

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра екології та природозахисних технологій

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Леонід ПЛЯЦУК
(підпис)

_____ 20__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня бакалавр
зі спеціальності 101 «Екологія» освітньо-професійної програми «Екологія та
охорона навколишнього середовища»
на тему:

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА МЕТОДИ БОРОТЬБИ ІЗ
ЗАБРУДНЕННЯМИ ДОВКІЛЛЯ ВНАСЛІДОК УТВОРЕННЯ
МІКРОПЛАСТИКУ

Здобувачки групи ОС-01 Широкої Наїни Дмитрівни

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело.

_____ Наїна ШИРОКА
(підпис)

Керівник – доцент кафедри екології
та природозахисних технологій,
кандидат технічних наук,
доцент

_____ Інна ТРУНОВА
(підпис)

Суми – 2024

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра екології та природоохоронних технологій
Спеціальність 101 «Екологія»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою _____

“ ___ ” _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Студентці _____ Широкий Наїні Дмитрівни

Група ОС-01

1. Тема кваліфікаційної роботи: Екологічна безпека та методи боротьби із забрудненням довкілля внаслідок утворення мікропластику.
2. Вихідні дані: дані із відкритих українських та іноземних джерел, що стосуються теми боротьби з негативним впливом мікропластику на довкілля.
3. Перелік обов'язкового графічного матеріалу: презентація.
4. Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

№	Етапи і розділи проектування	ТИЖНІ					
		1	2	3	4	5	6
1	Літературний огляд	+					
2	Аналіз проблеми		+	+			
3	Оброблення результатів				+		
4	Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях					+	
5	Оформлення роботи						+

Дата видачі завдання – «03» березня 2024 року

Керівник - доцент кафедри екології та природоохоронних технологій, кандидат технічних наук, доцент, Трунова І.О

АНОТАЦІЯ

Структура та обсяг випускної кваліфікаційної роботи бакалавра. Робота складається із вступу, 6 розділів, висновків, переліку джерел посилання, який містить 27 найменувань. Загальний обсяг бакалаврської роботи становить 63 сторінки, у тому числі 1 таблиця, 7 рисунків, перелік джерел посилання 3 сторінках.

Мета роботи – є дослідження екологічної безпеки та методів боротьби із забрудненням довкілля внаслідок утворення мікропластику.

Для досягнення зазначеної мети було поставлено та виконано такі завдання:

- Проаналізувати проблему забруднення довкілля мікропластиком;
- Дослідити вплив мікропластику на екосистеми та людське здоров'я;
- Вивчити методи боротьби із забрудненням довкілля мікропластиком;
- Розробити рекомендації щодо запобігання забрудненню довкілля мікропластиком.

Об'єкт дослідження – є мікропластик, як екологічний фактор, що впливає на довкілля.

Предмет дослідження – є екологічні наслідки забруднення довкілля мікропластиком та методи боротьби з ним.

У кваліфікаційній роботі проаналізовано було проаналізовано низку джерел, що стосуються обраної теми. Були виконані поставлені задачі, серед яких запропоновано раціональні рішення задля зменшення пластикового забруднення планети.

Ключові слова: ЗАБРУДНЕННЯ, МІКРОПЛАСТИК, СЕРЕДОВИЩЕ ІСНУВАННЯ.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 ГЛОБАЛЬНЕ ЗАБРУДНЕННЯ ПЛАСТИКОМ І МІКРОПЛАСТИКОМ ПЛАНЕТИ	8
1.1 Масштаби та джерела пластику в світі	8
1.2 Наслідки пластикової «епідемії»	10
РОЗДІЛ 2 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ	14
РОЗДІЛ 3 ВПЛИВ МІКРОПЛАСТИКУ НА ДОВКІЛЛЯ ТА ЛЮДЕЙ	25
3.1 Вплив мікропластику на ґрунтове, водне та повітряне середовища та флору і фауну	25
3.2 Вплив мікропластику на людський організм	30
РОЗДІЛ 4 МЕТОДИ БОРОТЬБИ ІЗ ЗАБРУДНЕННЯМ В НАСЛІДОК УТВОРЕННЯ МІКРОПЛАСТИКУ	32
4.1 Методи переробки мікропластику та пластикових відходів	32
4.2 Альтернатива пластику та повна відмова від нього	36
РОЗДІЛ 5 ЗАКОНОДАВЧІ АСПЕКТИ ПРОТИДІЇ ЗАБРУДНЕННЮ ДОВКІЛЛЯ МІКРОПЛАСТИКОМ	43
5.1 Законодавчі вимоги по відношенню до поводження з мікропластиком в Україні	43
5.2 Вимоги до поводження з мікропластиком згідно Угоди про асоціацію з ЄС	47
РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	53
6.1 Техніка безпеки під час проведення дослідження та відбору проб	53

Підп. і дата						ОС 20510095		
Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
Інв.№опод.	Розроб.	Перев.	Н.Контр	Затв.	Широка	Трунова	Батальцев	Пляцук
						Екологічна безпека та методи боротьби із забрудненням в наслідок утворення мікропластику		Літ.
								Аркуш
								Аркушів
								4
								63
						СумДУ, ф-т ТеСЕТ гр. ОС-01		

6.2 Протипожежна безпека	55
ВИСНОВКИ	58
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	60

Інв.№лодл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ОС 20510095	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		5

ВСТУП

Забруднення довкілля мікропластиком є однією з найактуальніших проблем сучасності. Мікропластик - це частинки пластику розміром менше 5 міліметрів, які утворюються внаслідок розпаду більших пластикових виробів. Ці частинки можуть потрапляти в ґрунт, воду, повітря, а також в організми живих істот, завдаючи їм шкоди [1].

Вплив мікропластику на довкілля є багатограним і до кінця не вивченим. Дослідження показують, що мікропластик може призводити до загибелі тварин, які його ковтають, зниження родючості ґрунту, забруднення питної води, порушення роботи екосистем, зниження біорізноманіття та зміни клімату. Зростання кількості мікропластику в довкіллі робить проблему все більш актуальною.

Метою дипломної роботи є дослідження екологічної безпеки та методів боротьби із забрудненням довкілля внаслідок утворення мікропластику.

Об'єктом дослідження є мікропластик, як екологічний фактор, що впливає на довкілля.

Предметом дослідження є екологічні наслідки забруднення довкілля мікропластиком та методи боротьби з ним.

Задля проведення логічного та структурованого дослідження, нами розглянуті наступні задачі:

- Проаналізувати проблему забруднення довкілля мікропластиком;
- Дослідити вплив мікропластику на екосистеми та людське здоров'я;
- Вивчити методи боротьби із забрудненням довкілля мікропластиком;
- Розробити рекомендації щодо запобігання забрудненню довкілля мікропластиком.

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№покл.	

ОС 20510095

Арк

6

Вип Арк № докум. Підп. Дата

Наукова новизна дослідження полягає в комплексному підході до вивчення проблеми забруднення довкілля мікропластиком. В роботі будуть проаналізовані не лише екологічні аспекти цієї проблеми, але й її вплив на людське здоров'я. Також будуть розроблені практичні рекомендації щодо запобігання забрудненню довкілля мікропластиком.

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ОС 20510095	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		7

РОЗДІЛ 1 ГЛОБАЛЬНЕ ЗАБРУДНЕННЯ ПЛАСТИКОМ І МІКРОПЛАСТИКОМ ПЛАНЕТИ

1.1 Масштаби та джерела пластику в світі

Згідно з дослідженням американських вчених, частинки пластику, що потрапляють в повітря та під виглядом мікропластику «розповсюджується по всій земній кулі».

Дослідники кажуть, що забруднення людиною призвело до глобального циклу пластику, схожого на природні процеси, такі як цикл вуглецю, коли пластик рухається через атмосферу, океани та землю. Результатом є «пластифікація» планети, даний термін застосував один з вчених.

Аналіз називає забруднення пластиком однією з найактуальніших екологічних проблем 21 століття. На це вказує те, що мільярди тон пластику, які викидаються в океани та на сушу розбиваються на дрібні шматочки, і потрапляють у атмосфери і вітрами переносяться над морями, степами, лісами і людськими містами.



Рисунок 1.1 - Частинки мікропластику в атмосферному пилу (джерело: [Linkedin](#))

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

Вже відомо, що люди дихають, п'ють і їдять мікропластик, а інші дослідження показують, що рівень забруднення продовжить стрімко зростати. Вчені сказали, що це «викликає питання впливу накопичення пластику в атмосфері на здоров'я людини. Вдихання частинок може викликати подразнення дихальних шляхів та призвести до серйозних захворювань».

Професор Наталі Маховальд із Корнельського університету в США, яка перебуває в дослідницькій групі, сказала, що ми зараз бачимо, це накопичення нерационально використаного пластику, яке просто зростає. Деякі люди думають, що воно буде збільшуватися в десять разів (за десятиліття).

Вона сказала, що очищення океанічного пластику може допомогти зменшити його кількість, яка викидається в атмосферу і що більше біологічно розкладного пластику може стати частиною глобального рішення.

Дослідження, опубліковане в журналі Proceedings of the National Academy of Sciences, вивчало мікропластик, який переноситься повітрям, який був набагато менше вивчений, ніж пластик в океанах і річках. Команда мала понад 300 зразків мікропластику в повітрі з 11 місць на заході США, що є найкращим доступним набором даних у всьому світі. Це було основою для моделювання стану атмосфери, яке оцінювало внесок різних джерел у загальну картину забруднення і було першим подібним дослідженням.

Науковці виявили, що практично жоден мікропластик у повітрі не походить безпосередньо від побутового пластику, який викидають у містах і селищах, а є результатом руху по дорожньому покриттю автотранспорту та вітрів. Дослідники думали, що населені пункти будуть значним джерелом забруднення, проте це просто не підтвердилось і вчені продовжили пошук причини. Вони виявили, що дороги є домінуючим фактором серед інших забрудників у західній частині США, вони пов'язані із приблизно 85% мікропластику в місцевому повітрі. Сюди, ймовірно, входять частки з шин і гальмівних колодок транспортних засобів, а також пластик із подрібненого

Інв.№лодл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

						ОС 20510095	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			9

сміття. За оцінками, океани є джерелом близько 10% пластику в повітрі на заході США, а ґрунти – 5%.

Дослідники поширили свою роботу з моделювання глобального рівня і це свідчило про те, що в той час як дороги також є домінуючим джерелом повітряного пластику в Європі, Південній Америці та Австралії, частинки пластику, які вилітають із несанкціонованих сміттєзвалищ, можуть бути набагато більшим джерелом в Африці та Азії.

Моделювання показало, що мікропластик меншого розміру може залишатися в атмосфері близько тижня, достатньо довго, щоб рознести його через континенти. Це також показало, що забруднення пластиком досягає території Антарктиди. Вчені зазначили, що відсутність спостережень у багатьох частинах світу означає, що в їхніх оцінках є значні невизначеності. Їхня робота дає не цілу картину, а лише її частину, зокрема, відсутність даних про пластик у повітрі над океанами вже є недоліком даного дослідження.

Професор Андреас Штоль з факультету наук про Землю Віденського університету, який не входив до дослідницької групи, сказав, що таке поведження людей з пластиком протягом десятиліть називається «пластифікацією» земель та водних мас. Вчений зазначив, що людство має бути надзвичайно стурбовано проблемою мікропластику, адже внаслідок того ж атмосферного перенесення ми можемо бачити його в неочікуваних місцях, як то наприклад Арктика або не бажаних місцях – джерела питної води та поля [2].

1.2 Наслідки пластикової «епідемії»

Виробництво пластмас стабільно зростає, з річним приростом 8,4 %, що приблизно в 2,5 рази перевищує середньорічний обсяг світового валового внутрішнього продукту за період з 1950 до 2015 років. Якщо зростання та темпи виробництва пластмас залишаться на нинішньому рівні, до кінця 2050 року в світі буде вироблено 26 мільярдів тон полімерів та 6 мільярдів тон

Інв.№лодл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
------------	--------------	-------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ОС 20510095	Арк
						10

поліпропіленових і акрилових волокон. Згідно з прогнозами, з цієї кількості пластикових відходів 12 мільярдів тон ($\approx 37\%$) буде спалено, 9 мільярдів тон ($\approx 26\%$) перероблено, а 12 мільярдів тон ($\approx 37\%$) опиняться на звалищах або в навколишньому середовищі. Ці дані свідчать про глобальну пластикову кризу, за яку повинні нести юридичну і фінансову відповідальність провідні світові компанії DOW, Exxon Mobil, Imperial Oil (США), Sinopec (Китай), NOVA Chemicals (Канада) за зростання обсягів виробництва пластмас, їх накопичення та відсутність належної переробки продукції з меншою кількістю токсичних добавок.



