

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Навчально-науковий інститут природокористування
Кафедра екології та технологій захисту навколишнього середовища

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеня бакалавра

студента Тіхачова Анастасія Ігорівна
(ПІБ)
академічної групи 101-20з-1
(шифр)
спеціальності 101 «Екологія»
(код і назва спеціальності)
за освітньо-професійною програмою – «Екологія»

на тему ОЦІНКА НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ПОЛІМЕРНИХ ВІДХОДІВ НА
ДОВКІЛЛЯ ТА РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ЙОГО ЗМЕНШЕННЯ
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
Кваліфікаційної роботи	Борисовська О.О.		
розділів:			
Теоретичного	Борисовська О.О.		
Практичного	Борисовська О.О.		
Охорона праці	Чеберячко Ю.І.		
Рецензент			
Нормоконтроль	Ґрунтова В.Ю.		

Дніпро
2024

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри ЕТЗНС

«__» _____ 2023/2024 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу ступеня бакалавра

студенту Тіхачова А.І. академічної групи 101-20з-1
 (прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 101 «Екологія»

за освітньо-професійною програмою – Екологія
 (офіційна назва)

на тему «Оцінка негативного впливу полімерних відходів на довкілля та розробка рекомендацій щодо його зменшення», затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від _____ № ____

Розділ	Зміст	Термін виконання
Теоретичний	Аналіз проблеми забруднення довкілля полімерними відходами, визначення видів полімерів та їх екологічних характеристик, аналіз обсягів виробництва і використання полімерів, а також екологічні наслідки захоронення, спалювання та потрапляння полімерних відходів у навколишнє середовище.	26.12.23- 01.04.24
Дослідницький	Дослідження фітотоксичних властивостей полімерних відходів методами біотестування, а також розробку рекомендацій щодо зменшення негативного впливу полімерних відходів на довкілля, зокрема, заміни одноразових пластикових виробів на багаторазові та сортування полімерних відходів.	02.04.24- 01.05.24
Охорона праці	Встановлення правил безпеки та заходів щодо уникнення аварійних ситуацій на підприємствах, де здійснюється обробка полімерних матеріалів, з метою забезпечення безпеки працівників.	02.05.24- 01.06.24

Завдання видано _____ Борисовська О.О.
 (підпис керівника) (прізвище, ініціали)

Дата видачі 26.12.23

Дата подання до екзаменаційної комісії _____

Прийнято до виконання _____ Тіхачова А.І.
 (підпис студента) (прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: с. 79, рис. 30, табл. 5, літературних джерел 10, 4 додатки.

Мета роботи – оцінка негативного впливу полімерних відходів на навколишнє природне середовище та розробка рекомендацій щодо його зменшення

У вступі роботи розглядається актуальність проблеми забруднення довкілля полімерними відходами, формулюється мета та завдання дослідження.

У теоретичному розділі роботи проводиться комплексний аналіз видів полімерів, їх виробництва. Вивчаються екологічні наслідки захоронення та спалювання полімерних відходів, а також їх вплив на Світовий океан.

Практичний розділ дослідження включає аналіз стану полімерних відходів у конкретному місці або регіоні, оцінку рівня їхньої шкідливості для природного середовища та розробку конкретних заходів з їх утилізації та зменшення впливу на довкілля.

У висновках наводяться основні результати дослідження, робляться висновки щодо потреби у подальших наукових та практичних дослідженнях у цій області, а також формулюються пропозиції щодо подальших дій у розв'язанні проблеми полімерного забруднення довкілля.

ПОЛІМЕРНІ ВІДХОДИ, УТИЛІЗАЦІЯ, ВТОРИННА ПЕРЕРОБКА, ФІТОТОКСИЧНІСТЬ, БІОТЕСТУВАННЯ, ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА, ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН, ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ, ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ.

Зміст

ВСТУП.....	6
1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ ПОЛІМЕРНИМИ ВІДХОДАМИ.....	8
1.1 Види полімерів та їх екологічна характеристика.....	8
1.2 Аналіз обсягів виробництва та використання полімерів у світі та в Україні.....	10
1.3 Екологічні наслідки захоронення полімерних відходів на полігонах і санкціонованих та стихійних сміттєзвалищах.....	17
1.4 Екологічні наслідки спалювання полімерних відходів в умовах сміттєспалювальних заводів.....	21
1.5 Екологічні наслідки потрапляння полімерних відходів у Світовий океан.....	26
2 ДОСЛІДЖЕННЯ ФІТОТОКСИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОЛІМЕРНИХ ВІДХОДІВ ТА РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ЗМЕНШЕННЯ ЇХ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ.....	33
2.1 Дослідження фітотоксичних властивостей полімерних відходів методами біотестування.....	33
2.1.1 Методика оцінки фітотоксичності за допомогою ростового тесту.....	41
2.1.2 Схема експерименту.....	42
2.1.3 Результати визначення фітотоксичних властивостей полімерних відходів методами біотестування.....	46
2.2 Розробка рекомендацій щодо зменшення негативного впливу полімерних відходів на довкілля.....	56
2.2.1 Заміна одноразових пластикових виробів на багаторазові.....	57
2.2.2 Сортування полімерних відходів та їх вторинна переробка.....	60
3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	63
3.1 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів.....	64
3.2 Пожежна безпека.....	68
3.3 Засоби індивідуального захисту та виробнича санітарія.....	69

3.4 Розробка заходів з охорони праці.....	70
3.5 Медичне обслуговування персоналу.....	75
3.6 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	76
ВИСНОВКИ.....	78
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	80
Додаток А.....	81
Додаток Б.....	82
Додаток В.....	83
Додаток Д.....	86

ВСТУП

Актуальність теми.

