мікропластику. Однак жоден із цих документів не розглядає окремо проблеми збільшення пластикового забруднення, зокрема, зростаюче забруднення навколишнього середовища мікропластиком. Серед міжнародних юридично обов'язкових інструментів, що мають відношення до забруднення навколишнього середовища мікропластиком, слід зазначити: Конвенцію Організації Об'єднаних Націй з морського права, Міжнародну конвенцію щодо запобігання забрудненню з суден, Базельську конвенцію про контроль за транскордонним перевезенням видаленням (Базельська конвенція) та Конвенцію про біологічну різноманітність. Всі ці документи містять

відповідні елементи регулювання запобігання утворенню пластикового сміття у навколишньому середовищі і, отже, також мають вагоме значення для скорочення обсягів вторинного мікропластику [29].

Основною складовою морського сміття є ВПМ з суші, що і утворюються при переробці пластику, використанні пластикової упаковки, використанні пластику в сільському господарстві і будівництві, при здійсненні рекреаційної діяльності у межах прибережної смуги тощо. Спроби перетворення ВПМ на паливо зводяться до того, що одні відходи трансформуються в інші, оскільки при спалюванні пластику викиди містять *Hg*, *Pb*, *Cd* та інші важкі метали, стійкі органічні полютанти (діоксини, фурани), шкідливі гази тощо. Спалювання пластикових матеріалів на відкритому повітрі становить серйозну загрозу для довкілля і здоров'я населення, тому Програма ООН з довкілля (*UNEP*) вважає це екологічно неприйнятним процесом.

Вважається, що джерелами морського сміття на 80% є наземні відходи виробництва та споживання і лише на 20% – відходи, що утворюються у межах морського басейну (судноплавство, рибальство і т. д.). Під впливом повітряних та водних потоків морське сміття дрейфує по поверхні або в товщі морської води, його важкі складові осідають на дно і накопичуються там, а частина прибивається хвилями до берегової лінії. Морське сміття переноситься на великі відстані від місця його утворення, забруднює значні площі Світового океану і негативно впливає на екологічні та соціально-економічні умови, а саме: є причиною травм або смерті, втрат прибутків і справжніх суспільних цінностей; спричиняє значні економічні збитки рибальству, аквакультури, судноплавству і сектору туризму; впливає на місця існування комерційно значимих промислових видів морських організмів, а також на добробут і збереження вразливих або вимираючих видів тощо [30].

До складу морського сміття входять ВПМ (поліетилен, поліетилентерефталат, полівінілхлорид, поліпропілен, комбіновані матеріали на основі паперу і картону тощо), медичні відходи, сільськогосподарські відходи, деякі промислові відходи, сміття з суден, рибальські снасті тощо.

Теоретично, майже всі ВПМ в кінцевому підсумку здатні до біодеградації навіть у відкритому середовищі, хоча у деяких цей процес займе сотні і більше років. Розгляд процесу біодеградації ВПМ в якості способу запобігання забруднення має практичний сенс, тільки якщо це пов'язано з «розумними» тимчасовими рамками. Процес біодеградації ВПМ особливо утруднений в умовах морського середовища, а тому їх трансформація обмежується, в основному, процесами фізико-хімічної деструкції і диспергування.

За аналогією з іншими частинами Світового океану можна припустити, що джерелом переважної частини (до 80%) морського сміття в північно-західній частині Чорного моря є відходи виробництва та споживання, що генеруються в прибережній зоні. Нагадаємо, за визначенням Європейської комісії, прибережна зона (*Coastal Zone*) – це смуга суші і моря, ширина якої варіює в залежності від характеру навколишнього середовища та завдань управління. Вона іноді співпадає з адміністративними межами або одиницями планування. Природні приморські системи і території, де людина здійснює свою діяльність, що тісно пов'язана з використанням ресурсів узбережжя, можуть сягати від між прибережних вод набагато кілометрів вглиб суші. З урахуванням того, що Чорне море впливає на кліматичні умови південного узбережжя України (оскільки дія теплого моря взимку поширюється вглиб території України на 140 – 280 км), то територію Одеської, Миколаївської і Херсонської областей можна розглядати як прибережну зону ПЗП.

Слід зазначити, що щільність пластикових матеріалів близька до щільності води, тому вони легко виносяться з водозборів великих річок (Дунаю, Дністра, Південного Бугу і Дніпра), а також численних середніх і малих річок.

Це підтверджується дослідженнями протягом серпня – вересня 2019 року кількості та складу сміття на прилеглих прибережних пляжах трьох річок (Дунай, Сакар'я та Єшилрмак), що впадають у північно-західні та південні частині Чорного моря. Крім того, було проведено єдине вибіркове

дослідження в 4 секторах піщаних пляжів, розташованих на румунському та турецькому узбережжі Чорного моря. Результати дослідження показали 3 916 точок з максимальними скупченнями сміття на узбережжі Туреччини. Найбільш представленими предметами сміття в оцінюваних зразках були пластмаси, папір і картон, дерево, скло та кераміка. Пластмаси становили основну частку сміття на узбережжях Чорного моря біля гирла річок (65-95%). Серед пластикових виробів були недопалки, шматки пластику розміром 2,5-50 см (полістирол та пластикові кришки/кришки напоїв). Фрагменти та дрібні пластикові предмети були переважаючими на більшості пляжів, що підтверджує, що річкові стоки мають важливий вплив на забруднення ВПМ на узбережжях Чорного моря. Склад макросміття, зафіксований на кожному дослідженому пляжі, відображав його здатність досягати берегової лінії лиману вибраних річок та вплив користувачів пляжу. Дані візуального моніторингу пляжного макросміття показали явну перевагу пластику (до 94% від загальної кількості), що підтвердило попередні висновки щодо основного надходження пластику в море через річки [31].

Гідрографічна мережа ПЗП розташована у межах басейнів великих річок Дунаю, Дністра, Південного Бугу і Дніпра. Щільність ВПМ близька до щільності води, тому вони легко виносяться з водозборів великих річок, а також численних середніх і малих річок. Водосховища на цих річках, їх пригирлові зони та відкриті лимани з водно-болотної рослинністю є своєрідними «пастками» для ВПМ, але значна частина макропластику і практично весь мікропластик досягає морського басейну.