Рисунок 1.2 – Масштаби збору пластикових відходів (джерело: [Sikorsky challenge](#))

У пластмасах використовується понад 140 хімічних речовин, які вважаються небезпечними для здоров'я людини, виконуючи функції антипіренів, пластифікаторів, розчинників, УФ-стабілізаторів та антимікробних добавок. Однак лише невелика частина цих хімічних сполук була детально досліджена на токсичність для живих організмів. Порівняльний аналіз споживчих товарів із пластмас, що охоплював вісім основних типів полімерів, проведений німецькими вченими. Більшість (74%) з 34 досліджених зразків пластмас містили небезпечні хімічні сполуки, що спричиняли гостру

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № доубл.	Підп. і дата

токсичність, окислювальний стрес і порушення роботи ендокринної системи. Загалом було виявлено 1411 хімічних сполук, включно з мономерами, добавками та несанкціонованими забруднювачами. Висока токсичність була виявлена у всіх «біопластиках», виготовлених з полілактичної кислоти. Таким чином, у межах глобальної пластикової кризи мікропластик виступає як ідеальна транспортна форма для масового поширення шкідливих речовин.

Фізичні особливості мікропластику та свідоме замовчування виробниками існуючих загроз не дозволяють ефективно вирішити проблему його масового поширення або хоча б ізоляції. Щороку близько 8 мільйонів тон пластикових відходів потрапляють в океани. Основна частина пластикових відходів накопичується в Атлантичному, Тихому та Індійському океанах, а також у коралових рифах Азіатсько-Тихоокеанського регіону. Пластик не тільки дрейфує на поверхні, утворюючи «сміттєві острови», але й осідає у вигляді мікропластику на дно океанських глибин. Понад 690 видів морських істот, від мікроскопічного зоопланктону до великих морських ссавців, споживають мікропластик. Він виявлений і у багатьох комерційно важливих видів.

Окрім товщі світового океану, центр міжнародного екологічного права (CIEL) встановив, що мікропластик, який покриває добрива, робить і так токсичні пестициди ще більш небезпечними при їх використанні в сільському господарстві. Така комбінація хімікатів негативно впливає на структуру ґрунтів, клімат, якість продуктів харчування та екосистеми загалом. Швидкість накопичення мікропластику в ґрунтах становить 50 кг/га на рік, що погіршує стан ґрунтових екосистем, зменшує різноманітність бактерій та інших мікроорганізмів, необхідних для здорового росту рослин. Важливо зазначити, що країни Європейської економічної зони щорічно вносять у ґрунти 36000 тон мікропластику через ядохімікати, що становить понад 65 % забруднення мікропластиком у цьому регіоні. Забруднення мікропластиком наземних ґрунтів у 4-23 рази перевищує рівень забруднення в морському середовищі. Агрохімікати, вкриті мікропластиком, становлять потенційну загрозу здоров'ю

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
--------------	--------------	---------------	--------------	--------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ОС 20510095	Арк
						12

фермерів, підвищуючи ризик нейротоксичності, раку та інших захворювань. Крім того, існує ризик потрапляння мікропластику в організм людини через споживання забрудненої сільськогосподарської продукції.

Не менш важливим було дослідити вміст мікропластику у зразках питної води. У дослідженні виявлено частинки мікропластику у всіх зразках питної води, а сучасні методи очищення видаляють лише 90 % мікропластику. Аналізовані зразки бутильованої води з різних країн і континентів також містили мікропластик. Крім того, частинки мікропластику були знайдені в рослинних оліях, океанічному планктоні, рибах та птахам. Оскільки продукти тваринного та рослинного походження є частиною харчових ланцюгів людини, логічно, що мікропластик виявлено і в організмі людини. Дослідження, проведені з продуктами виділення восьми осіб з різних континентів науковцями Віденського університету, підтвердили наявність мікропластику, переважно поліпропілену та поліетилентерефталату. Учасники досліджень представляли широку географію, що свідчить про глобальне поширення мікропластику в їжі та воді.

Традиційні фізико-хімічні методи дослідження рідин, такі як визначення рН, густини або показника заломлення, не можуть виявити мікро- або наночастинки пластику. Ці методи не дозволяють визначити дисперсність, розміри та розподіл частинок пластику в розчині. Для цього використовують метод динамічного лазерного світлорозсіювання (Dynamic Light Scattering, DLS), який є швидким та інформативним. Метод DLS оптично вимірює розмір частинок, коли лазерний промінь проходить через розчин і розсіюється рухомими частинками. Визначення характеру розсіювання променю дозволяє визначити розмір мікро- або наночастинок пластику. Також метод DLS ефективно визначає дзета-потенціал частинок, що є ключовим параметром, який характеризує стійкість колоїдних систем, включаючи ті, що містять мікропластик [3].

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата

Вип.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	ОС 20510095	Арк
						13

РОЗДІЛ 2

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ

Пластику можна класифікувати за різними ознаками, такими як походження, структура, молекулярні сили, механізм полімеризації, поведінка залежно від температури та методи консервації. Класифікація за походженням поділяє пластики на три підгрупи: натуральні, напівсинтетичні та синтетичні. Натуральні полімери відомі з доісторичних часів, це полімери такі як, наприклад, лігнін, хітин і крохмаль, які отримують з природних джерел, таких як бурштин і панцир черепахи, тому вони мають назву - натуральний пластик. Синтетичні полімери отримують з нафтопродуктів. Сюди відносять: силікон, поліетилен, полістирол і нейлон. Напівсинтетичні пластики – це сполуки, що були хімічно модифіковані природними полімерними матеріалами, до даної групи відносять пластики на основі целюлози.

Також є класифікація за структурою. Розділяють пластик на такі види: лінійна структура, розгалужена або зшита. Крім того, молекулярна класифікація може бути поділена на чотири форми: еластомери, волокна, термопласти та термореактивні пластики.

Залежно від фізико-хімічних властивостей до і після теплової обробки, пластики можна поділити на термопластичні та термореактивні. Термопласти можуть розплавлятися і набувати будь-якої форми при нагріванні та тверднути при охолодженні. Відповідно, термопласти можуть багаторазово деформуватися із типовою пластичністю. Термопласти складають 80% від загального споживання пластику. Термореактивні пластики безпосередньо руйнуються при постійному нагріванні, замість того, щоб деформуватися.

За сферою застосування пластики можна поділити на загальні, інженерні та функціональні. Загальний пластик має загальні властивості для широкого

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ОС 20510095				Арк
					Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

спектра застосувань. Технічний пластик має чудові комплексні властивості (тобто жорсткість, міцність і термостійкість). Тому інженерні пластики використовуються як конструкційні матеріали з метою заміни металу. Функціональний пластик має спеціальні властивості, такі як електропровідність, стійкість до радіації, корозії та магнітна проникність.

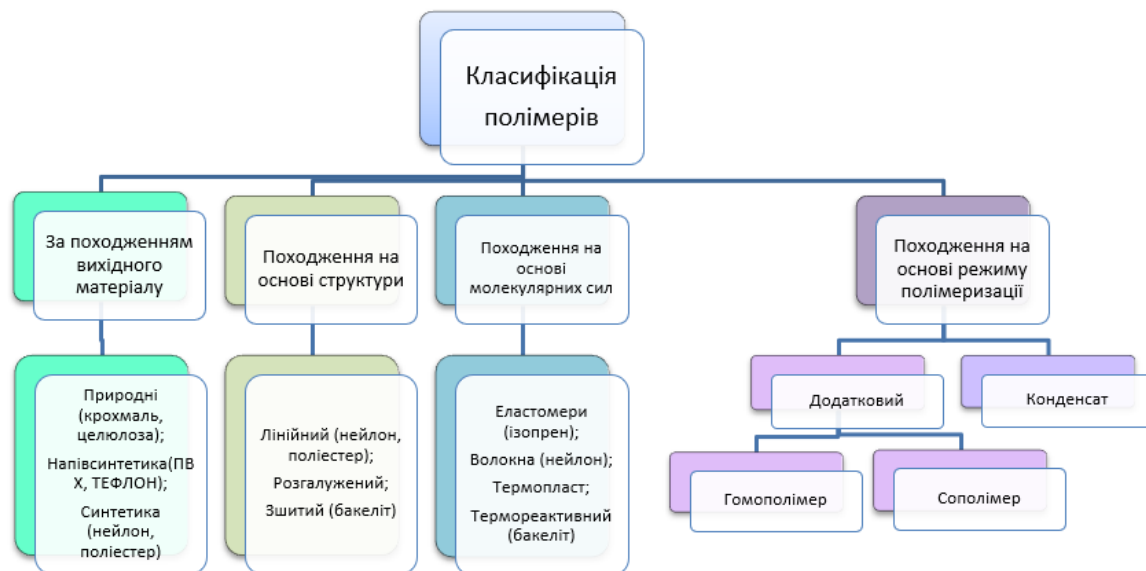


Рисунок 2.1 – Класифікація полімерів

За походженням матеріалу та характеристиками існує поділ на біорозкладні (їх можна ще поділити на чотири підгрупи) та небіорозкладані пластики. Головною відмінністю між не цими двома видами є їх здатність до розкладання в природі. Наприклад, біорозкладні пластики розкладаються природним чином, тоді як небіорозкладні пластики залишаються незмінними протягом тривалого часу.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата



Рисунок 2.2 – Фізико-хімічні властивості і їх застосування

Пластик можна також розділити за його життєвим циклом на одноразовий (головна причина високого рівня забруднення довкілля) та багаторазовий пластик.

Окремо від наведених вище традиційних класифікацій, Товариство індустрії пластмас (SPI) запровадило систему цифрового кодування для пластиків. У цій класифікації цифри від 1 до 7 призначені для різних типів пластику в такому порядку: «1» для поліетилентерефталату (PETE), «2» для поліетилену високої щільності (HDPE), «3» для полівінілхлориду (PVC), «4» для поліетилену низької щільності (LDPE), «5» для поліпропілену (PP), «6» для полістиролу (PS) та «7» для інших типів пластиків. Ця класифікація допомагає споживачам та переробникам спростити процес переробки [4].

Інв.№лодл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ОС 20510095

Арк

16





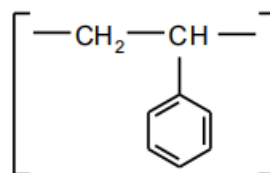
Symbol	Тип пластику
	Поліетилентерефталат (PETE)
	Поліетилен високої щільності (HDPE)
	Полівінілхлорид (ПВХ)
	Поліетилен низької щільності
	Поліпропілен (PP)
	Полістирол (PS)
	Інші види пластмас

Рисунок 2.3 – Типи пластику

Полістирол

Мономером для виробництва полістиролу є стирол з хімічною формулою $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}_6\text{H}_5$, що у своєму складі містить бензольне кільце. Сировиною для стиролу є етилен і бензол. Полістирол виробляють методом об'ємної (блок-полістирол), суспензійної та емульсійної полімеризації. Полістирол (PS) – це полімер стиролу з наступною структурною формулою

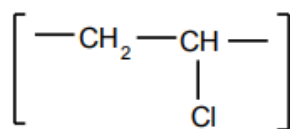


Інв. № подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата

Полістирол – це твердий, жорсткий, прозорий полімер з високою стійкістю до води, кислот, лугів і солей та високими діелектричними властивостями. Зазвичай його переробляють екструзією та литтям під тиском, але він схильний до руйнування при ударних навантаженнях, має відносно низьку термостійкість і схильний до старіння. Полістирол використовується у виробництві електронних компонентів, аксесуарів, офісних і побутових товарів. Широко використовуються сополімери стиролу з метилметакрилатом ($\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-(\text{OON})$), акрилонітрилом ($\text{CH}_2=\text{CN}-\text{CN}$), бутадієном і полібутадієновим каучуком. Ударостійкий полістирол (HIPS) – це сополімер стиролу і бутадієну або полібутадієну з відмінними механічними властивостями (особливо ударною в'язкістю). Також широко використовуються сополімери акрилонітрилу, бутадієнового каучуку і стиролу, так звані АБС-смоли. Залежно від співвідношення компонентів виробляють різні марки АБС - смол. Завдяки своїм високим механічним властивостям вони широко використовуються у виробництві конструкційних матеріалів, компонентів електрообладнання, холодильників, автомобілів, контейнерів, труб і будівельних компонентів [5].

Полівінілхлорид

Полівінілхлорид (ПВХ) разом з поліетиленом є найбільш поширеним полімером. ПВХ одержують полімеризацією вінілхлориду (хлорвінілу) з хімічною формулою $\text{CH}_2=\text{CHCl}$, сировиною для виробництва якого зазвичай є етилен. Синтез ПВХ здійснюється полімеризацією в масі, емульсії або суспензії. Метод одержання ПВХ впливає на його властивості, які при цьому змінюються в широкому діапазоні. Полівінілхлорид – це полімер вінілхлориду зі складовою ланкою, що має таку структурну формулу



Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № добул.	Підп. і дата

Полівінілхлорид – термопластичний полімер з лінійною структурою макромолекул, який має досить щільну їх упаковку завдяки електростатичній взаємодії атомів хлору з атомами водню сусідніх ланцюгів, що обумовлює його високу механічну міцність, обмежену розчинність і мале лінійне подовження під час розтягу. Істотним його недоліком є термодеструкція при нагріванні до 140 °С з виділенням хлористого водню, який одночасно діє як каталізатор подальшого процесу деструкції. ПВХ нестійкий до дії кисню, повітря і світла, тому в нього вводять термо- і світлостабілізатори. Полівінілхлорид має невисокий ступінь кристалічності й належить до аморфних полімерів. Його властивості можна змінювати в широких межах введенням пластифікаторів і різних добавок, а також хімічною модифікацією.