Проблема накопичення полімерних відходів стала однією з найбільш актуальних та термінових проблем нашого часу. За останні десятиліття виробництво та споживання пластикових матеріалів значно зросло, призводячи до величезного обсягу відходів, які серйозно впливають на довкілля.

Зростаюча кількість полімерних відходів у природі призводить до забруднення водних ресурсів, знищення екосистем, та загрози для здоров'я людини та тварин. Шляхи розпаду полімерів є дуже повільними, що призводить до тривалого перебування відходів у природі та ймовірності негативного впливу на біорізноманіття.

Метою роботи є оцінка негативного впливу полімерних відходів на навколишнє природне середовище. Для досягнення цієї мети буде проведений аналіз розповсюдження полімерних відходів, їх вплив на водні ресурси та здоров'я людини, а також оцінка наслідків для екосистем.

Для досягнення зазначеної мети були поставлені такі задачі:

1. Проаналізувати проблему забруднення довкілля полімерними відходами, визначити види полімерів та їх екологічні характеристики, проаналізувати обсяги виробництва і використання полімерів, а також екологічні наслідки захоронення, спалювання та потрапляння полімерних відходів у навколишнє середовище.

2. Дослідити фітотоксичні властивості полімерних відходів методами біотестування, а також розробити рекомендації щодо зменшення негативного впливу полімерних відходів на довкілля, зокрема, обґрунтувати заміну одноразових пластикових виробів на багаторазові та сортування полімерних відходів.

3. Розробити правила безпеки та заходи щодо уникнення аварійних ситуацій на підприємствах, де здійснюється обробка полімерних матеріалів, з метою забезпечення безпеки працівників.

Практичне значення роботи

Результати цієї роботи будуть мати практичне значення для розробки стратегій та заходів, спрямованих на зменшення впливу полімерних відходів на навколишнє середовище. Особлива увага буде приділена розробці рекомендацій для виробників, споживачів та законодавців, які сприятимуть зменшенню використання пластикових матеріалів, вдосконаленню системи управління відходами, та створенню інноваційних технологій для переробки полімерних відходів.

Аналіз та узагальнення отриманих результатів дозволить визначити ефективні шляхи розв'язання проблеми полімерних відходів, сприяючи сталому розвитку та збереженню природи для майбутніх поколінь.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ ПОЛІМЕРНИМИ ВІДХОДАМИ

1.1 Види полімерів та їх екологічна характеристика

Сучасний науково-технічний прогрес неможливий без розробки нових матеріалів, які володіють унікальними властивостями. Полімери, які включають в себе різні характеристики, такі як жорсткість, еластичність, твердість, і розчинність, є ключовими в цьому відношенні. Термін "полімер" вказує на те, що його макромолекула складається з численних лінійних, розгалужених або сітчастих молекулярних систем, зображена на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Полімер

Полімери визначаються не стільки складом речовини, скільки її будовою, яка представляє собою макромолекули, що складаються з десятків і сотень тисяч атомів. Різні класи полімерів, такі як термопластики, термореактивні полімери, поліетилен, поліпропілен, та ПВХ, мають різні хімічні властивості та деградаційні шляхи.

Полімерні матеріали можуть перебувати у трьох релаксаційних станах - склоподібному, високоеластичному і в'язкотекучому. Їхні властивості визначаються не лише інтенсивністю теплового руху, але і характером деформацій.

Класифікація полімерів включає три основні групи: органічні, неорганічні і кремнійорганічні. Органічні полімери, такі як еластomers, пластики та волокноутворюючі полімери, використовуються в широкому спектрі технічних та наукових областей. Біополімери, що становлять основу живої природи, також мають свою специфічну будову. Розуміння різноманітності полімерних матеріалів дозволяє розробляти і вдосконалювати нові застосування та стратегії управління цими матеріалами в контексті їхнього впливу на навколишнє середовище.

Незважаючи на велику кількість атомів у складі полімерних речовин, їх хімічна будова (порядок з'єднання атомів у макромолекулі) виявляється порівняно простою. Наприклад, хімічну будову полівінілхлориду можна схематично представити як $(\text{CH}_2\text{—CH}_2\text{—Cl})_n$. Тут позначене число "n" вказує на кількість елементарних ланок мономера, що входять до макромолекули, і характеризує ступінь полімеризації.

Полімери поділяються на три типи залежно від їхнього походження: природні (отримані з природних матеріалів, таких як целюлоза та білки), штучні (отримані хімічною модифікацією природних полімерів, наприклад, віскоза та ацетатні волокна), та синтетичні (отримані синтезом низькомолекулярних сполук).

Полімери можуть бути гомоланцюговими, якщо їхні ланцюги побудовані з однакових атомів, або гетероланцюговими, якщо вони складаються з різних атомів. Основні ланцюги органічних полімерів можуть містити атоми вуглецю, водню, кисню, азоту, сірки та інших елементів.

Полімери також розподіляються на органічні, неорганічні та елементоорганічні. Органічні полімери містять атоми вуглецю та інші елементи, неорганічні полімери не мають атомів вуглецю і включають скло та багато

мінералів. Елементоорганічні полімери, також відомі як напіворганічні, містять бокові радикали, такі як полісілоксани.

Різноманітність структур полімерів виявляється у лінійних, розгалужених, східчастих та сітчастих макромолекулах. Лінійні полімери, такі як поліетилен та полівінілхлорид, мають довгі ниткоподібні ланцюги, в той час як розгалужені полімери мають бічні відгалуження. Сітчасті полімери побудовані з ланцюгів, з'єднаних поперечними хімічними зв'язками, і можуть бути плоскими або просторовими, наприклад, графіт та алмаз. Розуміння хімічної будови та структури полімерів є важливим для подальших досліджень їхніх властивостей та застосувань [1].