Значна частина ВПМ із звалищ і полігонів ТПВ повітряними потоками виносяться в річкову мережу ПЗЧ, а при близькості їх до прибережної смуги, і безпосередньо потрапляє в акваторію північно-західної частини Чорного моря. На прикладі Одеської області можна уявити значну кількість зелених «точок» (звалищ) і коричневих «точок» (полігонів) ТПВ (рис. 3.1)

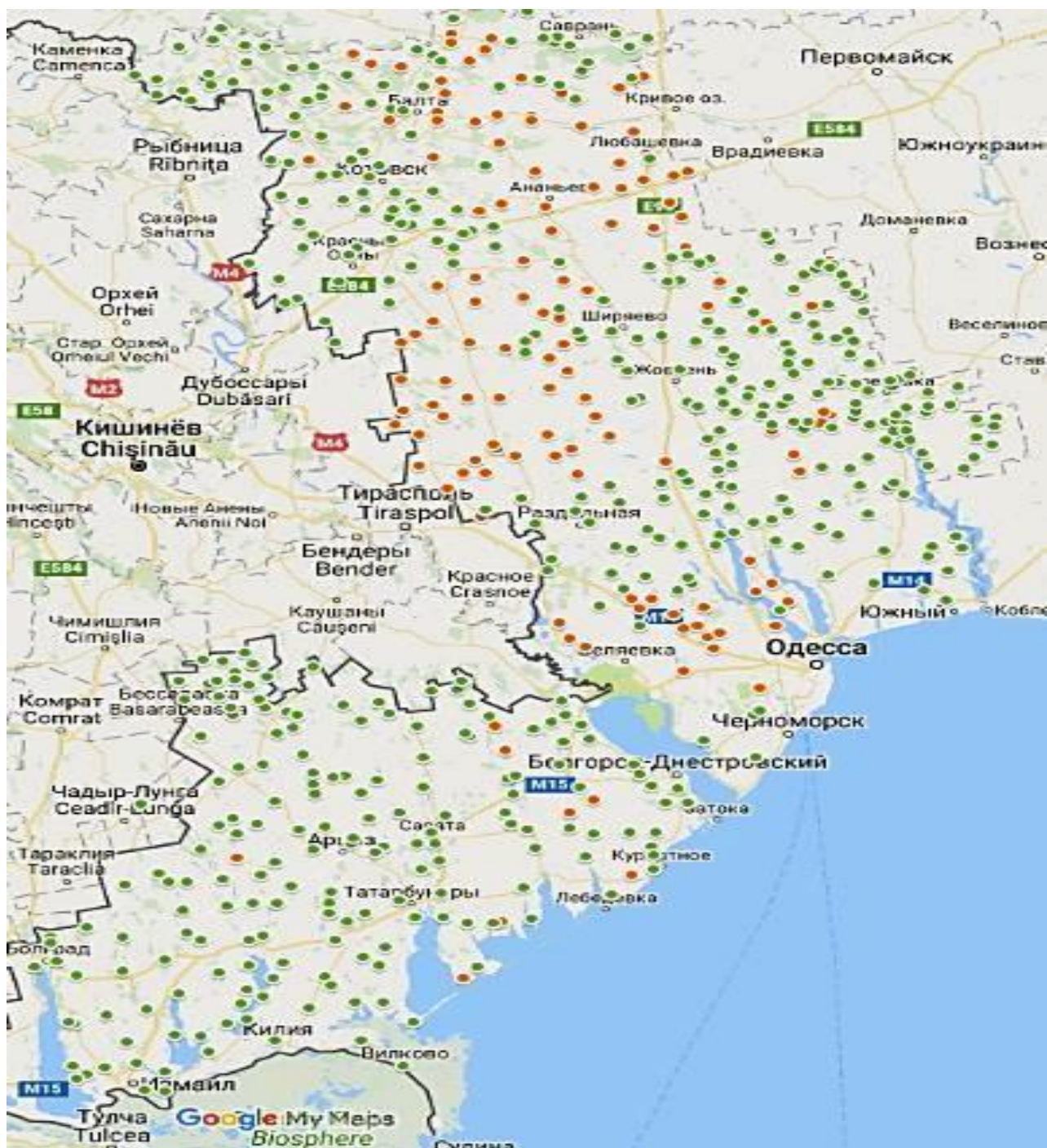


Рис. 3.1 – Звалища і полігони ТПВ на території Одеської області (Проект USAID «Муніципальна енергетична реформа в Україні», 2017)

Практично вся берегова смуга ПЗЧ, що складає протяжність понад 720 км, активно використовується в рекреаційних цілях і особливо в теплий період року. Лише в Одеської області 207 км є придатними та вибірково придатними зонами для рекреації при загальній довжині берега у 394 км.

Враховуючи норми рекреаційного навантаження на приморські природні комплекси (300–500 осіб/км²) та велику кількість неорганізованих рекреантів у теплий період року, неважко уявити їх роль у формуванні пляжного сміття (у т. ч. ВПМ). Крім того, береговими джерелами надходження сміття можуть бути населені пункти, морегосподарські комплекси та сільськогосподарські угіддя, що розташовані вздовж прибережної смуги. В деяких міських промислово-міських агломераціях (наприклад, в Одеській) ВПМ потрапляють в морський басейн під час зливів.