Розрізняють такі полімерні матеріали на основі полівінілхлориду: – вініласти; – пластикати; – пластизолі. Вініласти – це жорсткі пластмаси на основі ПВХ, які містять стабілізатори та мастильні добавки. Це ефективні конструкційні матеріали, які мають високі міцнісні характеристики, хімічну стійкість і водостійкість, завдяки чому вініласти використовуються в машинобудуванні. Завдяки негорючості й високим електроізоляційним властивостям він застосовується в електротехніці, а завдяки нетоксичності – у харчовій промисловості та медицині. Пластикати – м'які матеріали на основі стабілізованого й пластифікованого ПВХ. Залежно від призначення пластикати можуть містити різні види й кількість пластифікаторів. Зазвичай використовують пластифікатори на основі фталатів, себацінатів, трикрезилфосфат та інші висококиплячі рідини та їхні суміші. Загальна частка пластифікаторів і мастил у пласт тикаті може досягати 50 %. Введення пластифікаторів знижує в'язкість розплаву ПВХ, підвищує його еластичність, морозостійкість (до мінус 50 °С). Пластикати використовуються для виготовлення виробів технічного, медичного призначення, пакування (у тому числі для харчових продуктів), а також лінолеуму. Електричні характеристики при введенні пластифікаторів дещо знижуються, проте ці матеріали в значних

Інв.№лодл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
OC 20510095				Арк
				19
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

обсягах використовуються для виготовлення електроізоляційних покриттів (кабельні пластмаси). Крім того, вони негорючі. У той же час введення великої кількості пластифікаторів знижує міцнісні характеристики й теплостійкість матеріалу. Пластмаси ПВХ мають більш низькі, ніж жорсткий ПВХ, температури перероблення, що знижує ймовірність початку термо- і механодеструкції. Вони добре переробляються всіма методами перероблення термопластів, а також склеюються й зварюються. Пластифікований ПВХ (пластмас) випускається у вигляді гранул, плівок, профільних виробів, шлангів і використовується для нанесення електричної ізоляції в кабельних лініях.

Пластизолі (пасти) – це дисперсії ПВХ (емульсійного) у рідких пластифікаторах (диплазолі). Вміст пластифікаторів (діалкілфталатів, складних ефірів адипінової, себацінової, фосфорної кислот) у пластизолях становить від 30 до 80 %. За звичайних температур частинки ПВХ майже не набухають у зазначених пластифікаторах, що робить пластизолі стабільними. Під час же нагрівання до температури 35–40 °С у результаті прискорення процесу набрякання (желатинізація) пластизолі перетворюються на високов'язкі маси, які після охолодження переходять у пластичні матеріали. Властивості цих матеріалів аналогічні властивостям інших пластмас на основі ПВХ.

Пластизолі використовуються для виготовлення штучних шкір, клейонки. Заливанням у форми виготовляють медичні вироби, взуття, іграшки і т.д. При введенні у ПВХ газотвірних добавок одержують пінопласти із закритими порами, або поропласти з відкритими порами, які застосовують для теплозвукоізоляції в авіа- та автомобілебудуванні, суднобудуванні тощо. Оскільки вище за 130–140 °С ПВХ піддається деструкції, то усунення цього недоліку під час його перероблення в нього додають стабілізатори.

Також однією з добавок є лубриканти зовнішньої, внутрішньої й комбінованої дії (лубрикант зовнішньої дії – це речовина, що зменшує тертя між розплавом й поверхнею переробного обладнання; лубрикант внутрішньої дії – це речовина, що поліпшує текучість розплаву; лубрикант комбінованої дії – це

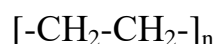
Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № добул.	Підп. і дата
--------------	--------------	---------------	---------------	--------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ОС 20510095	Арк
						20

речовина, що проявляє властивості лубрикантів зовнішньої та внутрішньої дії). Наприклад, стеарат кальцію або гліцеринний ефір зазвичай проявляють властивості внутрішнього лубриканту, стеарат цинку або парафіновий віск – зовнішнього, а ефірний віск – комбінованого [5].

Поліетилен низької та високої щільності

Поліетилен - являє собою карболанцюговий полімер аліфатичного вуглеводню ряду етилену відгалужень.



Молекулярна маса його в залежності від методу та режиму полімеризації коливається від десятків тисяч до кількох мільйонів. Добувають поліетилен методами радикальної полімеризації етилену під тиском або іонною полімеризацією при низькому або середньому тиску (способи Циглера та Філіпса). а) полімеризація етилену при високому тиску 100-350 МПа, процес відбувається при 200-300°C у розплаві в присутності ініціаторів (кисню, органічних пероксидів); такий поліетилен називають поліетиленом високого тиску (ПЕВТ), або поліетиленом низької густини (ПЕНГ) - густина дорівнює 920- 950 кг/м³ ; б) полімеризація етилену при низькому тиску 2 МПа з використанням металоорганічних каталізаторів; полімеризація відбувається при температурі близько 80°C у суспензії (в середовищі органічного розчинника). Такий поліетилен має назву поліетилену низького тиску (ПЕНТ) або поліетилену високої густини (ПЕВГ) - густина до 960 кг/м³ ; в) полімеризація етилену при тиску 3-4 МПа та температурі 150°C у розчині з використанням каталізаторів оксидів металу змінної валентності; такий поліетилен називають поліетиленом середнього тиску (ПЕСТ) - густина 22 до 970 кг/м³. Існує також спосіб полімеризації етилену під впливом радіоактивного випромінювання, але поки що цей метод не набув широкого промислового значення.

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № доубл.	Підп. і дата

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ОС 20510095	Арк
						21

Отже, густина поліетилену в залежності від способу добування коливається в межах 910-970 кг/м³, температура розм'якшення - 110-130°C. Поліетилен характеризується високою водостійкістю, нерозчинністю при кімнатній температурі в органічних розчинниках, стійкістю до дії концентрованих кислот, лугів, розчинів солей. Матеріали на основі поліетилену, наповнені туфом, кальцитом, крейдою, каоліном, графітом, феритом барію, використовують у радіоелектроніці, автомобілебудуванні, електротехніці, сільгоспмашинобудуванні, побутовій техніці. Наповнений каоліном надвисокомолекулярний поліетилен Компонор має високу жорсткість, твердість, антифрикційні властивості. Розроблено антифрикційний матеріал з тканин на основі оксалонових волокон та плівки з поліетилену. ГЖМ виготовляють таким чином: збирають пакет з тканини та плівки при співвідношенні 30:70 відповідно, потім пресують під тиском 5-20 МПа і температурі 250°C. Такий матеріал (текстоліт) має властивості самозмащуватися, працездатний у широкому діапазоні навантажень. Як наповнювачі поліетилену ефективно використовуються скляні волокна, оброблені спеціальними апретами (наповнення волокном 10-40%) та вуглецеві волокна (наповнення 25-80%). При наповненні ними підвищується жорсткість у 4-7 разів, міцність у 2,5-4 рази, теплостійкість зростає до 120°C. Ударна в'язкість (за Ізодом) збільшується від 30 Дж/м до 187 Дж/м (при використанні довгого скловолокна і наповненні 30%) [6].

Поліпропілен

Поліпропілен являє собою продукт полімеризації ненасиченого вуглеводню пропілену.



У промисловому масштабі поліпропілен вперше почали виробляти в Італії у 1957 р. шляхом полімеризації пропілену на каталізаторах Циглера-Натта (суміш $Al(C_2H_5)_3$ та $TiCl_3$ або $Al(i-C_4H_9)_3$ та $TiCl_3$). Технологічний процес

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № доубл.	Підп. і дата

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ОС 20510095	Арк
						22

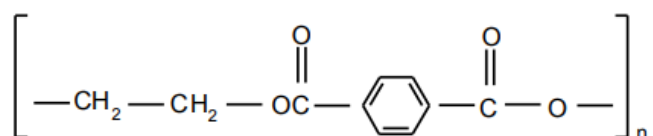
виробництва поліпропілену схожий з виробництвом поліетилену при низькому тиску (0,98-1,18 МПа, температурі 65- 70°C). Ізотактичний (стереорегулярний) поліпропілен - твердий, з високим ступенем кристалічності (до 95%) продукт, з температурою плавлення 165- 170°C, молекулярною масою 60000-200000, густиною 900-920 кг/м³ . Стійкий до дії кислот, основ та масел навіть при підвищеній температурі. При температурах вище 80°C розчиняється лише в ароматичних вуглеводнях та хлорованих парафінах. Недоліком поліпропілену є невисока морозостійкість (до 30°C). Волокна з поліпропілену дуже легкі та міцні, з них виготовляють як технічні, так і побутові тканини. Поліпропілен використовують для виробництва пористих матеріалів пінопластів. Композиції на основі поліпропілену та його співполімерів, наповнених волокном легко переробляються в удароміцні вироби, які застосовують для виготовлення стійких до зносу, волого- та теплостійких шестерень, корпусів електроприладів, деталей силового обладнання. Наповнений тальком поліпропілен використовують в таких відповідальних вузлах двигунів, як елементи водяних та поливальних насосів, масляних центрифуг, дисків зубчасторемінних передач, кришок голівок циліндрів, масляних піддонів. Склонаповнений поліпропілен замінює дефіцитні термостійкі полімери при виготовленні корпусу повітряного фільтру, крильчатки вентилятора, розширювального бачка корпусу акумуляторних батарей та інших деталей "під капот". Особливо ефективне використання скловолокна із спеціальними апретами, що забезпечують хімічний зв'язок між волокном та матрицею, а також довговолокнистого наповнювача. Ці марки характеризуються міцністю до 90- 100 МПа, модулем пружності до 5-7,6 ГПа, ударною в'язкістю за Ізодом аж до 200 Дж/м. Склонаповнені марки поліпропілену ефективно застосовуються як конструктивний матеріал для заміни поліамідів, АБС-пластиків, емальованих сталей та інше і відносяться до конструктивних пластиків з ефективним співвідношенням властивості - вартість. На основі поліпропілену створено більше 200 марок наповненого поліпропілену [6].

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата

						ОС 20510095	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			23

Поліетилен терефталат

Поліетилентерефталат (ПЕТФ; тривіальна назва – лавсан, отримана від назви місця розробки (рос.) – ЛАборатория Высокомолекулярных Соединений Академии Наук) одержують реакцією поліконденсації з терефталевої кислоти та етиленгліколю. ПЕТФ нерозчинний у звичайних органічних рідинах, стійкий до дії низки кислот, але сірчана, соляна та азотна кислоти руйнують його тією чи іншою мірою. У твердому стані ПЕТФ може бути аморфним і частково кристалічним і має досить високу температуру плавлення (255–260 °С) з відносно невисокою в'язкістю розплаву. ПЕТФ – це складний полієфір терефталевої кислоти та етиленгліколю



ПЕТФ використовується для одержання хімічних волокон, з яких виготовляють тканини технічного призначення, морські канати, риболовні сітки. Тонкі плівки з ПЕТФ використовуються для виготовлення конденсаторів в електротехнічній промисловості, виробництві фото- та кіноплівки, магнітної стрічки, ізоляції провідників [5].

Підп. і дата	
Інв. № додл.	
Взаєм. інв. №	
Інв. № доубл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ОС 20510095	Арк
						24

РОЗДІЛ 3

ВПЛИВ МІКРОПЛАСТИКУ НА ДОВКІЛЛЯ ТА ЛЮДЕЙ

Мікропластик, а саме так називають частинки пластику менше 5 мм, стає все більшою проблемою для водних мешканців, адже вони не здатні відрізнити його від часток звичної їм їжі такого ж розміру (мікрководоростей, детриту, бактерій), тому заковтують і можуть померати від голоду із набитими пластмасою шлунками. До того ж, пластик має здатність як губка вбирати та транспортувати ряд шкідливих хімічних речовин.

Мікропластик вважають одним із головних забруднювачів 21 століття. В Україні донедавна він взагалі не вивчався, а його вимірювання не входило до жодної з програм моніторингу довкілля. Проте спільно з країнами ЄС Україна розпочала його дослідження [8].