1.2 Аналіз обсягів виробництва та використання полімерів у світі та в Україні

Поняття "пластмаси", як ілюстровано на рисунку 1.2, вказує на матеріали, що за певних умов (зазвичай, під впливом температури, тиску, або, в разі потреби, розчинників чи пластифікаторів) можуть набувати певної форми під час полімеризації або на інших етапах обробки, таких як пресування, лиття, екструзія та інші процеси. Цю форму вони можуть зберігати і після припинення впливу зовнішніх чинників.



Рисунок 1.2 – Пластмаси

Полімери та матеріали, що ґрунтуються на них, мають унікальні властивості, що сприяють високій ефективності та рентабельності виробництва.

Основні переваги полімерних матеріалів включають технологічність, здатність уникати важких механічних операцій завдяки їхній технологічності, низькі температури переробки (зазвичай 150-250 °С, значно нижче, ніж у металів та кераміки), можливість отримання кількох виробів за один цикл формування, включаючи складні конфігурації, та висока продуктивність при виробництві безперервних виробів завдяки великим швидкостям виробництва. Автоматизація майже всіх процесів переробки полімерних матеріалів значно знижує вартість виробництва та підвищує якість продукції. Завдяки цим особливостям полімери широко використовуються в різних галузях промисловості та побуту, вимагаючи різних методів переробки та відповідного обладнання.

У сучасному світі полімери та матеріали на їх основі застосовуються практично в усіх галузях економіки через їхні унікальні експлуатаційні властивості, ефективні методи переробки та наявність значних резервів сировини, таких як нафта, природний газ та кам'яне вугілля.

Класифікація хімічних сполук, що базується на молекулярній масі, розрізняє їх на низькомолекулярні (молекулярна маса менше 5000) та високомолекулярні (понад 5000). Молекули високомолекулярних сполук, відомих як макромолекули, складаються з численних атомів. Природні органічні високомолекулярні сполуки, такі як білки та полісахариди, є складовою живої природи. Полімери поділяють на природні, штучні та синтетичні залежно від їхнього походження та способу отримання.

З середини минулого століття річний обсяг виробництва полімерів та матеріалів на їхній основі стрімко збільшився - з 0,35 млн т у 1950 році до 359 млн т у 2018 році. У початкових роки третього тисячоліття полімерні матеріали знаходили застосування у різних галузях, розподіляючись таким чином: тара та упаковка – 34,0 %; будівництво – 18,0 %; транспорт – 10,0 %; електроніка та господарські товари – по 8,0 %; меблі – 7 %; сільське господарство – 2,6 %; одяг – 2,0 %; інше – 10,4 %. Головна властивість полімерів полягає в унікальній ланцюговій будові макромолекул, складених з структурних угруповань (ланок), які з'єднані між собою хімічними зв'язками.

Мономери – це низькомолекулярні сполуки з подвійними або потрійними зв'язками, або функціональними групами (наприклад, $-CH_2OH$, $-NH_2$, $-COOH$ і інші), які можуть взаємодіяти з не менше, ніж двома іншими молекулами мономерів, утворюючи послідовність мономерних одиниць - макромолекул полімеру. На українському ринку полімерів спостерігається вражаючий ріст, зберігаючи свою позицію як один з найбільш швидкозростаючих у світі. Загальне споживання п'яти основних термопластів (поліетилен, поліпропілен, полівінілхлорид, полістирол і поліетилентерефталат) за підсумками 2006 року піднялося практично до 800 тис. тонн. Для порівняння, у 2000 році цей показник становив всього 211 тис. тонн, що свідчить про майже чотириразовий зріст ринку України за шість років.

Кризове зниження виробництва полімерів у 2009 році на 30,2% негативно позначилося на внутрішньому ринку полімерних матеріалів. Однак у 2010 році зростання обсягів внутрішнього споживання на 18,7% сприяло збільшенню виробництва на 11,5%. В 2011 році, при незначному зростанні внутрішнього споживання на 10,2%, виробництво зросло на 62%, що свідчить про значний розвиток експорту.

Наразі в Україні основні полімери – поліетилен, поліпропілен, полістирол, полівінілхлорид (ПВХ). Однак обсяги їхнього виробництва не вдовольняють внутрішніх потреб ринку. Несприятливий вплив світової фінансової кризи на динаміку ринку полімерів був помітною, але окремі сегменти ринку швидко відновили свої позиції.

Ринок полімерних труб в Україні представлений виробництвом з пропілену, вінілхлориду та етилену. У 2011 році вартість полімерної сировини залишалася стабільною, дозволяючи вітчизняним виробникам регулювати ціни без різких коливань. Виробники полімерних труб у 2011 році підвищили обсяги виробництва, але ще не досягли докризового рівня. Значна частка споживання полімерних труб припала на об'єкти до Євро-2012 та інші проекти, що підтримували ринок. Обсяги виробництва поліпропіленових і поліетиленових

труб на початку 2017 року зросли на 41,7%, що пов'язано з поліпшенням економічної ситуації в Україні [2].

Експорт полімерних труб у 2016 році становив лише 2% від обсягу виробництва. Країни СНД залишаються ключовими імпортерами українських труб. Розвиток ринку полімерних матеріалів та рішення проблеми імпортозаміщення має відбуватися в наступних напрямках:

- Повне використання наявних виробничих потужностей з виробництва полімерів (ПВХ, поліпропілен) та капітальна модернізація, будівництво сучасних заводів для задоволення потреб внутрішнього ринку.

- Співпраця в розробці та створенні нових виробництв із розвиненими країнами, купівля ліцензій та обладнання для створення та модернізації виробництв.