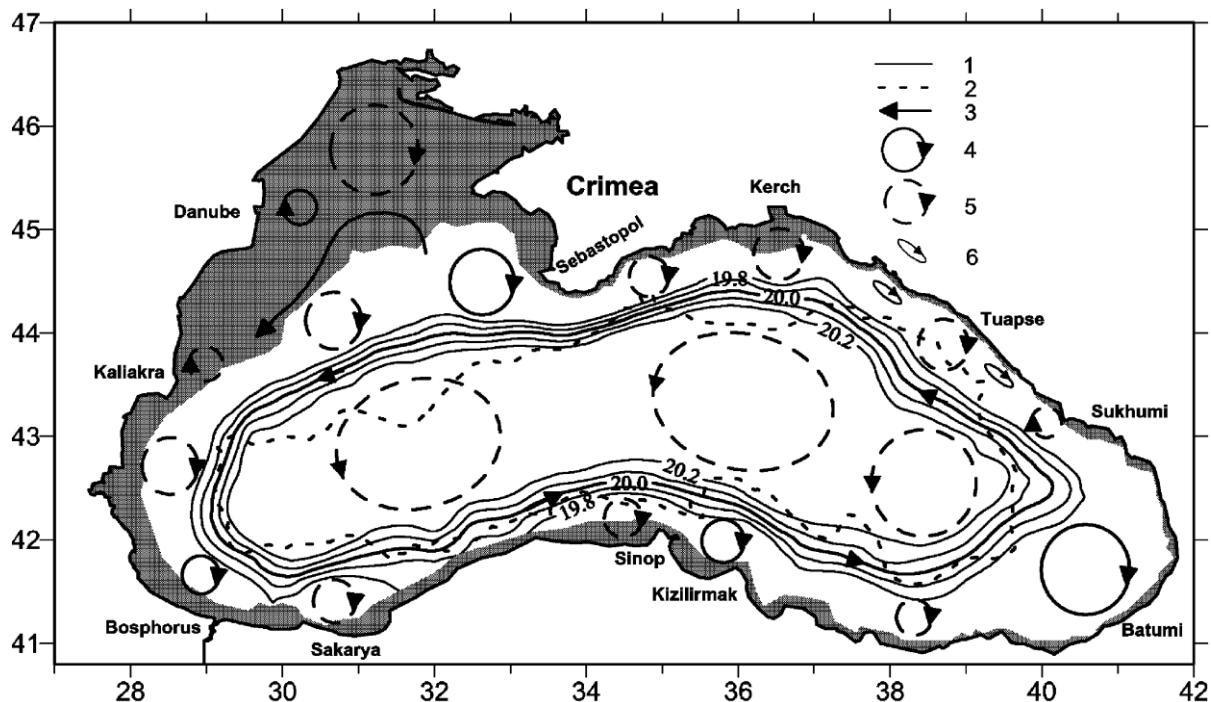
Решта ВПМ утворюється у межах самої акваторії (судноплавство, рибальство, днопоглиблювальні роботи, дампінг тощо).

На рис. 3.2 наведена схема поверхневих течій Чорного моря. Оскільки північно-західна частина моря належить до мілководного шельфу, а постійний водообмін з основною глибоководною частиною моря є досить інтенсивним, то це зумовлює вільне перенесення течіями ВПМ в обидві частини [32]. Потрапляючи в північно-західну частину Чорного моря, ВПМ втягується в загальну циркуляцію, що активує їх переміщення по поверхні моря. У літній (маловітряний) період року, концентрації ВПМ формуються за рахунок квазістаціонарних топографічних і нестаціонарних вихорів в центрі і на західній периферії шельфу. У зимовий період активізації північних вітрів, відбувається винос ВПМ уздовж узбережжя Румунії та Болгарії Румелійською течією, а потім частина ВПМ Верхньобосфорською течією виноситься в Мармурове море, решта потрапляє в Анатолійську течію та переміщаються уздовж берегів Туреччини. При цьому деяка частина ВПМ втягується в вергенцію центральної частини моря, а їх частина, обігнувши все море проти часової стрілки, повертає ВПМ в північно-західну частину біфуркаційною гілкою основної Чорноморської течії.

Значна енергія витрачається на формування вдовж берегових вихорів, їх модифікацію та переміщення на східну область центральної чорноморської вергенції, що сприяє акумулюванню там певної кількості ВПМ. Можливо, що

цим зумовлена більша середня концентрація морського сміття (у т. ч. ВПМ в її складі) в східній частині Чорного моря [33].

На рис. 3.3 наведена схема найбільш частих проявів антициклональних вихорів та траєкторій їх переміщення.



- 1 – середньорічні значення кліматичної солоності (psu) на глибині 100 м;
 - 2 – середньорічні значення кліматичної солоності (psu) на глибині 1 000 м;
 - 3 – біфуркаційна гілка основної Чорноморської течії;
 - 4 – квазістаціонарні вихори;
 - 5 – нестаціонарні вихори;
 - 6 – нестаціонарні прибережні вихори;
- Ділянки з глибиною менше за 100 м заштриховані.

Рис. 3.2 – Схема генеральної циркуляції Чорного моря у поверхневому шарі (0-500 м) [32]

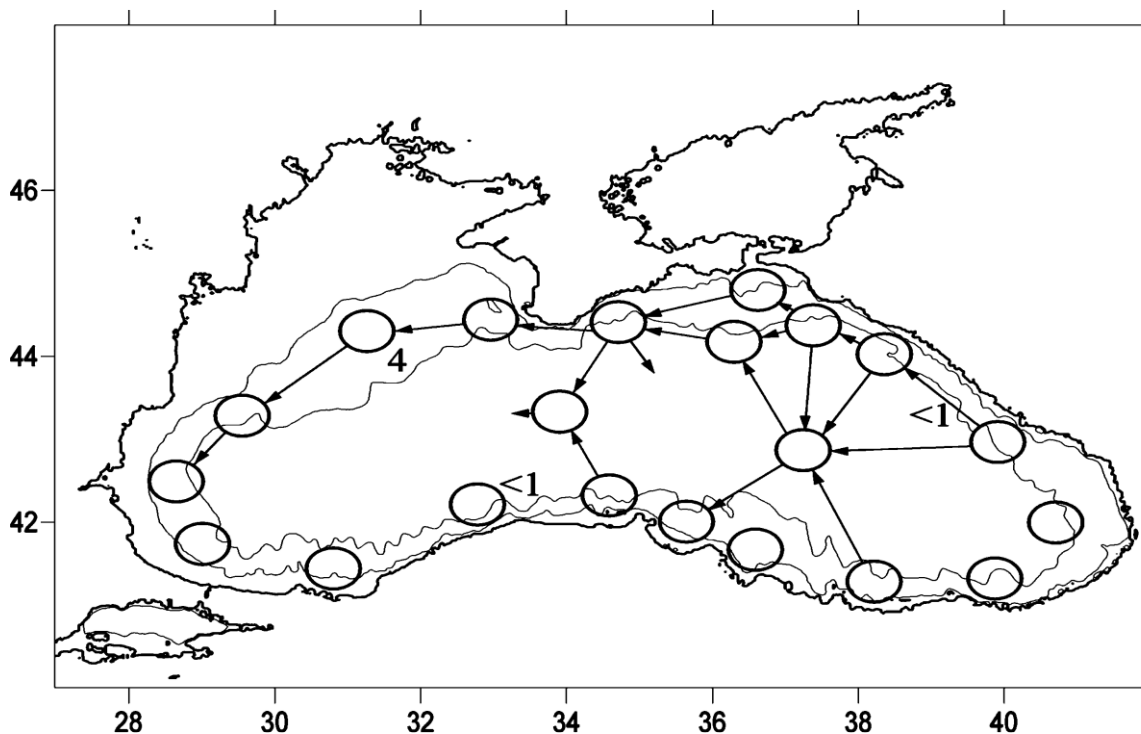


Рис. 3.3 – Схема найбільш частих проявів антициклональних вихорів в Чорному морі (круги) та траєкторій їх переміщення (стрілки); цифри – локальні значення безрозмірної ширини континентального схилу – ізобати 100 м і 1 500 м (Zatsepin A.G., Denisov E.S. et al., 2005)