3.1 Вплив мікропластику на ґрунтове, водне та повітряне середовища та флору і фауну

Ґрунтове середовище

Мікро/нанопластики є серйозною загрозою для ґрунтової біоти, оскільки вони пригнічують ріст рослин, розмноження організмів і біорізноманіття ґрунту. Ґрунт служить місцем існування для наземних тварин і токсичний вплив мікро- та нанопластику на ґрунтову фауну надзвичайно зростає. Мікро- та нанопластик потрапляють в організми ґрунтових безхребетних тварин, потім через харчовий ланцюг до домашньої птиці, а далі в організм людей і тварин. Це дозволяє їм робити їх невеликий розмір. Такі види, як нематоди, равлики, миші та курки, вивчаються в лабораторіях як піддослідні зразки із наявними в організмі різними видами мікро- та нанопластику (HDPE, PVC, PE, PS, PA та PET), серед них переважають дослідження дощових черв'яків. Токсичність мікро- та

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № доубл.	Підп. і дата
--------------	--------------	---------------	---------------	--------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ОС 20510095	Арк 25
-----	-----	----------	-------	------	-------------	-----------

нанопластику для ґрунтової біоти включає пригнічення росту, порушення енергетичного обміну, негативні імунні реакції, зниження рухової активності, «шлунково-кишкові» розлади, дисбактеріоз кишкової мікробіоти, метаболічні порушення та смертність. Поперечне дослідження показало існування залишків мікропластику у шлунково-кишковому тракті та кишковій системі домашньої худоби та домашньої птиці. Сонячне світло, доступність кисню, висока температура, ґрунтові мікроби та наземна біота у верхньому шарі ґрунту функціонують як фільтр-середовище існування пластикового сміття. Там впродовж певного часу мікропластик трансформується, потрапляє в інші середовища та інші організми. Так от фільтрація цього пластику не є досконалою і він проникає ще й у стічні води, які далі розносять його без жодних перешкод.

Водне середовище

Забруднення пластиком викликає глобальне занепокоєння у водних системах, поширюючись навіть на найвіддаленіші місця існування. Пластикове сміття від мікроскопічного до високої щільності переважає в бентосних і пелагічних середовищах існування річок, морів і віддалених регіонів від Арктики до Антарктиди. Мікро- та нанопластик були визначені як головна причина занепокоєння щодо втрати біорізноманіття, зміни клімату та загрози живій біоті.

Системи прісної води

В останні роки прісноводні системи, такі як ставки, озера, лимани та річки, привернули таку ж увагу, як океани, з точки зору потоку дрібного пластику через побутові відходи, промислові стоки та місця утилізації стічних вод. Характеристика частинок (розмір, форма та щільність) і фізичні показники (швидкість течії, глибина води, рельєф осаду, цикли припливів і відливів і міський стік), а також антропогенна діяльність (наприклад, спуск дамби) впливають на рух мікро- та нанопластику у прісноводних системах; також він був знайдений у прісноводних системах на всіх континентах. Щодня Дунай

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата

						ОС 20510095	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			26

доставляє 4,2 тони пластику в Чорне море. Мікрогранули, необроблений пластик (гранули та дрібні частинки), плівки, волокна та їх фрагменти – це типи мікро- та нанопластику, які зустрічаються в прісноводних потоках, де домінують мікрогранули та пластикові волокна. Накопичення такого виду сміття у водних середовищах істотно змінює проникнення світла та впливає на біогеохімічні цикли у товщі води. Нанопластик, що осідає на поверхню мікробіоценозів, викликає ефект затінення та зменшують текучість клітинних мембран. Масивні частинки пластику, такі як рибальські мотузки та сітки, заплутують черепах, птахів і ссавців, тоді як дрібні частинки потрапляють безпосередньо всередину, викликаючи кишкову непрохідність. Мікро- та нанопластик у прісноводних системах серйозно впливають на екосистему, оскільки вони є основними джерелами їжі та питної води для людей. Нанопластик(НП) зберігаються в організмі довше, ніж мікропластик(МП), і транспортуються по травній системі. Було досліджено трофічний переніс НП, і підвищене поглинання, вони викликають запалення тканин, зменшення запасів ліпідів, поглинання поживних речовин і нестабільність мембран у травних клітинах. *Daphnia magna* та *Danio rerio* широко використовуються в біологічних і токсикологічних дослідницьких моделях для оцінки мікро- та нанопластику у прісноводних системах. При впливі 0,1, 1 і 10 мг/кг полістирольних наночастинок, ембріонів рибок даніо, спостерігалось накопичення в ембріональних тканинах і судинних мембранах, таким чином зумовлюючи токсичний ефект конкретно на нинішні особини, а також на майбутні покоління.

Морські системи

Морське сміття є величезною екологічною та економічною проблемою в усьому світі. Пластикове сміття потрапляє в океан зі швидкістю від 4,8 до 12,7 мільйонів тон на рік, причому 80% його надходить із наземних джерел у всьому світі. Річки, озера, стічні води та антропогенна діяльність є основними шляхами для транспортування пластикового сміття в океани. Рамкова директива

Інв.№лодл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
------------	--------------	-------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ОС 20510095	Арк
						27

Європейського Союзу про морську стратегію (MSFD), Стокгольмська конвенція та International Pellet Watch — усі вони зосереджені на проблемах забруднення морського та океанічного середовища пластиком з метою захисту та збереження його ресурсів. Повітряні дослідження в Тихому океані виявили 79 тисяч тон пластику, що плаває на території площею 1,6 мільйона км², яка отримала назву «Велика пляма пластикового сміття». Щільність морської води становить 1,02–1,07 г/см³, тоді як щільність пластику – 0,8–1,5 г/см³, що спонукає МП плавати на поверхні води. PS, PP, PE, PU, PVC і PET є одними з найпоширеніших видів пластмас, які спричиняють забруднення моря. Дев'ять зразків відкладень на глибині 2340–5570 м, проаналізованих в Арктичному регіоні, показали широко розповсюджені НП.

Коли пластикове сміття потрапляє в морське середовище, воно взаємодіє з різними морськими видами на трофічних рівнях. МП та НП були виявлені в широкому спектрі морських видів, включаючи китоподібних, веслоногих раків, креветок, голкошкірих, зоопланктону, коралів, риб, черепах, морських птахів і ссавців, викликаючи каскадні ефекти в морських харчових системах через їх невеликі розміри. Фагоцитоз і піноцитоз є двома шляхами поглинання морськими організмами МП та НП. Вони транспортуються декількома фізіологічними шляхами і переміщуються в основному в шлунок, кишечник, зябра, травний тракт і іноді в печінку. Вживання МП спричиняє шкідливі наслідки для морських мешканців, головним чином погіршення призводять до зменшення об'єму харчових ресурсів, пригнічення росту, засвоєння поживних речовин, зниження імунної системи, клітинну токсичність, відчуття псевдонасичення, зниження плодючості, недоїдання та, нарешті, смерть. Так, наприклад, дорослі устриці та блакитні мідії при проковтуванні частинок НП з розміром 50 нм призводять до значного зниження розвитку ембріона-личинки та запліднення, що призводить до повної стагнації. Щоб дослідити антропогенний вплив, по 20 особин двох видів було відібрано з певного острова після проекту відновлення внаслідок затонулого корабля Coasta Concordia. Із 40

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ОС 20510095	Арк
						28
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

особин двох різних видів, а саме: Скорпени червоної та Зіркогляда звичайного, помітили, що у 77 % першого виду та 84 % другого були виявлені частинки пластику. Для порівняння, у виду риб Катнар було продемонстровано 100% пластикових частинок у шлунково-кишковому тракті, де переважали фрагменти, промисловий пластик та плівка. Мікроорганізми та риба, що мешкають на коралових рифах, у вісім разів частіше страждають від пластику. Очікується, що кількість пластикових відходів, що осяде в зоні коралових рифів в Азіатсько-Тихоокеанському регіоні, досягне 11,1 мільярда тон, причому до 2025 року. Завдяки високому відношенню поверхні до об'єму, гідрофобності та ліпофільності, НП та МП можуть мати у своєму складі важкі метали (Ni, Pb, Zn, Cu, Cd і Ti). Спільне забруднення ртуттю та мікропластиком у морському середовищі спричиняє зміни поведінки та зниження швидкості плавання виду Лаврак. *Oryzias latipes* (Медака японська) під час впливу поліетилену та хімічних забруднюючих речовин (ПХБ, ПАУ та ПБДЕ) демонструє симптоми утворення пухлини, клітинного некрозу, зниження регуляції хоріогеніну у самців та експресії гена вітелогеніну. у жінок.

Повітряне середовище

Мікро/нанопластики викидаються в повітря внаслідок роботи очисних споруд і механічних дій, таких як сильний вітер, бризки з поверхні моря та хвилі, які часто заносять їх в атмосферу. Морські бризки викидають МП та НП з морського середовища в повітря, що призводить до глобальної екстрапольованої величини 136 000 тон, що викидаються на берег щороку. Пластикові волокна, плівки, піни та інші фрагментів були домінуючими в атмосферних осадах і повітряних масах. Мікропластик має вищу щільність, ніж повітря (1,225 г/л при 15 °С на рівні моря) і його щільність зменшується з підвищенням висоти. Загальнорозповсюджені МП та НП у навколишньому середовищі це: 0,91–0,93 г/см³ поліетилен низької щільності, 0,94 г/см³ поліетилен високої щільності, 0,85–0,83 г/см³ полістирол, 1,02–1,05 г/см³ поліамід, 1,37 г/см³ поліестер, 1,38

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № добул.	Підп. і дата

						ОС 20510095	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			29

г/см³ ПВХ, 1,2 г/см³ полікарбонат та 1,42 г/см³ поліформальдегід. МП та НП, виявлені в атмосферному повітрі, відповідають синтетичним волокнам і при вдиханні викликають розлади дихання. Значна кількість МП викидається з шин (100 000 тон) і гальм (40 000 тон) щороку, які транспортуються повітрям. Автомобільні шини та гальмівні системи спричиняють 5–10% світового забруднення океану пластиком і 3–7% у повітрі. Згідно з дослідженням, кожна людина в Сполучених Штатах виробляє 4,7 кг мікропластику, що потрапляє в навколишнє середовище, на рік⁻¹, що дорівнює 1,8 мільйона метричних тон на рік⁻¹. Дорожній пил визнано важливим джерелом МП та НП у міських/приміських районах. Таким чином, середньостатистична особа в густонаселеному місті буде проковтувати близько 800 частинок пилу пластику за рік лише з повітря.

3.2 Вплив мікропластику на людський організм

Мікропластик (розміром 1-5000 мкм) та нанопластик (розміром <1 мкм) повсюдно присутні в навколишньому середовищі, у повітрі, ґрунті, воді та харчових продуктах. Як наслідок, вплив цих частинок на людину є неминучим, а мікро- та нанопластик, як повідомлялося, був виявлений у легеневій тканині людини внаслідок інгаляційного впливу, а також у слизовій оболонці товстої кишки та випорожненнях через потрапляння всередину, а також у крові, печінці, селезінці, плаценті. Ступінь впливу мікро- та нанопластиків на здоров'я людини, досі не з'ясовано, і нещодавно з'явилося кілька проектів, які намагаються вивчити вплив його на здоров'я людини. Одне дослідження про кореляцію між концентрацією мікропластику у фекаліях пацієнтів із запальними процесами та калі пацієнтів із запальними захворюваннями кишківника і ступенем їх тяжкості, хоча все ще причинно-наслідковий зв'язок між мікропластиком і запальними процесами кишківника є незрозумілим. Також, поки не було знайдено жодних подібних досліджень щодо здоров'я людини та мікропластику. Обмежена

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	<div style="text-align: right; font-size: 1.2em; font-weight: bold;">ОС 20510095</div>	<div style="text-align: right;">Арк</div>
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		
						30

кількість досліджень потенційного впливу мікро- та/або нанопластику на здоров'я людини, що відповідають деяким критеріям включення, може бути пов'язано з тим, що методи виявлення, класифікації та кількісної оцінки мікро- та нанопластиків залишаються на ранніх стадіях розвитку. Відсутній стандартизований метод кількісного визначення впливу в біологічних зразках/тканинах людини, включаючи повне управління ризиком забруднення зразків. Зростає кількість досліджень на тваринах та *in vitro*, які вивчають потенційний вплив мікро- та нанопластику на здоров'я та механізми, що лежать в основі його токсичності. Наприклад, було показано, що експериментальний вплив мікро- та нанопластиків виявляє цитотоксичні ефекти *in vitro* шляхом збільшення генерації активних форм кисню в клітинах кишечника і легенів людини, а також збільшення прозапальних маркерів в епітеліальних клітинах легенів людини. Дослідження на тваринах *in vivo* також показали низку наслідків для здоров'я, пов'язаних з впливом мікро- та нанопластику, включаючи легеневу токсичність у щурів, порушення метаболізму у потомства опромінених мишей, порушення енергетичного та ліпідного обміну, а також дисбактеріоз кишкової мікробіоти у тих же піддослідних. Дослідження на людях, які працювали на виробництві з високим рівнем впливу мікропластику, наприклад, на виробництві синтетичного текстилю, показали збільшення респіраторних симптомів, а також раку шлунка та стравоходу. Враховуючи ці докази токсичності та неминучого впливу мікропластику на людину, існує нагальна потреба в пріоритетному розвитку нових методів вимірювання для оцінки потенційних ризиків для здоров'я людини, пов'язаних з повсякденним потенційних ризиків для здоров'я людини, пов'язаних із щоденним/загальним впливом мікропластику [4,7].