- Посилення державного регулювання з урахуванням можливого негативного впливу приватних власників на діяльність підприємств у разі конфлікту інтересів.

Таблиця 1.1 - Вміст компонентів у пластмасах [1]

ТИП СКЛАДОВОЇ	ВМІСТ, % (ЗА МАСОЮ)
Наповнювач	<i>до 95,0</i>
Пластифікатор	<i>до 45,0</i>
Отверджувач (для реактопластів)	<i>до 10,0</i>
Мастило	<i>до 2,0</i>
Реологічні добавки	<i>до 3,0</i>
Барвники або пігменти	<i>до 2,0</i>
Стабілізатори та інгібітори, зокрема:	<i>0,1–5,0</i>
– антиоксиданти та світлостабілізатори;	<i>до 2,0</i>
– антистарителі;	<i>до 3,0</i>
– антиради	<i>до 1,0</i>
Антипірени	<i>до 30,0</i>
Антистатика	<i>до 3,0</i>
Антисептики	<i>до 2,0</i>

Тверді компоненти пластмас, крім зв'язуючого, зазвичай мають форму дисперсних частинок або коротких волокон, що надає можливість обробки пластичних мас різними методами, включаючи безперервні, такі як екструзія та каландрування. У цьому контексті різноманітні спеціальні добавки можуть впливати на технологічні або експлуатаційні властивості пластмаси або навіть поліпшувати їх. Такі добавки можуть включати різні поверхнево-активні речовини, які впливають на гідрофільність або гідрофобність пластмаси, триботехнічні добавки, що регулюють коефіцієнт тертя та опір стиранню, а також добавки, що підвищують адгезію полімерів до певних матеріалів або їхню вогнестійкість та інші властивості. Високомолекулярні сполуки з часом можуть змінювати свої властивості через складні фізико-хімічні процеси, такі як розрив хімічних зв'язків під дією опромінення, тепла та інших факторів, відомих як деструкція.

Для дослідження та аналізу технологій переробки полімерних матеріалів важливим є аналіз фізичних та хімічних властивостей ключових полімерів, які широко використовуються у сучасних технологічних процесах. Зрозуміння властивостей молекул полімерів є критичним для розробки стратегій управління відходами полімерів. Основні характеристики найбільш поширених полімерів представлені у таблиці 1.2.

Вказані полімери відзначаються різним застосуванням і, відповідно, складають різні частки загального обсягу відходів. При аналізі структури полімеру важливо враховувати такі фактори:

- Будову кінцевих груп, відмінних від основної ланки, що повторюється (особливо для олігомерів).
- Неоднорідність хімічного складу, обумовлена можливими побічними реакціями утворення.
- Неоднорідність за числом складових ланок через статистичний характер реакцій утворення.
- Різне просторове розташування ланок у макромолекулі.

- Надмолекулярну структуру.

Ці фактори впливають на властивості та поведінку полімерів під час виробництва та після використання, що підкреслює важливість аналізу та розуміння структури полімерних матеріалів для ефективного управління відходами. Синтетичні полімери визначають найбільшу групу через їхню здатність до суттєвих змін у складі та структурі для досягнення конкретних властивостей матеріалів. Класифікація полімерів базується на різних характеристиках, таких як походження, склад, методи утворення, структура та сфери використання.

Для повноцінного аналізу технологій переробки полімерних матеріалів наряду із вивченням фізичних та хімічних властивостей полімерів слід звертати увагу на їхню морфологію та взаємодію з іншими компонентами в системі. Морфологія, яка описує внутрішню структуру полімеру, може суттєво впливати на його властивості та здатність до переробки. Наприклад, розподіл та розмір дисперсних частинок у полімерній матриці можуть визначати міцність та прозорість кінцевого продукту.

Значну роль у властивостях полімерів відіграють інгібітори деградації, які додаються для захисту від впливу екстремальних умов, таких як ультрафіолетове випромінювання, теплове опромінення або хімічні атаки. Також важливо враховувати взаємодію полімерів з іншими матеріалами в системі, такими як наповнювачі чи добавки, які можуть покращити або погіршити певні властивості.

У процесі управління полімерними відходами важливо розглядати можливості переробки та вторинної переробки полімерних матеріалів. Остання передбачає використання відходів як сировини для нових продуктів, що сприяє зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище та підтримці принципів сталого розвитку. Отже, широкий погляд на властивості, морфологію, хімічний склад та взаємодію полімерів в системі є ключовим для розуміння їхнього поведінки та ефективного управління відходами.

Таблиця 1.2 - Найбільш поширені полімери матеріалів у господарстві [1]