Стосовно визначених значень швидкості морських течій, слід наголосити, що максимальна середня швидкість (0,63 м/с) зафіксована на заході від Босфорської протоки (липень 1972 р., глибина 25 м), а абсолютний максимум (1,41 м/с) зафіксований біля мису Каліакра (вересень 1976 р., глибина м). Середні кліматичні значення основної Чорноморської течії на поверхні моря коливаються від 0,1 до 0,2 м/с, що зумовлює тривалість переносу ВПМ при обміні і трансформації вихрових структур протягом місячних і більших інтервалів часу.

Отже, циркуляція ВПМ в морському басейні може відбуватися незмірно тривалий період, акумулюючи їх в стаціонарних вихрових структурах і на шельфі.

Дані щодо забруднення макро – та мікропластиком морських вод і донних відкладів різних частин Чорного моря наведені у колективній монографії [34].

Визначено поширення, морфологію та ідентифікацію мікропластику в донних відкладах Чорного моря на різних глибинах (22–2 131 м). Ідентифіковані поліетилен, поліпропілен, акрилонітрил, поліаміди та волокна на основі целюлози. Мікропластику було визначено у 83% досліджених проб осаду. Середня чисельність у всіх пробах становила 106,7 частинок на кг. Найбільше забруднення зафіксовано на північно-західному шельфі Чорного моря, де чисельність мікропластику була в 10 разів більша, ніж в глибоководних відкладах. Найбільш поширеними пластиковими полімерами були поліетилен і поліпропілен, а також акрилат і акрилонітрил. Також виявлено поліамідні та целюлозні текстильні волокна. Найбільш частими спостережуваними кольорами мікропластику були чорний, синій та прозорий/прозорий, тоді як волокна являли собою домінуючий мікропластик в осадах [35].

На турецькому (анатолійському) узбережжі Чорного моря вимірювалися кількості мікропластику (розміром 1–5 мм) і великого пластику (розміром > 5 мм) різного ступеня були виявлені на всіх пляжах, відібраних у досліджуваній зоні. Найбільш часто спостерігається фракція розміру великої пластмаси. Оскільки ефективне видалення частинок мікропластику ні з піску пляжів та донних відкладів у прибережних районах, ні з морської води неможливо, зменшення скидів пластику в морське середовище є єдиним способом зменшити їх кількість. Зменшити забруднення мікропластиком можуть сприяти очищення берегів, що проводяться час від часу, і підвищення екологічної свідомості рекреантів [36].

Високий внесок мікропластику, що скидається в західну частину Чорного моря, може бути результатом критичного рівня забруднення, пов'язаного з наявністю портів, населених пунктів та рекреаційно-туристичних комплексів на узбережжі, а також впливом річки Дунай – однієї з найбільш судноплавних водних шляхів всередині ЄС. Крім того, велика кількість частинок, ідентифікованих на пробних станціях, може бути пов'язана з поверхневими

течіями Західного Причорномор'я, описаними в минулому (В.І. Михайлов та ін., 2012) як рух з півночі на південь як водного об'єкта, так і плаваючих частинок. З поверхневих вод уздовж західного узбережжя Чорного моря були відібрані проби плаваючих частинок мікропластику з середньої концентрацією 9 частинок на 1 м³. Серед частинок мікропластику 74,6% ідентифіковано як волокна, пластівці становлять 13% і 10,85% – фрагменти. Згустки волокон, сфери та шматочки також присутні в невеликих кількостях. Через високий стік Дунаю в Чорне море було очевидно, що зразки, зібрані поблизу гирл Дунайських рукавів, можуть бути гарячою точкою для мікропластикових частинок [37].

Частинки макропластику можуть піддаватися тривалому переносу морськими течіями, вітрами і хвилями. Вони несуть пряму загрозу морським організмам і є «сировиною» для генерування мікропластику і нанопластику. Мікрочастинки пластику мають низьку щільність і багато видів морської фауни сприймають їх як джерело їжі. Оскільки пластик не розчиняється їх ферментативною системою, то саме по собі проковтування пластику становить загрозу для їх життя і може призвести до летального результату. Однак найбільше занепокоєння викликає той факт, що частинки мікропластику здатні адсорбувати важкі метали та інші токсичні поліутанти. Забруднений мікропластик потрапляє у трофічні ланцюги, накопичується в морських організмах, а потім через наявність у складі морепродуктів потрапляє до організму людини [26].

Частинки мікропластику, забруднюючі морське середовище, як правило, є волокнами або фрагментами, що містять матеріали з поліетилену або поліпропілену і, зазвичай, з'являються в результаті антропогенної діяльності. Факторами їх доступності для гідробіонтів є розмір, колір, щільність, морфологія та рухливість, а також вид, морфологія та фізіологія організмів. Сорбція, агрегація, проковтування, утримання, виведення з організму, повторне проковтування та вивільнення хімічних речовин є потенційними механізмами перенесення забруднюючих речовин (стійких органічних

поліютантів, поліциклічних ароматичних вуглеводнів тощо), а також гідрофобних органічних сполук та металів. Головним та безпосереднім фактором сорбції забруднюючих речовин мікропластиком є хімічна взаємодія. Чітка ступінь накопичення забруднюючих речовин у харчовій мережі через мікропластик як переносник все ще непереконлива [38]

Дослідження в рамках проекту ЄС-ПРООН «Посилення екологічного моніторингу Чорного моря» (EMBLAS-Plus) протягом 2017-2019 рр. встановлено [33]: 83% морського сміття становить ВПМ; кількість морського сміття у Чорному морі вдвічі більше, ніж у Середземному морі, оскільки річки, що впадають в Чорне море, мають гаразд більшу площу водозбірного басейну; кількість МП в придонних пробах є порівняно невисокою (1,45 частинок на м³); на глибинах понад 2 км в морських водах зафіксовані частинки мікропластику, з глибиною вміст мікропластику зменшується, але в донних відкладах також виявлені частинки мікропластику. За даними досліджень забрудненість турецької акваторії Чорного моря складає понад 1 млн. частинок на 1 м² поверхні моря. З урахуванням більш розвиненої гідрографічної мережі та більшої кількості можливих джерел знаходження ВПМ, в північно-західній частині Чорного моря рівень забрудненості ВПМ може бути ще більшим.