Інв.№лодл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

						ОС 20510095	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			31

РОЗДІЛ 4
МЕТОДИ БОРОТЬБИ ІЗ ЗАБРУДНЕННЯМ В НАСЛІДОК УТВОРЕННЯ
МІКРОПЛАСТИКУ

4.1 Методи переробки мікропластику та пластикових відходів

На сьогоднішній день не існує способів для ефективного вилучення мікропластику, а наявні або економічно не вигідні або надмірно ресурсовитратні. Проте дана галузь розвивається і має деякі рішення, а саме: фільтрація, електрокоагуляція та інші. Вони є досить важливим кроком в майбутній перспективі, але також варто розглянути причину проблеми, тобто, нераціональне поводження із пластиковими відходами, що в подальшому, під впливом часу і зовнішніх факторів, зумовлює утворення мікропластику. Тож варто розпочати з методів усунення першопричини, вирішити корінь проблеми, а потім працювати над наслідками. Саме це передбачає циркулярна економічна модель.

Середньостатистичний українець створює 220-250 кг сміття щороку, значна частина якого складається з пластикових виробів і тенденція, на жаль, щороку зростає і нині площа усіх смітєвих звалищ за приблизними підрахунками становить близько 7% від загальної площі країни, для порівняння, ця територія рівноцінна площі Данії або Чорногорії [13].

Зміни залежать від кожного з нас. Чим вища екологічна свідомість суспільства, тим швидше та ефективніше відбуватимуться зміни як у побуті, так і на виробництві. Важливо оцінювати власне споживання пластику на всіх етапах: від покупки до утилізації продукту. Саме завдяки культивуванню звички сортування сміття та його повторного використання стане можливим створити про ефективну інфраструктуру та отримувати дохід від смітєпереробної галузі.

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № добул.	Підп. і дата
--------------	--------------	---------------	---------------	--------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ОС 20510095	Арк
						32

Окрім активізації громадянського суспільства, необхідна участь держави. Вона має підтримувати бізнес-орієнтовані інновації для масштабування циркулярної економіки використання пластику. Держава має забезпечити країну надійною та інноваційною інфраструктурою для сміттєпереробної галузі. Це потребує значних інвестицій, але в довгостроковій перспективі ця галузь стане прибутковою. Прикладом успішної реалізації такої стратегії може слугувати Швеція. У 1985 році там розпочали модернізацію сміттєпереробної галузі. Зараз 99% сміття переробляється, а 32 шведські сміттєпереробляючі заводи виробляють тепло для 810 тисяч домогосподарств та електроенергію для 250 тисяч приватних будинків [14,15].

Тепер варто розглянути, вище зазначені, методи вилучення мікропластику, а саме два доволі поширених методи: фільтрація та електрокоагуляція.

Фільтрація

Фільтрація є одним із найпоширеніших методів вилучення мікропластику з водних середовищ. Цей метод базується на проходженні води через фільтрувальні матеріали, які затримують частинки мікропластику. Цей процес може бути ефективним, економним і відносно простим у виконанні, що робить його привабливим для різноманітних застосувань.

Сам процес фільтрація має кілька видів – макрофільтрація, мікрофільтрація, ультрафільтрація і нанофільтрація.

Грубоволоконна фільтрація (макрофільтрація) використовується для вилучення більших часток мікропластику (їх розмір понад 100 мікрон). Фільтрувальними матеріалами можуть бути сітки, тканини або керамічні фільтри з великими порами.

Мікрофільтрація здатна затримувати частки мікропластику розміром від 0.1 до 10 мікрон. В цьому виді використовуються мембрани з пористістю, що дозволяє відокремлювати мікропластик від води.

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ОС 20510095	Арк
						33

Ультрафільтрація затримує частинки розміром від 0.01 до 0.1 мікрон. Завдяки мембранам з ще меншою пористістю для вилучення найдрібніших часток мікропластику.

Нанофільтрація та зворотний осмос використовуються для видалення найменших частинок та розчинених молекул. Нанофільтрація затримує частинки розміром до 0.001 мікрон, а зворотний осмос здатний видалити молекули розміром до 0.0001 мікрон.

Всі процеси фільтрації відбуваються за схожими етапами, де спочатку відбувається підготовка зразка(осадження великих за розміром часток та усунення органічної складової), далі обирають фільтрувальний матеріал в залежності від розмірів мікропластику, який необхідно відфільтрувати, потім, власне процес фільтрації та збір осаду і фільтрату.

Зважаючи на вище описані характеристики методи, варто сказати, що вартість виконання такого очищення є відносно невисокою, особливо якщо брати очищення від грубодисперсної фракції. Сам процес виконання не є складним і не потребує особливих навичок. Проте є й негативні сторони, а саме: засмічення фільтрувальних матеріалів та зниження їх ефективності фільтрації, необхідні різні фільтри для відокремлення різних фракцій, а також часомісткий процес, за умови пришвидшення проходження потоку висока ймовірність зниження якості фільтрації.

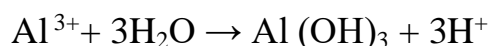
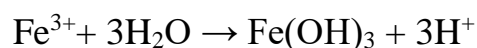
Вцілому метод є перспективним та потребує більш детального дослідження та вдосконалення. Ефективним кроком буде інтеграція методу фільтрації з іншим методом, що дасть можливість більш ефективно очищувати зразки завдяки комплексному методу. Також варто розглянути інші матеріали для покращення саме даного методу як у економічному плані так і ефективності [16].

Інв.№лодл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ОС 20510095				Арк
									34
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата					

Електрокоагуляція

Електрокоагуляція (ЕК) є одним із перспективних методів вилучення мікропластику з водних середовищ. Цей метод базується на використанні електричного струму для створення коагуляційних процесів, що сприяють агрегації та осадженню часток мікропластику. На відміну від попереднього методу, в цьому очищення відбувається в реакторі, де в залитий зразок встановлюють два електроди, зазвичай залізні або алюмінієві, та під'єднують до джерела струму та відбувається процес електрокоагуляції.

Під час електролізу води відбувається утворення іонів металів (Fe^{2+} , Fe^{3+} або Al^{3+}) на аноді та виділення водню на катоді. Далі відбувається процес коагуляції, під час якого металеві іони гідролізуються у воді, утворюючи гідроксиди металів, які виступають як коагулянти.



Гідроксиди металів мають високу здатність до агрегації. Вони утворюють флокули (згустки), які захоплюють і об'єднують частинки мікропластику, створюючи більші агрегати. Ці агрегати мікропластику та коагулянтів мають більшу густину, що сприяє їх осадженню на дно реактора або флотуванню на поверхню в залежності від умов процесу. Осадження відбувається завдяки гравітації, а флотування – завдяки бульбашкам водню, що виділяються на катоді, які піднімають агрегати до поверхні.

Даний метод має перевагу над попереднім завдяки високій ефективності, де під час одного процесу відділяють різні за фракцією часточки мікропластику, навіть найдрібніші. Сама система також є не складною та може бути легко адаптованою для різних об'ємів води рівнів забруднення. Проте варто зазначити і негативні сторони даного методу, а саме: під час проведення електрокоагуляції витрачається значна кількість електроенергії, що ставить під сумнів економічну

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № докл.	Підп. і дата
--------------	--------------	---------------	--------------	--------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ОС 20510095	Арк
						35

вигоду застосування у великих масштабах; після закінчення процесу, в ємності утворюється осад, який необхідно піддати подальшій обробці та утилізації.

Дослідження в цій галузі продовжуються для покращення ефективності та економічної доцільності методу. Серед перспективних напрямів – розробка нових матеріалів електродів, оптимізація режимів роботи, зниження енергоспоживання та інтеграція електрокоагуляції з іншими методами очищення води.

Електрокоагуляція демонструє високий потенціал у вирішенні проблеми забруднення водних середовищ мікропластиком, але потребує подальших вдосконалень для широкомасштабного впровадження [17].

4.2 Альтернатива пластику та повна відмова від нього

Пластик став справжньою загрозою для планети – масштаби забруднення зростають щороку. Більше 8 мільйонів тон пластику потрапляють в океани щорічно. За прогнозами, до 2050 року вага пластику в Світовому океані перевищить вагу риби, якщо ми нічого не вдіємо. Виробництво первинного пластику продовжує швидко зростати і, за очікуваннями, збільшиться на 40% протягом наступного десятиліття, оскільки з нього виготовляється більше продуктів, ніж з вторинної сировини.

Однак ситуацію можуть змінити споживачі. У 2019 році багато супермаркетів в Австралії під тиском громадськості відмовилися від використання одноразових пластикових пакетів. Британські та ісландські супермаркети також прийняли таке рішення, і інші торгові мережі починають наслідувати їхній приклад. Ритейлери не хочуть втрачати довіру споживачів, які стурбовані екологічною кризою через пластикове сміття, а разом з довірою – і свої доходи.

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

						ОС 20510095	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			36

Кожен з нас також несе відповідальність за забруднення нашої планети мікропластиком, а отже має впроваджувати в своєму житті певні зміни. Тож серед найбільш актуальних, ефективних та зручних можна виділити наступні:

1. Розпочніть з власного дому. Проведіть аудит, звертаючи увагу на флакони для гелів, шампунів, дезодорантів та миючих засобів. Зменшіть кількість пластику, наприклад, замінивши гель для душі милом і пластикові ватні палички на біорозкладні. Купуйте рідкі миючі засоби у пляшках, що підлягають повторному використанню, тобто переробці. Шампуні та туалетний папір у переробленій упаковці також доступні.

2. Щороку мільярди пластикових зубних щіток потрапляють у довкілля. Перейдіть на бамбукові зубні щітки.

3. Використовуйте багаторазові тканинні сумки.

4. Купуйте на вагу продукти, такі як рис, макарони та крупи, і зберігайте їх у скляних банках, уникаючи пластикової упаковки.

5. Не викидайте пластикові іграшки на смітник, дізнайтеся, де знаходиться найближчий пункт, що приймає їх на переробку або куди можна відправити поштою на переробку.

6. Використовуйте багаторазову кавову чашку замість одноразового стаканчика.

7. Відмовтеся від одноразових пластикових столових приладів.

8. Замініть непридатну для переробки харчову плівку на фольгу або багаторазові контейнери.

9. Використовуйте електричну бритву замість одноразових пластикових.

10. Звертайтеся до компаній, які використовують непереробну упаковку, з проханням перейти на більш екологічні матеріали. Можливо, навіть розгляньте запуск кампанії у соціальних мережах для підвищення обізнаності [9,10].

Таким чином ви матимете змогу скоротити рівень пластикових відходів на побутовому рівні перейшовши на альтернативні речі. Проте для тих, кому цього

Інв. №	№ докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	OC 20510095	Арк

недостатньо або навпаки здається надто складним – існує біорозкладні матеріали та пластик.

Біорозкладні пакувальні матеріали здебільшого виготовляються з біорозкладного пластику, який розкладається під дією природних мікроорганізмів, таких як бактерії, грибки та водорості. Цей вид пластику виробляється з поновлюваних джерел і має характеристики, подібні до звичайних пластиків (наприклад, поліетилентерефталат (PET), поліпропілен (PP), поліетилен (PE)) щодо міцності на розрив, термічних властивостей, подовження при розриві, пропускання водяної пари і кисню. Основними продуктами розкладання біорозкладних пластиків є вода, діоксид вуглецю, неорганічні сполуки або біомаса, що не призводить до накопичення відходів, шкідливих для навколишнього середовища.

Основними сферами використання біорозкладних пластиків є харчова упаковка та сільське господарство. У харчовій промисловості упаковка виконує важливі функції, будучи невід'ємною частиною виробництва, зберігання, розподілу та консервації продуктів. Існують два типи екологічної упаковки – на основі рослинної сировини та біорозкладного пластику.

Основні види упаковки на основі рослинної сировини включають:

- Упаковка з кукурудзяного крохмалю – пакети та плівки, що повністю розкладаються під дією мікроорганізмів.
- Упаковка з целюлози – виготовляється з целюлозних волокон рослин (бавовна, льон, коноплі) і є повністю біорозкладною.
- Пакети з бамбукової целюлози – міцна і екологічна альтернатива пластиковим пакетам, яка повністю розкладається.
- Упаковка з листя певних дерев (наприклад, пальми) – інноваційний матеріал з висушених листків, який має природний коричневий колір і повністю розкладається.

Інв.№лодл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
------------	--------------	-------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ОС 20510095	Арк
						38

– Пакети з полілактиду – біополімер на основі кукурудзяного крохмалю або цукру, який компостується і розкладається на вуглекислий газ і воду.

Ця екологічна упаковка є безпечною для навколишнього середовища та здоров'я людини. За прогнозами, світове виробництво основних видів біорозкладних матеріалів на основі рослинної сировини до 2028 року зменшиться на 9,9% порівняно з 2023 роком. Виробництво упаковки з поліетилентерефталату (PET) зменшиться на 1,8%, з поліетилену (PE) – на 5,5%, а виробництво упаковки з поліпропілену (PP) зросте на 5,4%. Частка біорозкладного поліетиленфураноату (PEF) серед упаковки на основі рослин зросте з 0 до 0,3%. Проте, за думкою екологів, цей показник залишається недостатнім для вирішення проблеми пластикових відходів.