№ з/п	Назва полімерного матеріалу	Формула	Основні фізичні та хімічні властивості	Особливості використання
1	Поліетилен	$(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$	Поділяється на кілька видів, властивості яких суттєво відрізняються	Стійкий до води органіки та хлорорганіки, нестійкий до сильних окисників та фотодеструкції, відмінні діелектричні характеристики, широкий діапазон температур експлуатації
2	Поліпропілен	$(-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-)_n$	Має значний ступінь кристалічності	Висока термостійкість, хороша міцність і жорсткість, стійкість до стирання, еластичність, використовується здебільшого у вигляді сополімерів
3	Полістирол	$(\text{C}_8\text{H}_8)_n$	Щільність: 1,069—1,125 г/см ³ синтезують шляхом полімеризації стиролу	У чистому вигляді є крихким прозорим пластиком, використовується у вигляді сополімерів
4	Полівінілхлорид	$(-\text{CH}_2-\text{CHCl}-)_n$	Термопласт, синтезується шляхом полімеризації вінілхлориду (хлоретилену), полімер з молекулярною масою від 30000 до 150000, із щільністю 1400 кг/м	Має хороші фізико-механічні властивості, використовується у будівництві через свою важкогорючість. При нагріванні понад 140°C розкладається з виділенням хлористого водню
5	Політетрафторетилен	$(-\text{CF}_2-\text{CF}_2-)_n$	Є термопластичним полімером, який одержують полімеризацією тетрафторетилену	Відмінну хімічну стійкість, діелектричні характеристики, одну з найширших амплітуд температур експлуатації, прекрасні антифрикційні та гідрофобні властивості
6	Поліметилметакрилат	$(\text{C}_5\text{O}_2\text{H}_8)_n$	Щільність: 1,18 г/см ³ Температура плавлення: 160°C	Оптична прозорість, що дозволяє застосовувати матеріал у світлотехніці, а також електротехніці, лазерній техніці та як клейову основу, володіє хорошою міцністю, хімічною та маслобензостійкістю
7	Поліаміди	$-\text{NH}-\text{CO}-$	Термопластичні полімери, що мають у ланцюзі макромолекули амідогрупу	Висока міцність, хімічна резистентність, зносостійкість, маслобензостійкість, хороші діелектричні якості, висока хімічна резистентність
8	Реактопласти (термореактивні смоли)	-	-	Характеризуються дуже високими хім властивостями, хорошими термо-механічними та діелектричними характеристиками, нездатні до повторної переробки через утворення неплавкої сітчастої структури між макромолекулами

1.3 Екологічні наслідки захоронення полімерних відходів на полігонах і санкціонованих та стихійних сміттєзвалищах

Полімерні матеріали та вироби з них становлять значну частину твердих побутових відходів, і їх обсяг постійно зростає. Хоча виробничі полімерні відходи частково збираються та направляються на переробку, проблема полімерних відходів у побуті залишається невирішеною.

Головним джерелом полімерних побутових відходів у нашій області є використана тара для фасування харчових продуктів, мінеральної та питної води, різних напоїв (таких як ПЕТ-пляшки, тетра-паки, пакети пакувальні, ковбасні оболонки, плівка, скляна та металева тара, як показано на рисунку 1.3). Тара становить 7% вартості готової продукції. Крім того, значна кількість полімерних відходів утворюється внаслідок одноразового посуду, будівельних матеріалів, фарб, лаків, клеїв та інших товарів, що містять хімічні речовини. Недотримання технологічних регламентів при виробництві цих товарів може негативно впливати на здоров'я людей та навколишнє середовище.

Спільне збирання полімерних відходів разом із іншими побутовими відходами значно збільшує обсяги останніх. Вивезення їх на сміттєзвалища та полігони твердих побутових відходів скорочує терміни експлуатації таких об'єктів, і ці відходи можуть залишатися в ґрунті протягом багатьох років, забруднюючи його. Значна частина використаних ПЕТ-пляшок, поліетиленової плівки, пакетів та одноразового посуду під час дощів і повеней потрапляє в річки, що призводить до захаращення берегів і забруднення водойм.

На Закарпатті, в деяких адміністративних територіях, вже існують ініціативи щодо організації збору використаної полімерної тари, яка після пресування відправляється на переробку. Однак це рішення лише частково вирішує проблему в містах, оскільки більшість населених пунктів області не мають організованого збору таких відходів у спеціальні контейнери [3].



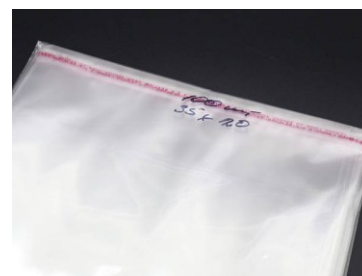
а – Тара для фасування продуктів



в – Тара для питної води



б – Тетра-паки



г – Пакувальні пакети



д – Ковбасні оболонки



ж – Плівка

Рисунок 1.3 – Найбільш розповсюджені полімерні відходи (а, б, г, д)

У зв'язку зі складною ситуацією щодо твердих побутових відходів загалом, а також полімерних відходів зокрема, важливо акцентувати увагу на необхідності ефективного управління ними на вищому рівні влади та впровадження шляхів їх вирішення. Населені пункти, особливо міста та районні центри, повинні включати в Схеми санітарної очистки та прибирання відповідні стратегії як частину Генерального плану розвитку населених пунктів у плануванні та благоустрої.

Схема санітарної очистки має зосередитися на вирішенні загальної проблеми побутових відходів та специфічно на полімерних відходах. Вона повинна включати такі аспекти:

- Організація окремого збору полімерних відходів через встановлення спеціальних контейнерів та пунктів прийому використаної тари.
- Впровадження системи початкової переробки полімерних побутових відходів для зменшення їх обсягу (різка, пресування, пакування).
- Впровадження методів утилізації підготовлених полімерних побутових відходів або їх вивезення на подальшу переробку.

У світі існують різні методи обробки полімерних відходів, які обираються залежно від їх складу. До найпоширеніших методів належать вторинне використання з подальшою переробкою в мономери та штучне паливо, спалювання, захоронення на полігонах та біорозклад. Важливо враховувати, що всі ці методи можуть призводити до забруднення навколишнього середовища, за винятком вторинного використання полімерних виробів у вигляді вторинної сировини. Вибір конкретного методу повинен здійснюватися з урахуванням конкретних умов та можливостей.

У зв'язку зі складною ситуацією щодо твердих побутових відходів та особливо полімерних відходів, важливо вирішити цю проблему на вищому рівні влади та впровадити ефективні стратегії управління ними. Населені пункти, зокрема міста та районні центри, повинні включити в Схеми санітарної очистки та прибирання конкретні заходи щодо збору та переробки полімерних відходів, а також розробляти альтернативи з екологічно безпечних матеріалів.