На території ПЗП щорічні обсяги утворення ВПМ можуть досягати приблизно 200 тис. т, зокрема в Одеській області 63 тис. т. Значна частина ВПМ (до 80%) із неорганізованих звалищ ТПВ та інших берегових джерел забруднення виноситься повітряними і водними потоками в акваторію північно-західної частини Чорного моря. За даними Департаменту систем життєзабезпечення та енергоефективності Одеської обласної державної адміністрації лише на території Одеської області налічується 628 звалищ («полігонів») ТМВ (у т. ч. 58 – перевантажених, 104 – не відповідають нормам санітарно-епідеміологічної і екологічної безпеки). Тому ВПМ прибережної зони ПЗП є основною складовою морського сміття. ВПМ можуть піддаватися тривалому переносу морськими течіями, вітрами і хвилями. Вони несуть

пряму загрозу морським організмам і є «сировиною» для генерування МП. Враховуючи, низький рівень охоплення роздільним збиранням ТПВ, можна вважати, що домінуюча частина ВПМ розміщується у спеціально відведених місцях, зокрема на сміттєзвалищах. Тому формування ефективної системи збирання, перевезення, переробки та утилізації ВПМ на території областей ПЗП актуально з екологічних і соціально-економічних позицій. Система управління з ВПМ повинна базуватися на таких принципах: відмовлення від використання пластикових виробів, які не здатні до біорозпаду; скорочення обсягів використання пластикових виробів; вторинне використання пластикових виробів; переробка використаних пластикових виробів. Переробка незабруднених ВПМ дозволяє отримати високоякісний пластик, а переробка забруднених ВПМ – пластик низької якості, який можна використати при виробництві будівельних і текстильних матеріалів тощо. Переробка ВПМ вважається економічно недоцільним, але сприяє переходу підприємств до замкнених циклів.

При підготовці цього розділу були використані матеріали певних опублікованих робіт [39, 40], співавтором яких є автор даної магістерської роботи.

4 ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СПОСОБІВ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ ПЛАСТИКОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Нами були досліджені такі основні способи поводження з ВПМ: захоронення на звалищах (полігонах), вторинна переробка. Кожен зі способів має екологічні та економічні характеристики, які потрібно враховувати при виборі кращого способу поводження з відходами. У цьому розділі наводяться можлива кількісна оцінка збитків або прибутків в результаті застосування одного зі способів.

Збитки від складування ВПМ на звалищах (полігонах). Протягом 2019 р. на звалища («полігони») видалено біля 160 тис. т ВПМ. Суми податку, який справляється за розміщення відходів (P_{pv}), обчислюються платниками самостійно щокварталу виходячи з фактичних обсягів розміщення відходів, ставок податку та коригуючих коефіцієнтів за формулою:

$$(4.1) \quad P_{pv} = \sum_{i=1}^n (H_{ni} \times M_{li} \times K_T \times K_o),$$

де H_{ni} – ставки податку в поточному році за тону i -того виду відходів у гривнях з копійками (3 грн./т);

M_{li} – обсяг відходів i -того виду (т);

K_T – коригуючий коефіцієнт, який враховує розташування місця розміщення відходів (дорівнює 1);

K_o – коригуючий коефіцієнт, що дорівнює 3, і застосовується у разі розміщення відходів на звалищах, які не забезпечують повного виключення забруднення атмосферного повітря або водних об'єктів [41].

Можливі збитки за розміщення ВПМ протягом 2019 р. складають 1 440 тис. грн.

При захороненні відходів ВПМ наряду з виведенням значних територій з господарського обороту, забрудненням складових довкілля, має місце і

економічний збиток, який сплачується за розміщення відходів.

Прибутки при переробці ВПМ. Переробка передбачає використання ВПМ як основної чи допоміжної сировини для випуску нової продукції, тобто як вторинних матеріальних ресурсів.

У таблиці 4.1 наведені ціни на різні види ВПМ, а також на первинну і вторинну сировину.

Таблиця 4.1 – Порівняння цін на первинний і вторинний ресурс

Тип сировини	Середній діапазон цін	Порівняння цін
Поліетилен		
Відходи	3-5 грн./кг	Вихідна ціна
Вторинна сировина	6-10 грн./кг	У 2 рази вище за вихідної
Первинна сировина	12-15 грн./кг	У 3 рази вище за вихідну
Поліетилентерефталат		
Відходи	2-4 грн./кг	Вихідна ціна
Вторинна сировина	4-6 грн./кг	У 2 рази вище за вихідну
Первинна сировина	14-15 грн./кг	У 3-4 рази вище за вихідну
Полівінілхлорид		
Відходи	3-7 грн./кг	Вихідна ціна
Вторинна сировина	6-10 грн./кг	У 2 рази вище за вихідну
Первинна сировина	15-19 грн./кг	У 3-4 рази вище за вихідну
Полістирол		
Відходи	3-6 грн./кг	Вихідна ціна
Вторинна сировина	6-9 грн./кг	У 1,5-2 раз вище за вихідну
Первинна сировина	13-15 грн./кг	У 2-3 рази вище за вихідну
Поліпропілен		
Відходи	2-6 грн./кг	Вихідна ціна
Вторинна сировина	5-8 грн./кг	У 1,5-2 рази вище за вихідну
Первинна сировина	10-15 грн./кг	У 2-3 рази вище за вихідну

Нагадаємо, що усереднений морфологічний склад ВПМ України представлений таким чином: поліетилен – 31%; поліетилентерефталат – 20%; полівінілхлорид – 14%; поліпропілен – 10%; полістирол – 4%; інші полімерні відходи – 21%. Відповідно у складі ВПМ, які біли спрямовані на звалища («полігони») було: поліетилену – 49,6 тис. т; поліетилентерефталату – 32 тис. т; полівінілхлориду – 22,4 тис. т; поліпропілену – 16,0 тис. т; полістиролу – 6,4 тис. т; інших полімерних відходів – 33,6 тис. т.