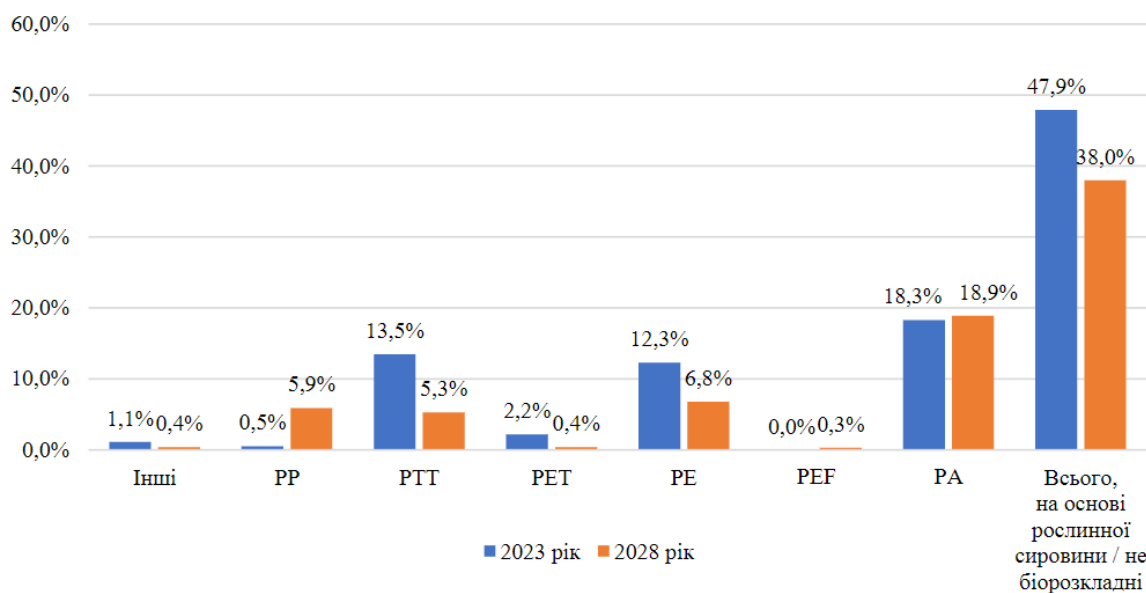


Рисунок 4.1 - Світові тенденції виробництва біорозкладних матеріалів на основі рослинної сировини у динаміці за 2023–2028 роки, % [12]

Загалом, незважаючи на деяке зменшення частки пластикової упаковки, потрібно більше зусиль для переходу на екологічні біорозкладні матеріали з поновлюваних джерел. Варто зазначити, що біорозкладні види упаковки на основі рослинної сировини та біопластику часто поєднуються для створення

Підп. і дата
Інв. № дубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. № подл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ОС 20510095

Арк

39

оптимальних екологічних пакувальних рішень. Існує багато способів їх комбінування, наприклад:

- Багатошарова упаковка використовується як зовнішній шар з біопластику для міцності, а внутрішній – з целюлози чи інших волокон для контакту з продуктом.

- Композитні матеріали створюють композит на основі біопластику (наприклад, PLA чи PHA) з додаванням натуральних рослинних наповнювачів, таких як деревний пил або відходи бавовни, що покращує властивості та здешевлює матеріал.

- Біорозкладна плівка з покриттям на основі з целюлози чи листя наносять тонке покриття з біосумісного полімеру (кукурудзяного крохмалю, PLA тощо) для покращення характеристик.

- Ламінування поєднують разом плівки з біоматеріалів, наприклад, пакувальний папір з прошарком PLA або крохмальної плівки.

Отже, існує багато способів комбінування біорозкладних матеріалів з поновлюваних джерел для створення екологічної упаковки. Також є значна кількість біорозкладних матеріалів, які можна використовувати при виготовленні упаковки, основний їх перелік представлено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Основні види біорозкладних композитних пакувальних матеріалів на основі рослинної сировини [12]

Абревіатура	Назва	Характеристика, придатність до біорозкладання
PP	(Polypropylene) – поліпропілен	Термопластик, який використовується для виготовлення упаковки. Може бути частково біорозкладним, якщо додати спеціальні добавки.
PET	(Polyethylene terephthalate) – поліетилентерефталат	Термопластик для виготовлення пляшок та іншої упаковки. Частково біорозкладний
PE	(Polyethylene) – поліетилен	Найпоширеніший пластик для упаковки. Біорозкладні сорти PE роблять з відновлюваної рослинної сировини.

Інв.№лодл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
------------	--------------	-------------	------------	--------------

Абревіатура	Назва	Характеристика, придатність до біорозкладання
PEF	(Polyethylene furanoate) – поліетиленфураноат	Біополімер, альтернатива PET. Виготовляється з відновлюваних джерел, повністю Біорозкладний.
PA	(Polyamide) – поліамід	Використовується для виготовлення міцної гнучкої упаковки. Частково біорозкладний

Іншим напрямком розвитку виробництва біорозкладних пакувальних матеріалів є виробництво на основі біопластику. Прогнозні показники світового виробництва основних видів біопластику представлені на рисунку 4.2. Згідно з прогнозами, очікується зростання світового виробництва біорозкладних пластиків у 2028 році порівняно з 2023 роком на 10% [11,12].

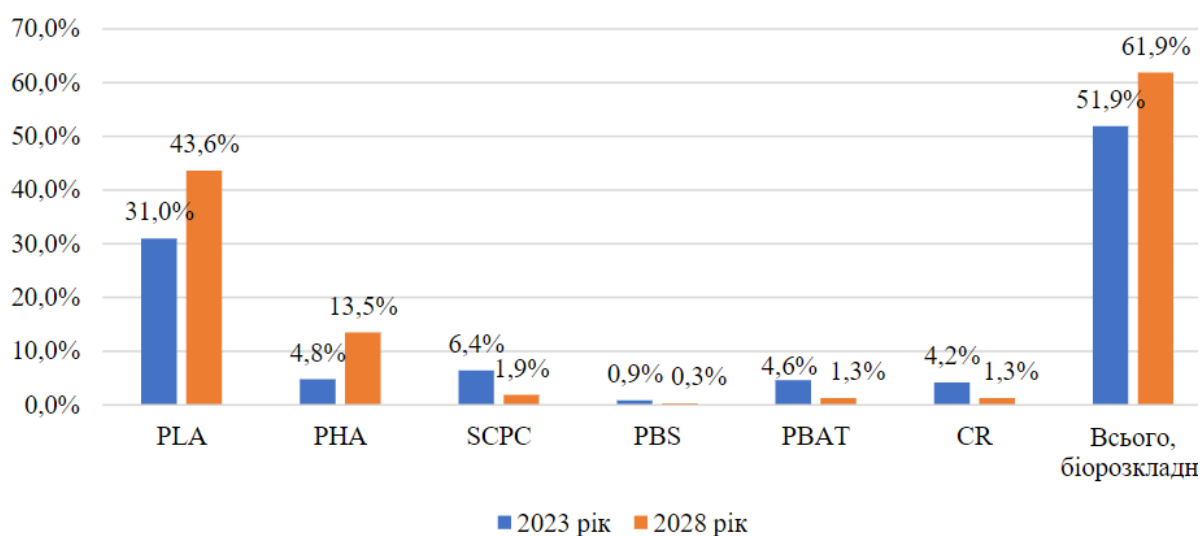


Рисунок 4.2 - Світові тенденції виробництва основних видів біопластику у динаміці за 2023–2028 роки, % [12]

Прогнозоване зростання виробництва біопластиків свідчить про їхню зростаючу популярність і можливість замінити звичайні пластики. Однак, для

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата	ОС 20510095				Арк
					Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

повного переходу на екологічні матеріали необхідно подолати певні виклики, такі як висока вартість виробництва та потреба в удосконаленні технологій.

В цілому, біопластик має потенціал стати ключовим елементом у стратегіях зі зменшення пластикових відходів та захисту навколишнього середовища. Його розвиток і впровадження потребують підтримки як з боку урядів та бізнесу, так і з боку споживачів, які можуть впливати на ринок своїм вибором на користь екологічно чистих продуктів.

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ОС 20510095	Арк
						42
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

РОЗДІЛ 5 ЗАКОНОДАВЧІ АСПЕКТИ ПРОТИДІЇ ЗАБРУДНЕННЮ ДОВКІЛЛЯ МІКРОПЛАСТИКОМ

Мікропластик стає все більш серйозною екологічною проблемою в Україні. Ці крихітні частинки можуть накопичуватися в навколишньому середовищі, завдаючи значної шкоди всьому живому, що нас оточує і нам самим.

У цьому розділі особливої уваги буде приділено нормативній базі, яка є актуальною та була створена в Україні для України та міжнародні, які наша країна ратифікувала. Також буде розглянуто практичні методи протидії мікропластику.

Законодавство відіграє важливу роль у захисті навколишнього середовища від забруднення мікропластиком. Закони можуть допомогти у зменшенні кількості мікропластику, який потрапляє в навколишнє середовище, а також можуть допомогти у очищенні забруднених територій.

5.1 Законодавчі вимоги по відношенню до поводження з мікропластиком в Україні

Даний Закон спрямований на вдосконалення правового регулювання у сфері управління відходами в Україні, приведення його у відповідність до вимог Європейського Союзу та імплементацію принципів циркулярної економіки. Серед його основних цілей, варто зазначити наступне:

- запобігання утворенню відходів та зменшення їх негативного впливу на здоров'я людей та довкілля;
- збільшення частки відходів, які піддаються повторному використанню, рециклінгу та іншим операціям з обробки;
- вдосконалення системи управління небезпечними відходами;
- створення стимулів для розвитку ринку вторинної сировини;

Інв.№лодл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ОС 20510095					Арк
					Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	43

– запровадження розширеної відповідальності виробника.

Задля досягнення поставлених цілей даний акт має на меті встановити ієрархію поводження з відходами, яка передбачає пріоритет запобігання утворенню відходів, їх повторне використання, рециклінг, інші операції з обробки та лише потім - видалення. Також за необхідне є впровадження принципів розширеної відповідальності виробника, що передбачає зобов'язання виробника нести відповідальність за весь життєвий цикл своєї продукції, включаючи утилізацію відходів. Наступним зручним кроком буде створення системи електронного обліку та контролю за обігом відходів, встановлення жорсткіших вимог до поводження з небезпечними відходами та стимулювання розвитку інфраструктури для поводження з відходами. Не менш важливим є підвищення рівня обізнаності громадськості про проблеми поводження з відходами [18].

Національна Стратегія про управління відходами в Україні до 2030 року,

Ця Стратегія визначає пріоритетні напрямки та заходи державної політики у сфері управління відходами в Україні до 2030 року з метою впровадження системного підходу до поводження з відходами на державному та регіональному рівнях, зменшення обсягів утворення відходів та збільшення обсягу їх переробки та повторного використання. Важливо зазначити, що до мети стратегії відносять:

- створення умов для підвищення стандартів життя населення шляхом впровадження системного підходу до поводження з відходами на державному та регіональному рівнях, зменшення обсягів утворення відходів та збільшення обсягу їх переробки та повторного використання;
- зменшення негативного вплив відходів на довкілля та здоров'я людей.
- створення нових робочих місць та стимулювання розвитку економіки.
- наближення системи управління відходами в Україні до стандартів Європейського Союзу.

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № доубл.	Підп. і дата
--------------	--------------	---------------	---------------	--------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ОС 20510095

Арк

44

Дана стратегія керується тим, що краще буде запобігти утворенню відходів, ніж потім займатися їх утилізацією. Тому й були поставлені завдання такі як зменшення утворення відходів на 30% до 2030 року, збільшення переробки відходів до 50% до 2030 року. Щодо звичайних громадян то варто провести просвітницькі заходи щодо поводження з відходами власного господарства [19].

Проект закону "Про упаковку та відходи упаковки"

Проект закону спрямований на вдосконалення правового регулювання у сфері управління упаковкою та відходами упаковки в Україні, приведення його у відповідність до вимог Європейського Союзу та імплементацію принципів циркулярної економіки. Саме для цього були поставлені наступні цілі:

- Зменшити кількість відходів упаковки, які утворюються в Україні.
- Збільшити частку відходів упаковки, які піддаються повторному використанню, рециклінгу та іншим операціям з обробки.
- Створити стимули для розвитку ринку вторинної сировини.
- Запровадити розширену відповідальність виробника упаковки.

Для досягнення поставлених цілей, необхідно привернути більше уваги саме до виробників упаковки та щодо використання екологічно безпечних матеріалів та дизайну упаковки. Обов'язковою є впровадження системи розширеної відповідальності виробника упаковки, що передбачає те, що виробники упаковки зобов'язані нести відповідальність за збір та переробку відходів упаковки. Це збереже вагому частину природних ресурсів та допоможе зіскочити із «нафтової голки». Варто провести із цього приводу також роз'яснювальні роботи серед населення та якомога більше інформації і процесів цифралізувати [20].