Зокрема, важливо організувати окремий збір полімерних відходів за допомогою спеціальних контейнерів та пунктів прийому використаної тари, впроваджувати систему початкової переробки для зменшення обсягу відходів та використовувати ефективні методи утилізації або вивезення для подальшої переробки. Паралельно з цим, враховуючи міграцію хімічних речовин з полімерів в навколишнє середовище, слід звертати увагу на культуру

відношення до відходів та розвивати програми переробки та утилізації полімерних відходів.

Зменшення використання полімерів та пластмас у виробництві становить ключовий крок у запобіганні забрудненню навколишнього середовища, а розвиток альтернатив з екологічно безпечних матеріалів та підтримка програм переробки можуть сприяти цьому завданню. Крім того, освіта споживачів про вплив полімерів на навколишнє середовище є важливою, і перехід до використання більш екологічних матеріалів та виробів може значно зменшити негативний вплив полімерних відходів. Загальна участь суспільства, влади та промислових підприємств у цьому питанні є ключовою для створення сталого та екологічно безпечного світу.

У світлі сучасних тенденцій, проблема переробки полімерних матеріалів стає важливою з двох позицій. По-перше, це питання стосується охорони навколишнього середовища, оскільки необроблені полімерні відходи можуть значно забруднювати довкілля. По-друге, умови дефіциту полімерної сировини роблять відходи полімерів цінним ресурсом. У Європейських країнах вже функціонують ефективні системи збору та переробки полімерних відходів, які можуть служити прикладом для інших регіонів [3].

Національна стратегія управління відходами до 2030 року в Україні визначає ряд заходів для покращення управління відходами, включаючи удосконалення законодавства, інноваційні ініціативи, залучення інвестицій, та розвиток необхідної інфраструктури. Планується впровадження системи обліку відомостей про номенклатуру та обсяги відходів на всіх етапах їхнього життєвого циклу, від виникнення до переробки, утилізації та захоронення.

У рамках цієї стратегії в Україні також впроваджено обов'язкове сортування сміття за видами матеріалів та його подальше розділення на категорії, придатні для повторного використання, для захоронення та небезпечні відходи. Також запроваджено заборону на вивіз нерозділених відходів на полігони та сміттєзвалища. Ці заходи сприяють створенню ефективної системи

управління відходами в країні та сприяють зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище. Згідно з експертними оцінками, лише від 4% до 7% побутових відходів із полімерами в Україні піддаються вторинній переробці.

1.4 Екологічні наслідки спалювання полімерних відходів в умовах сміттєспалювальних заводів

Спалювання полімерних відходів створює небезпеку через утворення токсичних газів, таких як діоксини та фурани, які можуть виходити у повітря та впливати на якість атмосферного повітря. Ці хімічні сполуки можуть мати серйозні наслідки для здоров'я, спричиняючи проблеми з диханням, алергічні реакції та навіть онкологічні захворювання.

При цьому важливо враховувати, що полімерні матеріали можуть мігрувати в навколишнє середовище не лише під час спалювання, але і під впливом інших факторів, таких як розкладання або взаємодія з іншими хімічними речовинами. Це може призводити до забруднення ґрунту та водних ресурсів, створюючи екологічні проблеми на різних етапах життєвого циклу полімерних виробів.

Особливо важливо звертати увагу на безпеку та вплив полімерних відходів під час їхньої переробки та використання. Впровадження інноваційних технологій, що спрямовані на безпечну та ефективну обробку полімерів, стає ключовим аспектом сталого управління відходами та збереження навколишнього середовища для майбутніх поколінь.

Аналізуючи дані, представлені на рисунках 1.4, 1.5, можна відзначити, що обсяг небезпечних відходів, призначених для спалювання в Україні, систематично зменшується. За останні роки відбулося суттєве зменшення цієї категорії відходів: наприклад, з 71,4 тисяч тонн у 2005 році до 6,32 тисяч тонн у 2016 році, що відповідає зниженню з 3% до 1% [4].

Важливо зазначити, що з 2014 року в статистичних даних відсутня інформація про відходи, що генеруються на території Автономної Республіки Крим, міста Севастополя та в деяких частинах зони проведення

антитерористичної операції. Відсутність цих даних може внести специфічні відмінності у загальний обсяг та характеристики відходів національного рівня, роблячи важливим подальше дослідження та моніторинг у цих регіонах для повноцінного управління відходами та оцінки екологічних ризиків.