Максимально можливий прибуток від продажу вторинної сировини, одержаної з ВМП, що були зібрані 2019 р. (за умови, що при переробці 1 кг відходів одержується 0,8 кг вторинної сировини) складає: поліетилен – 496 тис. грн.; поліетилентерефталат – 192 тис. грн.; полівінілхлорид – 224 тис. грн.; поліпропілен – 128 тис. грн.; полістирол – 51,2 тис. грн.; інші полімерні відходи – 336 тис. грн.; всього – 1 427,2 тис. грн.

З іншого боку, обумовити попит на переробку ВПМ може економія при придбанні компаніями вторинної сировини, одержаної з полімерних відходів замість покупки первинної сировини, дорожчої у 2-3 рази. У даному випадку розмір економії за рахунок вторинної сировини складає 1 235,6 тис. грн.

Таким чином, при розміщенні ВПМ на звалищах (полігонах) збитки довіллю складають 1 440 тис. грн., а прибутки при вторинної переробці ВПМ –1 427,2 тис. грн.

Продаж ВПМ для подальшої утилізації іншим підприємством – це найефективніший з усіх методів поводження з ними. Представляється доцільним організацію ліній з переробки ВПМ у вторинну сировину на території підприємств, де вони безпосередньо утворилися, що дозволило б зменшити витрати на процес їх переробки, транспорт та покупку.

ВИСНОВКИ

В результаті проведених досліджень можна зробити такі висновки:

1) майже 80% ВПМ не здатна до біодеградації, а їх спалювання є екологічно небезпечним процесом, а тому мінімізація утворення і переробка ВПМ є найбільш ефективними способами поводження з ними;

2) оскільки наявні підприємства з переробки ВПМ в Україні недовантажені і працюють частково на імпортній сировині, то проблема вилучення і переробки ВПМ із потоку ТПВ України є вкрай актуальною задачею;

3) на території Одеської, Миколаївської і Херсонської областей щорічні обсяги утворення ВПМ можуть досягати приблизно 200 тис. т, що можна порівняти з виробничою потужністю діючих підприємств по переробці ВПМ в Україні;

4) значна частина ВПМ (до 80%) із неорганізованих звалищ ТПВ та інших берегових джерел забруднення виноситься повітряними і водними потоками в акваторію північно-західної частини Чорного моря;

5) ВПМ прибережної зони ПЗП є основною складовою морського сміття (на них припадає 83% морського сміття, виявленого в Чорному морі); ВПМ (макропластик) можуть піддаватися тривалому переносу морськими течіями, вітрами та хвилями і являти собою пряму загрозу морської екосистеми; напрями переміщення ВПМ в морському басейні зумовлені процесами загальної циркуляції у поверхневому шарі Чорного моря;

6) процес біодеградації ВПМ (макропластика) утруднений в умовах морського середовища, а тому їх трансформація обмежується процесами деструкції і диспергуванням до мікро- і наночастинок (ураховуючи екологічну небезпечність мікропластику, доцільно створити систему спостережень за його вмістом в морському середовищі);

7) розміщення та спалювання ВПМ являються неефективними методами поводження з відходами в Україні, які призводять до значного навантаження

на оточуюче середовище та супроводжуються економічними збитками за розміщення відходів та викиди продуктів їх спалювання, а тому мінімізація утворення і переробка ВПМ є найбільш ефективними способами поводження з ними (попит на переробку ВПМ може економія при придбанні компаніями вторинної сировини, одержаної з полімерних відходів замість покупки первинної сировини, дорожчої у 2-3 рази);

8) доцільним є розглядання відходів пластичних мас як вторинного матеріалу для одержання вторинної сировини; перевагами використання цього методу є економія паливно-енергетичних ресурсів і природної сировини; зниження рівня забруднення довкілля відходами споживання і виробництва; створення нових робочих місць; отримання прибутку переробниками та економія для покупців вторинної сировини, одержаної з відходів.

9) для поліпшення екологічної ситуації в прибережній зоні ПЗП необхідно істотно збільшити обсяги ВПМ, що утилізуються, а також ліквідувати звалища ТПВ, які не відповідають вимогам екологічної безпеки;

10) організація ефективної системи поводження з пластиковими відходами сприятиме поліпшенню екологічних і соціально-економічних умов на території регіонів ПЗП.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Лозинская О. Под прессом пластмассы: за 65 лет в мире произвели более 8 млрд. тонн неразлагаемых материалов. URL : <https://russian.rt.com/nopolitics/article/410795-plastmassa-za-65-let> (дата звернення: 19.02.2022).
2. Герасимчук В.Г. Стратегія використання пластику у циркулярній економіці: розвиток бізнесу, скорочення відходів. *Економічний вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»*. 2019. №16. С.31–41.
3. Сметанин В.И. Защита окружающей среды от отходов производства и потребления: учебник. М.: Колос, 2000. 232 с.
4. Report from the Commission to the European Parliament and the Council on the impact of the use of oxo-degradable plastic, including oxo-degradable plastic carrier bags, on the environment. <https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/oxo-plastics.pdf> (Accessed: 19.02.2022).
5. Проект Закону про обмеження обігу пластикових пакетів на території України. URL: http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=66892 (дата звернення: 19.02.2022).
6. Тверді побутові відходи в Україні: потенціал розвитку. Сценарії розвитку галузі поводження з твердими побутовими відходами. Підсум. звіт Міжн. фінансової корпор. (IFC, Група Світового банку). Київ, 2015. 110 с. URL: https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/region__ext_content/ifc_external_corporate_site/europe+and+central+asia/resources/2015ukrmunicipalsolidwastedevelopmentpotential (дата звернення: 19.02.2022).
7. Семко П.П. Реалії співробітництва бізнесу та органів місцевого самоврядування в галузі поводження з твердими побутовими відходами в Україні та напрями покращення ситуації URL :

<http://greenchamber.org.ua/files/files/2019/TBO/BUSINESS%20REALITIES.pdf>
(дата звернення: 19.02.2022).