Інв.№лодл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

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

Цей Закон спрямований на зменшення негативного впливу пластикових пакетів на довкілля та здоров'я людей шляхом обмеження їх обігу на території України. Його метою є зменшити кількість пластикових пакетів, які використовуються та викидаються в Україні; збільшити частку багаторазових і біорозкладних пакетів та змінити поведінку споживачів та стимулювати їх до екологічно відповідального поводження з відходами.

Задля досягнення поставлених цілей необхідно застосувати такі методи, як наприклад, заборона безкоштовного розповсюдження тонких пластикових пакетів у закладах роздрібної торгівлі та встановити мінімально-допустимі ціни на тонкі пластикові пакети. Та обов'язково, вкотре, провести просвітницьку бесіду з населенням.

Серед важливого також є те, що:

- законом забороняється безкоштовне розповсюдження тонких (товщина стінки від 15 до 50 мікрметрів) та оксорозкладних пластикових пакетів у закладах роздрібної торгівлі.
- з 1 січня 2023 року мінімально-допустима ціна тонкого пластикового пакета становить 2 гривні.
- з 1 січня 2025 року мінімально-допустима ціна тонкого пластикового пакета становить 3 гривні.
- пластикові пакети повинні бути промарковані спеціальним знаком, який інформує про їх негативний вплив на довкілля.
- законом обмежується використання пластикових пакетів у закладах харчування та на заходах [21].

Підп. і дата				
Інв. № докл.				
Взаєм. інв. №				
Інв. № дубл.				
Підп. і дата				
Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ОС 20510095

Арк

46

5.2 Вимоги до поводження з мікропластиком згідно Угоди про асоціацію з ЄС

Директива про упаковку та відходи упаковки

Директива спрямована на гармонізацію законодавства держав-членів ЄС щодо упаковки та відходів упаковки з метою зменшення їх негативного впливу на довкілля. Серед основних цілей варто виокремити наступні:

- зменшити кількість відходів упаковки, які утворюються в ЄС;
- збільшити частку відходів упаковки, які піддаються повторному використанню, рециклінгу та іншим операціям з обробки;
- створити стимули для розвитку ринку вторинної сировини;
- запровадити розширену відповідальність виробника упаковки.

Для досягнення поставлених цілей вагому роль відіграє встановлення вимог до виробників упаковки щодо використання екологічно безпечних матеріалів та дизайну упаковки. Також, в будь-якому разі, потрібно впроваджувати систему розширеної відповідальності виробника упаковки, за якою він зобов'язаний нести відповідальність за збір та переробку відходів упаковки. З методів полегшення варто виділити створення системи електронного обліку та контролю за обігом упаковки та її відходів, підвищити рівень обізнаності населення та створення умов для стимулу дотримуватися встановлених вимог. Останні та не менш важливим є крок з покращення інфраструктури збору та транспортування відходів упаковки.

Серед важливих положень директиви потрібно виділити декілька, а саме:

- Директива визначає основні поняття, пов'язані з упаковкою та відходами упаковки;
- Директива встановлює вимоги до виробників упаковки щодо використання екологічно безпечних матеріалів та дизайну упаковки;

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ОС 20510095

Арк

47

- Директива впроваджує систему розширеної відповідальності виробника упаковки;
- Директива визначає цільові показники щодо зменшення кількості відходів упаковки та збільшення частки відходів упаковки, які піддаються повторному використанню та рециклінгу;
- Директива встановлює вимоги до держав-членів ЄС щодо розробки та реалізації національних програм управління упаковкою та відходами упаковки [22].

Директива про поводження з відходами

Директива встановлює загальні рамки для поводження з відходами в Європейському Союзі з метою захисту довкілля та здоров'я людей. Цілями даного нормативного акту є:

- запобігати утворенню відходів та зменшувати їх негативний вплив на довкілля;
- збільшити частку відходів, які піддаються повторному використанню, рециклінгу та іншим операціям з обробки;
- створити стимули для розвитку ринку вторинної сировини;
- запровадити ієрархію поводження з відходами, яка передбачає пріоритет запобігання утворенню відходів, їх повторне використання, рециклінг, інші операції з обробки та лише потім – видалення;
- запровадити принцип розширеної відповідальності виробника, що передбачає те, що виробники зобов'язані нести відповідальність за весь життєвий цикл своєї продукції, включаючи утилізацію відходів.

Методи для досягнення поставленої мети є відносно незмінними, адже так само важливо встановлювати ієрархію поводження з відходами, застосовувати принцип розширеної відповідальності виробника, створювати систему електронного обліку та контролю за обігом відходів. Для підвищення

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № доубл.	Підп. і дата

залученості населення варто теж встановлювати жорсткіші вимоги до поводження з небезпечними відходами, стимулювати розвиток інфраструктури для поводження з відходами і одним із головних методів є підвищення рівня обізнаності населення про проблеми поводження з відходами.

Серед особливих положень директиви, до уваги варті наступні:

- Директива визначає основні поняття, пов'язані з відходами, такі як "відходи", "небезпечні відходи", "поводження з відходами" та "утворення відходів";
- Директива встановлює ієрархію поводження з відходами, яка передбачає пріоритет запобігання утворенню відходів, їх повторне використання, рециклінг, інші операції з обробки та лише потім – видалення;
- Директива впроваджує принцип розширеної відповідальності виробника;
- Директива встановлює цільові показники щодо зменшення кількості відходів, які направляються на захоронення;
- Директива встановлює вимоги до держав-членів ЄС щодо розробки та реалізації національних програм управління відходами [23].

Директива про одноразовий пластик

Директива спрямована на зменшення негативного впливу деяких пластикових виробів на довкілля, зокрема, водне середовище та здоров'я людей, а також сприяння переходу до циркулярної економіки за допомогою інноваційних та стійких бізнес-моделей, продуктів і матеріалів. Серед цілей директиви є:

- зменшення споживання та забруднення пластиковими виробами одноразового використання;
- збільшення частки переробленого пластику;
- сприяння розвитку альтернативних стійких матеріалів;

Інв.№лодл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
------------	--------------	-------------	------------	--------------

- зміна поведінки споживачів та стимулювання їх до екологічно відповідального поводження з відходами.

Задля досягнення поставлених цілей важливим кроком є заборона на обіг та розповсюдження деяких пластикових виробів одноразового використання, таких як ватні палички, соломинки, одноразовий посуд, харчові контейнери, а також контейнери та ємності для напоїв із пінополістиролу. На перший погляд не значним, але насправді вагомим є встановлення вимог щодо екодизайну для деяких пластикових виробів, таких як упаковка для харчових продуктів та напоїв. Запровадження схем розширеної відповідальності виробника для всіх пластикових виробів та встановлення цільових показників щодо збору і переробки пластикових відходів. І знову ж таки проведення інформаційно-просвітницьких кампаній щодо екологічної шкоди пластикових виробів.

Серед важливих положень даної директиви є:

- Директива забороняє обіг та розповсюдження на території ЄС деяких пластикових виробів одноразового використання, таких як ватні палички, соломинки, одноразовий посуд, харчові контейнери, а також контейнери та ємності для напоїв із пінополістиролу;

- Директива встановлює вимоги щодо екодизайну для деяких пластикових виробів, таких як упаковка для харчових продуктів та напоїв. Ці вимоги спрямовані на те, щоб зробити пластикові вироби більш стійкими, легкими для переробки та повторного використання;

- Директива встановлює цільові показники щодо збору та переробки пластикових відходів. До 2030 року держави-члени ЄС повинні збирати щонайменше 90% пластикових пляшок та 65% інших пластикових упаковок;

- Директива запроваджує схеми розширеної відповідальності виробника для всіх пластикових виробів. Це означає, що виробники зобов'язані нести відповідальність за збір та переробку своїх пластикових виробів;

- Директива передбачає проведення інформаційно-просвітницьких кампаній щодо екологічної шкоди пластикових виробів [24].

Інв.№лодл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
------------	--------------	-------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ОС 20510095

Арк

50

Регламент (ЄС) № 2020/2020 про пластикові відходи

Регламент встановлює правила щодо запобігання та зменшення утворення пластикових відходів та поводження з ними в Європейському Союзі. Мета цього регламенту передбачає наступне:

- досягти амбітних цілей щодо зменшення утворення пластикових відходів та збільшення частки переробленого пластику;
- створити стимул для інновацій та розвитку стійких альтернатив пластику;
- змінити поведінку споживачів та стимулювати їх до екологічно відповідального поводження з відходами;
- зменшити негативний вплив пластикових відходів на довкілля та здоров'я людей.

Задля досягнення поставлених цілей необхідним є встановлення цільових показників щодо зменшення утворення пластикових відходів та збільшення частки переробленого пластику. Також варто запровадити схему розширеної відповідальності виробника для всіх пластикових виробів. Для раціонального використання пластику потрібно встановити вимоги щодо екодизайну для виробів з нього. Заборонити обіг та розповсюдження деяких пластикових виробів одноразового використання, стимулювати розвиток інфраструктури для збору та переробки пластикових відходів та проводити інформаційно-просвітницьких кампанії щодо екологічної шкоди пластикових відходів.

Серед важливих положень регламенту варто акцентувати увагу на тому, що:

- Регламент встановлює цільовий показник щодо зменшення утворення пластикових відходів на 30% до 2030 року;
- Регламент встановлює цільовий показник щодо переробки 65% пластикових упаковок до 2030 року;

Інв.№лодл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
------------	--------------	-------------	------------	--------------

					ОС 20510095	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	51	

- Регламент запроваджує схеми розширеної відповідальності виробника для всіх пластикових виробів. Це означає, що виробники зобов'язані нести відповідальність за збір та переробку своїх пластикових виробів;
- Регламент встановлює вимоги щодо екодизайну для пластикових виробів. Ці вимоги спрямовані на те, щоб зробити пластикові вироби більш стійкими, легкими для переробки та повторного використання;
- Регламент забороняє обіг та розповсюдження на території ЄС деяких пластикових виробів одноразового використання, таких як ватні палички, соломинки, одноразовий посуд, харчові контейнери, а також контейнери та ємності для напоїв із пінополістиролу;
- Регламент передбачає стимулювання розвитку інфраструктури для збору та переробки пластикових відходів;
- Регламент передбачає проведення інформаційно-просвітницьких кампаній щодо екологічної шкоди пластикових відходів [25].

Інв.№лодл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ОС 20510095
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	

РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Техніка безпеки під час проведення дослідження та відбору проб

При відборі проб на наявність мікропластику та проведенні досліджень в лабораторіях важливо забезпечити високий рівень охорони праці та безпеки. Це включає як заходи щодо запобігання травматизму та професійним захворюванням, так і дій у випадку надзвичайних ситуацій. Згідно з Законом України "Про охорону праці" та Кодексом законів про працю України, дотримання наступних правил є обов'язковим.

Організація робочих місць. Робочі місця повинні бути організовані відповідно до стандартів ергономіки та гігієни праці. Лабораторії мають бути оснащені відповідним обладнанням, яке забезпечує безпеку працівників під час виконання робіт.

Інструктаж та навчання. Всі працівники, що займаються відбором проб та лабораторними дослідженнями, повинні проходити регулярний інструктаж з охорони праці та безпеки. Це включає первинний, повторний, позаплановий та цільовий інструктажі. Важливим аспектом є також навчання правильному використанню засобів індивідуального захисту (ЗІЗ).

Засоби індивідуального захисту. Працівники повинні бути забезпечені ЗІЗ, які відповідають вимогам безпеки для конкретних умов праці. Це можуть бути захисні рукавички, окуляри, маски, респіратори, спеціальний одяг та взуття.

Контроль за умовами праці. Необхідно проводити регулярний моніторинг стану робочих місць та умов праці. Це включає контроль за рівнем шкідливих речовин у повітрі, температурним режимом, освітленістю та вентиляцією.

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ОС 20510095	Арк
						53
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

У разі виникнення надзвичайної ситуації, необхідно дотримуватися наступних рекомендацій задля збереження власного життя і здоров'я:

1. План дій у надзвичайних ситуаціях. Лабораторії повинні мати розроблений план дій у випадку надзвичайних ситуацій, таких як пожежа, хімічне зараження, аварія з небезпечними речовинами. Всі працівники повинні бути ознайомлені з цим планом і знати свої обов'язки в таких ситуаціях.

2. Евакуаційні заходи. У лабораторії повинні бути чітко визначені шляхи евакуації, розміщені евакуаційні плани, а також забезпечено наявність знаків безпеки. Важливо проводити регулярні тренування з евакуації.

3. Пожежна безпека. Лабораторії повинні бути оснащені засобами пожежогасіння (вогнетасники, пожежні крани, системи автоматичного пожежогасіння). Працівники повинні бути навчені користуватися цими засобами та знати розташування аварійних виходів.

4. Перша медична допомога. На робочих місцях повинні бути аптечки першої допомоги, а працівники мають бути навчені наданню першої медичної допомоги при травмах та отруєннях.