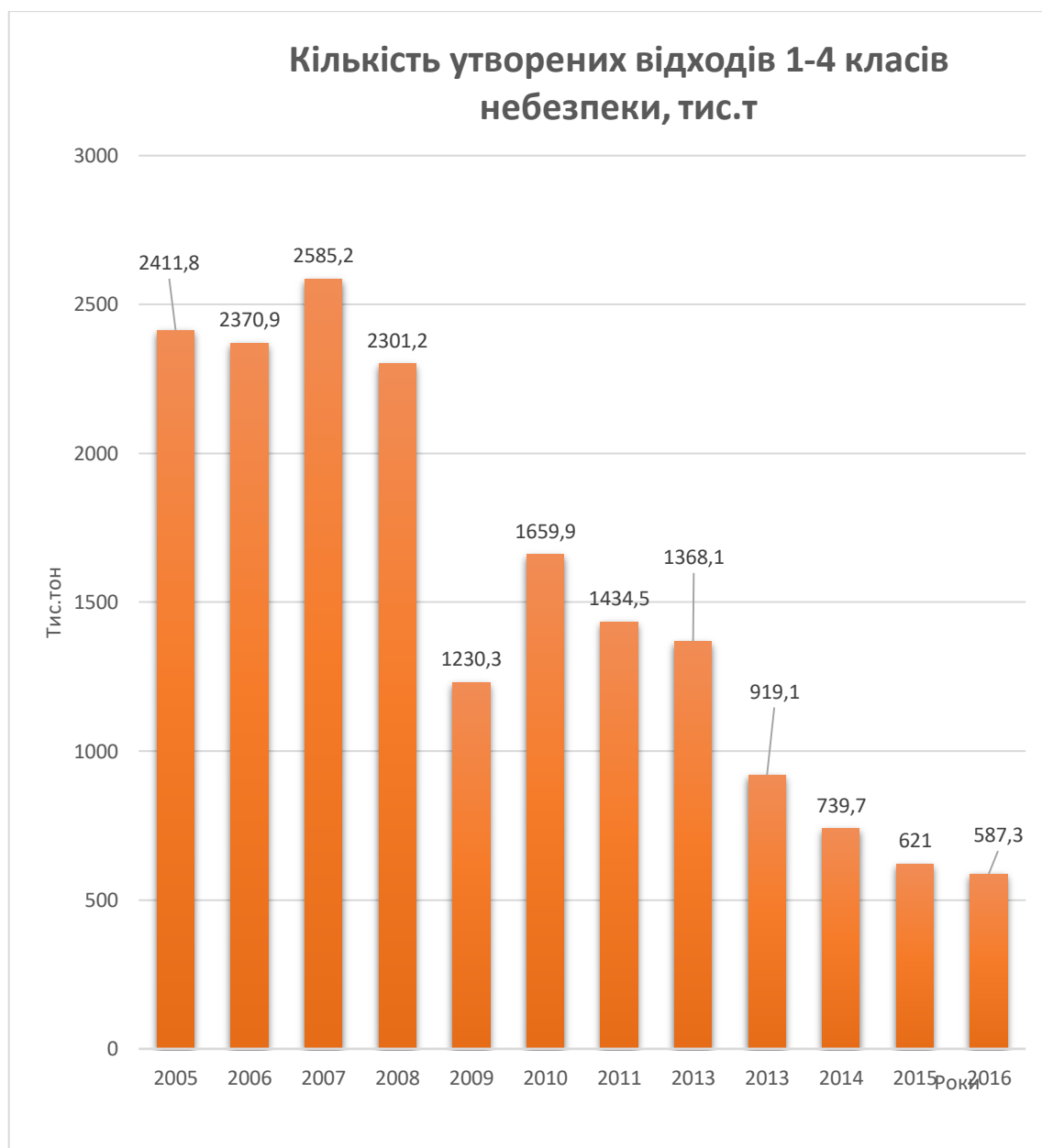


Рисунок 1.4 – Кількість утворення відходів 1-4 класів небезпеки, тис.т



Рисунок 1.5 – Кількість спалених відходів 1-4 класів небезпеки, тис.т

Таблиця 1.3 – Підрахунок обсягу корисних компонентів ТПВ

КОМПОНЕНТ ВІДХОДІВ	КІЛЬКІСТЬ У ЗАГАЛЬНІЙ МАСІ ВІДХОДІВ, %	КІЛЬКІСТЬ СПАЛЕНИХ КОМПОНЕНТІВ ВІДХОДІВ, ТИС. Т
<i>Папір, картон</i>	25	427,33
<i>Харчові відходи</i>	36	615,35
<i>Деревина</i>	2,8	47,86
<i>Метал чорний</i>	3,0	51,28
<i>Метал кольоровий</i>	0,25	4,27
<i>Скло</i>	5,5	94,01
<i>Пластмаса</i>	3,3	56,41
<i>Разом</i>	75,85	1296,5

З аналізу таблиці 1.3 видно, що протягом років в Україні було втрачено приблизно 1,3 млн тонн цінної сировини, яку можна було б вторинно переробити. Зокрема, великий обсяг втрат свідчить про неефективність управління відходами та потребу в удосконаленні методів їх обробки.

Застосування застарілих технологій спалювання сміття в Україні призводить до комплексного забруднення навколишнього середовища, включаючи повітряний басейн, ґрунтові та поверхневі води. За кожен тону спалених побутових відходів формується значна кількість шлаків та летючої золи, які відносяться до небезпечних промислових відходів.

Із суттєвим зменшенням вартості вторинної сировини та появою небезпеки токсичної золи, утвореної внаслідок спалювання, суспільство та влада повинні активно працювати над альтернативними методами управління побутовими відходами. Важливо враховувати негативний вплив на здоров'я людей та навколишнє середовище та шукати більш сталий та екологічно безпечний підхід.

Спалювання полімерних побутових відходів на сміттєспалювальних заводах в Україні призводить до серйозних екологічних наслідків, таких як викиди шкідливих газів, утворення токсичних залишків та втрати можливості використання цих матеріалів у вторинній переробці. Перехід до більш сталого та ефективного управління побутовими відходами може сприяти збереженню цінних ресурсів та зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище.

На жаль, додаткова інформація про проблему втрати 1,3 млн тонн цінної сировини та невиправданого спалювання побутових відходів в Україні свідчить про неефективність системи управління відходами в країні. Це також вказує на необхідність широкомасштабних реформ у сфері відходів та прийняття більш екологічно відповідальних підходів до їх обробки та використання.

Окрім того, низька ефективність сучасних технологій спалювання сміття не лише призводить до утворення небезпечних відходів, але й негативно впливає на якість повітря, ґрунту та водойм в навколишніх районах. Великі обсяги шлаків та токсичної золи, що виникають у результаті цього процесу, потребують

спеціалізованої обробки та вивезення, що становить значний екологічний виклик для країни.