8. Бабаева В.Н. Полимерные отходы в коммунальном хозяйстве города: учебное пособие. Харьков: ХНАГХ, 2004. 375 с.
9. Тарасюк В.Т. Актуальность и перспективы применения биополимеров в пищевой промышленности. *Тара и упаковка. Консервная промышленность сегодня: технологии, маркетинг*. 2011. № 3. С. 111–120.
10. Биопакеты, биоразлагаемые пакеты, экологичные пакеты. *Оптимальная упаковка. Биопакеты*. 2010. №1. С.34–41.
11. Ермалович О. А., Макаревич А. В., Гончарові Б. П., Власова Г. М. Методы оценки биоразлагаемости полимерных материалов. *Биотехнология*. 2005. № 4. С. 47–52.
12. Легонькова О., Кудрякова Г. Сможет ли биотехнология помочь окружающей среде? *Тара и упаковка*. 2010. № 4. С. 18–25.
13. Перепелкин К. Е. Полимерные материалы будущего на основе возобновляемых растительных ресурсов и биотехнологий: волокна, пленки, пластики. *Технический текстиль*. 2010. №18. С. 33–41.
14. Гусева Л. Р. Биоразлагаемые полимерные упаковочные материалы. *Новые технологии переработки пластмасс*. 2007. №1. С. 45–52.
15. Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року (схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 8 листопада 2017 р. N 820). URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-p> (дата звернення: 31.10.2020 р.).
16. Матвеев Ю.Б., Гелетуха Г.Г. Перспективы энергетической утилизации твердых бытовых отходов в Украине. Аналитическая записка Биоэнергетической ассоциации Украины. № 22. К., 2019. 48 с.
17. Твердые бытовые отходы в Украине: потенциал развития. Сценарии развития галузі поводження з твердыми побутовими відходами. Підсумковий звіт Міжнародної фінансової корпорації (IFC, Група Світового банку). Київ, 2015.

- 110 с. URL:
https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/region__ext_content/ifc_external_corporate_site/europe+and+central+asia/resources/2015ukrmunicipalsolidwastedevelopmentpotential (дата звернення: 31.10.2020 р.).
18. Стан сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2019 рік. URL :
<https://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/zhkh/terretory/stan-sfery-povodzhennya-z-robotovymy-/> (дата звернення: 19.02.2022).
19. Сафранов Т.А., Ільїна В.Г., Колісник А.В. Можливості переробки відходів пластикових матеріалів в регіонах Північно-Західного Причорномор'я. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайло Остроградського*. 2020. Вип. 5. № 24. С. 31–36.
20. Сафранов Т.А. Особливості забруднення відходами пластикових матеріалів довкілля Одеської області//Зб. мат. II Міжнар. науково-практ. конф. «Екологія. Довкілля. Енергозбереження» (Полтава, НУ «Полтавська політехніка», 2-3 грудня 2021). Полтава: НУПП, ПП «Астра», 2021. С. 272–275.
21. Методичні рекомендації з розроблення регіональних планів управління відходами (затверджено Наказом Міністерства екології природних ресурсів України 12.04.2019 №142).URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0142737-19#Text> (дата звернення: 19.02.2022).
22. Сафранов Т.А. Можливості рециклінгу відходів поліетилентерефталату в Одеській області. // Екологічна безпека – сучасні напрямки та перспективи вищої освіти: збірка тез доповідей I Міжнародної інтернет-конф. (м. Харків, 25 лютого 2021 року). Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2021. С.117–118.
23. Сафранов Т.А. Особливості поводження зі специфічними медичними відходами під час епідемії COVID-19 в Україні. // Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування : освіта – наука – виробництво – 2021». Тези XXIV Міжнародної науково-практичної онлайн конференції (29-30 квітня 2021 року, м. Харків). ХНУ, 2021. С. 144–146.

24. Marine plastic debris and microplastics – Global lessons and research to inspire action and guide policy change (2016). United Nations Environment Programme, Nairobi. file:///C:/Users/User/Downloads/MPDMP_RU.pdf (Accessed: 20.02.2022).
25. Report from the Commission to the European Parliament and the Council on the impact of the use of oxo-degradable plastic, including oxo-degradable plastic carrier bags, on the environment. URL : <https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/oxo-plastics.pdf> (Accessed: 20.02.2022).
26. Зобков М.Б, Есюкова Е.Е.. Микропластик в морской среде: обзор методов отбора, подготовки и анализа проб воды, донных отложений и береговых наносов. *Океанология*, 2018, том 58, № 1. С. 149
27. Пластик, ВПЭС, и здоровье руководство по химическим веществам, поражающим эндокринную систему, и пластмассам для общественных организаций и политических руководителей URL : https://ipen.org/sites/default/files/documents/edc_guide_2020_v1_6c-ru.pdf (дата звернения: 20.02.2022).
28. Wei Zhong, Shengnan Li (2020). Microplastic pollution control strategy. AEECE 2020 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/546/3/032046/pdf> (Accessed: 20.02.2022).
29. Обзор существующих стратегий, законодательства и исследований в области микропластика. Резюме для руководителей профильных органов власти. URL: https://www.swedenwaterresearch.se/wp-content/uploads/2021/01/RUS_Review-of-existing-policies-and-research-related-to-microplastics.pdf (дата звернения: 20.02.2022).
30. Пластиковый мусор и микропластик в Мировом океане. Глобальное предостережение и исследование, призыв к действиям и руководство по изменению направления политики. 2016, Найроби / UNEP (2016). URL: file:///C:/Users/%D0%A2%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%BB%D0%B0%D0%BD/Downloads/MPDMP_RU.pdf (дата звернения: 20.02.2022).