Відповідно до законодавства України, відповідальність за створення безпечних і нешкідливих умов праці несе роботодавець. Водночас працівники зобов'язані дотримуватися правил і норм охорони праці, використовувати надані їм засоби захисту та негайно повідомляти про будь-які ситуації, що можуть становити небезпеку для їхнього життя чи здоров'я.

Забезпечення охорони праці та безпеки під час відбору проб на мікропластик та проведення лабораторних досліджень є невід'ємною частиною відповідальної науково-дослідної діяльності. Відповідність вимогам законодавства та системний підхід до безпеки дозволяють мінімізувати ризики і забезпечити здоров'я та життя працівників [26,27].

Інв.№лодл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
------------	--------------	-------------	------------	--------------

6.2 Протипожежна безпека

Пожежна безпека є одним з ключових аспектів охорони праці в лабораторіях, де проводяться дослідження на мікропластик. Враховуючи, що в таких лабораторіях можуть використовуватися легкозаймисті матеріали та хімічні реактиви, необхідно приділяти особливу увагу заходам щодо попередження пожеж та ефективної боротьби з ними у разі виникнення. Серед основних дій для уникнення небезпечних ситуацій варто дотримуватися наступного:

1. Виконувати організаційні заходи

– *Розроблювати інструкції* (всі лабораторії повинні мати розроблені і затвержені інструкції з пожежної безпеки, які повинні бути доступні для всіх працівників);

– *Мати план евакуації* (на видних місцях повинні бути розміщені плани евакуації з вказівками на місця розташування первинних засобів пожежогасіння і аварійних виходів);

2. Проводити навчання та інструктажі

– *Регулярні інструктажі* (всі працівники повинні проходити регулярні інструктажі з пожежної безпеки, які включають навчання використанню вогнегасників, правил евакуації та надання першої допомоги);

– *Пожежно-тренувальні заняття* (потрібно проводити регулярні тренувальні евакуації для відпрацювання дій у разі виникнення пожежі);

3. Мати вогнегасні засоби

– *Вогнегасники* (лабораторії повинні бути оснащені вогнегасниками відповідного типу і кількості, розташованими в легкодоступних місцях);

– *Пожежні крани і шланги* (при необхідності, приміщення мають бути оснащені пожежними кранами та шлангами);

Інв. №поділ.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата
--------------	--------------	---------------	-------------	--------------

ОС 20510095

Арк

55

Вип. Арк. № докум. Підп. Дата

- *Автоматичні системи пожежогасіння* (в лабораторіях з високим ризиком виникнення пожежі бажано встановити автоматичні системи пожежогасіння (спринклери, газові системи));

4. **Запобігання займанням**

- *Правильне зберігання речовин* (хімічні реактиви та легкозаймісті матеріали повинні зберігатися у відповідних умовах, в спеціально відведених місцях, з дотриманням норм безпеки);

- *Контроль за використанням електрообладнання* (електричні прилади повинні регулярно перевірятися на справність, а їх використання повинно відповідати інструкціям з безпеки);

- *Використання витяжних шаф* (при роботі з леткими та легкозаймістими речовинами необхідно використовувати витяжні шафи для зменшення концентрації парів у повітрі);

5. **Протипожежні бар'єри**

- *Роздільні приміщення* (лабораторії повинні бути розділені на секції протипожежними бар'єрами для запобігання поширенню вогню);

- *Автоматичні двері* (використання автоматичних дверей, які закриваються у разі пожежі, може допомогти локалізувати вогонь).

В разі виникнення ознак пожежі (дим, полум'я) необхідно спочатку повідомити про неї, ввімкнувши сигналізацію та зателефонувати пожежникам. Наступним кроком має бути швидка, але не панічна евакуація персоналу і збір в безпечному місці. Якщо пожежа не є великою то можна спробувати її погасити власними силами, проте першочерговим аспектом лишається власна безпека.

Задля попередження пожеж досить буде регулярно перевіряти справність всіх засобів пожежогасіння та аварійного обладнання, здійснювати регулярну оцінку ризиків виникнення пожеж та відповідно коригувати заходи безпеки та вести облік усіх проведених інструктажів, тренувань та перевірок, забезпечуючи документування заходів з пожежної безпеки.

Інв. № по одл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
----------------	--------------	---------------	--------------	--------------

ОС 20510095

Арк

56

Вип. Арк. № докум. Підп. Дата

Виконання цих заходів значно підвищує рівень безпеки в лабораторіях, знижує ризик виникнення пожеж та забезпечує готовність персоналу до ефективних дій у разі надзвичайної ситуації [27].

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ОС 20510095	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		57

ВИСНОВКИ

У дослідницькій роботі було розглянуто загальні види полімерних матеріалів, а саме: полістирол, полівінілхлорид, поліетилен низької та високої щільності, поліпропілен та поліетилен терефталат. Ознайомилися із їх впливом на довкілля, флору і фауну. Було встановлено, що мікропластик може накопичуватися в організмах тварин і людей, що може призвести до порушення їх репродуктивної системи, травлення та інших систем. Мікропластик також може негативно впливати на ґрунт, воду та повітря. Поширюється вбільшості через трофічні ланцюги.

На даному етапі, дослідження в даній сфері ще не є такими цільними та глибокими в порівнянні з дослідженнями інших факторів негативного впливу на наше середовище існування. Проте із наявного матеріалу було виділено основні методи боротьби із мікропластиком, які необхідно вжити для покращення ситуації, а саме:

- зменшення використання пластику (це можна зробити за допомогою відмови від одноразового пластику, використання багаторазових товарів і упаковки, а також підтримки стійких альтернатив);
- поліпшення систем збирання та переробки відходів (це допоможе зменшити кількість пластику, який потрапляє в навколишнє середовище);
- підвищення обізнаності громадськості (важливо, щоб люди знали про проблему мікропластику та про те, як вони можуть допомогти її вирішити);
- розробка нових технологій (необхідно розробити нові технології для очищення ґрунту, води та повітря від мікропластику);
- підтримка наукових досліджень (необхідно проводити більше наукових досліджень, щоб краще зрозуміти вплив мікропластику на довкілля та флору і фауну).

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

					ОС 20510095	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		58

Правове регулювання поводження з відходами в Україні охоплює такі нормативно-правові акти: Закон "Про управління відходами" від 2022 року, Національна Стратегія про управління відходами в Україні до 2030 року, Проект закону "Про упаковку та відходи упаковки", Закон України «Про обмеження обігу пластикових пакетів на території України»

Тож, боротьба з мікропластиком – це спільна задача для всіх. Ми всі можемо зробити свій внесок, зменшивши використання пластику, підтримуючи стійкі альтернативи та поширюючи інформацію про цю проблему. Тільки спільними зусиллями ми зможемо захистити нашу планету від забруднення мікропластиком.

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ОС 20510095	Арк
						59
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про мікропластик у нашому повсякденному житті. *Державне агентство водних ресурсів України*. URL: <https://davr.gov.ua/news/pro-mikroplastik-u-nashomu-povsyakdennomu-zhitti> (дата звернення: 22.03.2024).

2. Carrington D. Airborne plastic pollution ‘spiralling around the globe’, study finds. *the Guardian*. URL: <https://www.theguardian.com/environment/2021/apr/12/airborne-plastic-pollution-spiralling-around-the-globe-study-finds> (date of access: 28.05.2024).

3. Коріненко Б. Мікропластик як глобальне джерело забруднення навколишнього середовища. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2022. 30 груд. С. 7–8. URL: https://www.researchgate.net/publication/367151444_Microplastic_as_a_Global_Source_of_Environmental_Pollution/fulltext/63c59b136fe15d6a572507b2/Microplastic-as-a-Global-Source-of-Environmental-Pollution.pdf (дата звернення: 28.05.2024).

4. Susanti N., Wardiatno Y. The world of plastic waste: a review. *Elsevier*. 2024. P. 3–15.

5. Мікульонок І. Технологічні основи перероблення полімерних матеріалів. 2-ге вид. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 293 с. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/a01b3f86-c11f-49e8-8dc5-49c03b765a0e/content> (дата звернення: 04.04.2024).

6. Джурка Г. Полімерні композиційні матеріали. Полтава : ПОЛТАВ. ДЕРЖ. ПЕД. УН-Т ім. В.Г.КОРОЛЕНКА, 2008. 54 с. URL: <http://dspace.pnpu.edu.ua/bitstream/123456789/3306/1/Dgurka.pdf> (дата звернення: 08.04.2024).

7. Micro/nano-plastics occurrence, identification, risk analysis and mitigation: challenges and perspectives - *Reviews in Environmental*

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

					ОС 20510095		Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			60

Science and Bio/Technology. *SpringerLink*. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11157-021-09609-6> (date of access: 11.04.2024).

8. Wojnowska-Baryła I., Bernat K., Zaborowska M. Plastic waste degradation in landfill conditions: the problem with microplastics, and their direct and indirect environmental effects. *Environmental research and public health*. 2022. P. 7.

9. Ukraine U. 20 способів звільнитися від пластику. *Medium*. URL: <https://undpukraine.medium.com/20-способів-звільнитися-від-пластику-882905160755> (дата звернення: 28.05.2024).

10. 10 простих способів скоротити обіг пластику в 2019 році. *Responsible Future*. URL: <https://responsiblefuture.com.ua/10-prostih-sposobiv-skorotiti-obig-plastiku-v-2019-rotsi/> (дата звернення: 29.05.2024).

11. Біопластик. *БІОС*. URL: <https://www.bioc.com.ua/> (дата звернення: 28.05.2024).

12. Економінчий простір. Суми : Сум. держ. ун-т, 2023. 133 с. URL: <http://prostir.pdaba.dp.ua/index.php/journal/article/view/1459/1403> (дата звернення: 29.05.2024).

13. Directive - 2019/904 - EN - SUP directive - eur-lex. *EUR-Lex – Access to European Union law – choose your language*. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2019.155.01.0001.01.ENG (date of access: 22.05.2024).

14. Про пакування та відходи пакування : Директива Європ. парламенту і ради 94/62/ЄС від 20.12.1994 р. : станом на 29 жовт. 2021 р. URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/55-GOEEI/direktiva-94-62-es.pdf> (date of access: 22.05.2024).

15. Стратегія державної екологічної політики України на період до 2020 року. *Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України*. URL: <http://www.menr.gov.ua/about/strategy> (дата звернення: 22.05.2024).

16. The swedish recycling revolution. *sweden.se*. URL: <https://sweden.se/climate/sustainability/swedish-recycling-and-beyond> (date of access: 23.05.2024).

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

									ОС 20510095	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						61

17. Запровадження повторного використання пластику на підприємствах як елемент інноваційного рішення. Київ : Нац. ун-т «Києво-Могил. акад.», 2020. 82 с.

18. Occurrence, identification and removal of microplastic particles and fibers in conventional activated sludge process and advanced MBR technology / M. Lares et al. *Elsevier*. 2018. Vol. 3, no. 3. P. 3–8.

19. Perren W., Wojtasik A., Cai Q. Removal of microbeads from wastewater using electrocoagulation. *ACS omega*. 2018. Vol. 3, no. 3. P. 3.

20. Про управління відходами : Закон України від 20.06.2022 р. № 2320-IX : станом на 31 берез. 2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text> (дата звернення: 22.05.2024).

21. Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року : Розпорядж. Каб. Міністрів України від 08.11.2017 р. № 820-р : станом на 17 верес. 2020 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-р#Text> (дата звернення: 22.05.2024).

22. Повідомлення про оприлюднення проекту Закону України «Про упаковку та відходи упаковки» – Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. *Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України – офіційний сайт*. URL: <https://mepr.gov.ua/povidomlennya-pro-oprylyudnennya-proyektu-zakonu-ukrayiny-pro-upakovku-ta-vidhody-upakovku/> (дата звернення: 22.05.2024).

23. Про обмеження обігу пластикових пакетів на території України : Закон України від 01.06.2021 р. № 1489-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1489-20#Text> (дата звернення: 22.05.2024).

24. Директива по упаковці - directive 94/62/EU - центр ICR. *ICR*. URL: <https://icr-cert.com.ua/direktiva-shhodo-upakovki-ta-vidhodiv-upakovki-directive-94-62-es/> (дата звернення: 22.05.2024).

25. Директива № 94/62/ЄС Європейського Парламенту і Ради про упаковку і відходи від упаковки : Директива Європ. співтовариства від

Інв. № покл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ОС 20510095					Арк		
										62		
					Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			

20.12.1994 р. № 94/62/ЄС : станом на 4 лип. 2018 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_b05#Text (дата звернення: 22.05.2024).

26. Про затвердження Правил охорони праці на об'єктах з переробки пластичних мас : Наказ М-ва надзвича. ситуацій України від 16.07.2012 р. № 989. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1336-12#Text> (дата звернення: 31.05.2024).

27. Про пожежну безпеку : Закон України від 17.12.1993 р. № 3745-ХІІ : станом на 1 лип. 2013 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3745-12#Text> (дата звернення: 31.05.2024).

Інв.№лодл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ОС 20510095					Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						63