31. Elena Stoica¹, Hakan Atabay, Levent Bat, Andreea Ciuca¹ et al.(2020). Marine litter occurrence in the river-influenced Black Sea coast //Marine litter in the Black Sea. Editors Ülgen Aytan Maria Pogojeva Anna Simeonova Publication No: 56 Istanbul, 2020. PP. 29–62.
32. The Black Sea Environment . The handbook of environmental. Chemistry5·Q// Editors: A. G. Kostianoy, A. N. Kosarev Springer Series in Advanced Manufacturing ISSN 1433-6863 Library of Congress Control Number: 2007933692 c . Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008.
- 33.National Pilot Monitoring Studies and Joint Open Sea Surveys in Georgia, Russian Federation and Ukraine (2017). Draft Final Scientific Report. URL: http://emblasproject.org/wpcontent/uploads/2019/07/EMBLASII_NPMS_JOSS_2017_ScReport_FinDraft2.pdf (Accessed: 17.10.2020).
- 34.Marine litter in the Black Sea. Editors Ülgen Aytan Maria Pogojeva Anna Simeonova Publication No: 56 Istanbul, 2020. 361 p.
- 35.Costanza Scopetani, David Chelazzi, Maria Pogojeva, Jaroslav Slobodnik (2021). Microplastics in the Black Sea sediments. Science of The Total Environment/ Vol. 760, 15 March 2021.<https://www.sciencedirect.com/journal/science-of-the-total-environment>.
36. Pelin Doğruyol, Nilgün Balkaya (2019). Microplastic pollution in the Black Sea Coast of the Anatolian side of Istanbul, Turkey Müge Şener, Desalination and Water Treatment. www.deswater.com doi: 10.5004/dwt.2019.25111 172. PP. 351–358.
37. Pojar Iulian, Stock, Friederike (2019). Microplastics in surface waters from the northwestern Black Sea. An abundance and composition approach<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2019EGUGA..21.8357P/abstract> (Accessed: 17.10.2020).
38. Tan Suet May Amelia, Wan Mohd Afiq Wan Mohd Khalik, Meng Chuan Ong et al. (2021). Marine microplastics as vectors of major ocean pollutants and its hazards to the marine ecosystem and humans. Progress in Earth and Planetary Science. Vol. 8. PP. 121–132.

39. Сафранов Т.А., Берлінський М.А., Змієнко Д.М. Пластик твердих побутових відходів прибережної зони Північно-Західного Причорномор'я як складова морського сміття. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Екологія»*. 2020. Вип. 23.С. 57–66.
40. Сафранов Т.А., Ільїна В.Г., Змієнко Д.М. Проблема засмічення пластиком прибережної зони Північно-Західного Причорномор'я //Зб. матеріалів Міжн. науково-практ. конф. за участю мол. науковців «Галузеві проблеми екологічної безпеки – 2021» (27 жовтня 2021, Харків, ХНАДУ). Харків: Видавництво «Стильна типографія», 2021. С. 161–164.
41. Демидов П.Г., Шандыба В.А., Щеглов П.П. Горение и свойства горючих веществ. М.: «Химия», 1981. С. 20–31.

Публікацій за темою кваліфікаційної роботи магістра

1. Гарабажій Т.А., Змієнко Д.М. Проблема відходів пластику в світовому океані. // Матеріали IV-го всеукр. пленера з питань природничих наук (19 червня 2020, м. Одеса, Україна). Одеса, ОДЕКУ, 2020. С. 32–35.
2. Сафранов Т.А., Берлінський М.А., Змієнко Д.М. Пластик твердих побутових відходів прибережної зони Північно-Західного Причорномор'я як складова морського сміття. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Екологія»*. 2020. Вип. 23.С. 57–66.
3. Сафранов Т.А., Змієнко Д.М. Пластик в потоці твердих побутових відходів Прибережної зони Північно-Західного Причорномор'я як можливе джерело морського сміття. // 3-я Міжн. наук.-практ. конф. «Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку» : зб. матеріалів (22-23 жовтня 2020, м. Херсон, Україна). Херсон : «ОЛДІ-ПЛЮС», 2020. С. 559–562.
4. Сафранов Т.А., Змієнко Д.М. Відходи пластикових матеріалів в прибережній зоні Північно-західного Причорномор'я: масштаби генерації і можливості

- утилізації. // Матеріали І-ї Міжн. науково-практ. інтернет-конф. студ. та мол. науковців (09-11 листопада 2020, м. Харків, Україна) – Харків : ХНУМГ, 2020. С. 170–172.
5. *Змієнко Д.М.*, Сафранов Т.А. Проблема забезпечення екологічно безпечного поводження з відходами пластикових матеріалів. // Всеукр. науково-практ. конф. здобувачів вищої освіти і мол. вчених «Сталий розвиток країни в рамках Європейської інтеграції» (12 листопада 2020, м. Житомир, Україна) – Житомир : ДУ «Житомирська політехніка», 2020. С. 36–37.
6. *Змієнко Д.М.*, Сафранов Т.А. Пластик твердих побутових відходів Північно-Західного Причорномор'я як складова морського сміття. // Матеріали науково-практичної конференції Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт зі спеціальності «Екологія» (17-19 березня 2021). – Полтава: НУ «Полтавська політехніка ім. Ю. Кондратюка», 2021. С. 27.
7. *Змієнко Д.М.*, Генова А. В., Еколого-економічне обґрунтування переробки відходів пластикових матеріалів в регіонах Північно-Західного Причорномор'я. // Матеріали Всеукраїнського конкурс студентських наукових робіт з галузей знань та спеціальностей зі спеціалізації «Економіка природокористування та охорони навколишнього середовища» (24 квітня 2021). Кременчук; Кременчуцький національний університет ім. М. Остроградського, 2021. URL: <http://econ.kdu.edu.ua/uk/content/vidbulasya-ridsumkova-naukovo-praktychna-konferenciya-ii-turu-vseukrayinskogo-konkursu> (дата звернення 11.02.2022).
8. Сафранов Т.А., *Змієнко Д.М.* Негативні наслідки забруднення довкілля мікро-і нанопластиком. // Матеріали ХХ наук. конф. мол. вчених ОДЕКУ (26-30 квітня. Одеса: ОДЕКУ). 2021. С. 83 – 86
9. Сафранов Т.А., Ільїна В.Г., *Змієнко Д.М.* Проблема засмічення пластиком прибережної зони північно-західного Причорномор'я. // Зб. матеріалів Міжн. науково-практ. конф. за участю мол. науковців «Галузеві проблеми екологічної безпеки – 2021» (27 жовтня 2021, Харків, ХНАДУ). Харків: Видавництво «Стильна типографія», 2021. С. 161–164.

10. Змієнко Д.М. Особливості забруднення відходами пластикових матеріалів прибережної зони Північно-Західного Причорномор'я // Матеріали ХХ наук. конф. мол. вчених ОДЕКУ (Одеса, ОДЕКУ, 23 травня 2022 р.).