У контексті світових тенденцій та сучасних стандартів, Україна також може користуватися досвідом країн, які успішно реалізували програми вторинної переробки та використання відходів. Важливо приділити увагу науковим та технологічним інноваціям у галузі обробки побутових відходів, зокрема полімерних, для забезпечення ефективного та екологічно безпечного використання цих ресурсів.

Загально визнана необхідність переходу до більш сталого способу управління відходами та введення сучасних технологій переробки полімерних матеріалів вказує на те, що розвиток цього напрямку може внести значний внесок у покращення екологічної ситуації в Україні та сприяти створенню більш сталого та екологічно безпечного суспільства.

Національна стратегія управління відходами до 2030 року, яка передбачає зменшення обсягів захоронення побутових відходів до 30%, підкреслює необхідність системних змін у підходах до управління відходами. Однією з ключових стратегій може бути акцент на розвиток та впровадження сучасних технологій переробки полімерів, які дозволять ефективно використовувати ці матеріали, замість їх спалювання або захоронення.

Інвестування у дослідження та впровадження новітніх технологій переробки пластикових відходів може сприяти створенню відкритих інноваційних ринків та забезпечити створення нових підприємств та робочих місць. Розробка ефективних методів вторинної переробки полімерів дозволить значно зменшити негативний вплив цих матеріалів на довкілля та ресурсоемність виробництва.

Світовий досвід свідчить про те, що впровадження прогресивних систем сортування та переробки, а також створення ефективної інфраструктури для відновлення пластикових відходів, може значно підвищити відсоток вторинної переробки та зменшити кількість відходів, що потрапляють на сміттєзвалища чи піддаються спалюванню.

Залучення громадськості, освітні кампанії та формування екологічної культури споживачів також відіграють важливу роль у формуванні сталого споживчого підходу. Посилення контролю та нагляду за виробництвом та видаленням пластикових виробів може стимулювати компанії до розробки екологічно відповідальних продуктів та упровадження ефективних систем утилізації відходів.

Загалом, вирішення проблеми полімерних відходів в Україні вимагає комплексного підходу, що об'єднує усі рівні суспільства, від громадян та громадських організацій до владних структур та підприємств. Тільки спільні зусилля та відповідальна поведінка можуть призвести до створення сталого та екологічно безпечного управління полімерними відходами в Україні.

1.5 Екологічні наслідки потрапляння полімерних відходів у Світовий океан

Екологічні наслідки потрапляння полімерних відходів у Світовий океан становлять серйозну загрозу морському середовищу та всій планеті. Пластикові матеріали, такі як пляшки, торби, мікрочастинки та інші полімерні вироби, викидаються в океан з різних джерел, включаючи сміттєзвалища, річковий стік, атмосферне осідання та морську діяльність.

Однією з ключових проблем є повільний розпад полімерних матеріалів в природі, що призводить до утворення мікроскопічних частинок. Ці частинки можуть бути надзвичайно шкідливими для морських екосистем, оскільки потрапляють у воду та можуть взаємодіяти з різними видами морського життя.

Ефекти потрапляння полімерів у Світовий океан включають забруднення води та формування джерел токсичних речовин, що можуть потрапити в харчовий ланцюг через водних організмів. Морські тварини, такі як риби та морські птахи, можуть помилятися цими частинками за їжу, що призводить до їхньої смерті або забруднення харчового ланцюгу.

Крім того, пластик може взаємодіяти з хімічними речовинами в океані, вивільняючи токсичні сполуки та сприяючи подальшому забрудненню води та

грунту. Економічний збиток також не може бути недооцінений, оскільки забруднення океану може призвести до втрат в рибальстві, туризмі та інших галузях, пов'язаних із морем.

Для подолання цієї проблеми важливо впроваджувати стратегії зменшення використання пластикових виробів, поліпшення систем вторинної переробки та активну участь у глобальних ініціативах з очищення океанів від полімерних забруднень. Глобальне усвідомлення та спільні зусилля націй є вирішальними для збереження морського середовища та забезпечення сталого розвитку планети.

Проблема з пластиковим забрудненням вод Світового океану є серйозною та вимагає негайних заходів для її вирішення. Пластикові відходи, які потрапляють до океану, представляють значний ризик для морського середовища та його біорізноманіття.

Важливо відзначити, що причиною зростання концентрації пластику в океані є його накопичення у субтропічних круговертях. Ці області, які охоплюють 40% площі Світового океану, стають своєрідними "сміттєзвалищами", де пластик зберігається та накопичується. Головна причина цього явища полягає в тому, що океан розташований нижче за течією, що призводить до того, що він приймає в себе велику кількість пластикових відходів.

Наукові дослідження вказують на те, що пластик великою мірою концентрується у водах субтропічних областей, особливо в місцях, які відомі своєрідними морськими кругообертаннями. Це не лише загрожує водному життю, але також впливає на екосистему океану в цілому.

Для вирішення цієї проблеми необхідно вжити ефективних заходів, таких як зменшення використання пластикових продуктів, вдосконалення систем вторинної переробки та підтримка наукових досліджень щодо нових технологій управління пластиковими відходами. Тільки спільні зусилля на міжнародному рівні можуть допомогти зменшити вплив пластикового забруднення на Світовий океан та зберегти його унікальне середовище.



Рисунок 1.6 – Формування сміттєвих плям

Проблема забруднення вод Чорного моря побутовими відходами з суходолу України є важливим аспектом екологічної ситуації в регіоні. Наукові дослідження підтверджують, що кожен годину річки вивозять у море від 6 до 50 елементів сміття, з яких 83% складає пластик. Це високий відсоток пластикових відходів в загальній структурі сміттєвих елементів, що потрапляють в Чорне море.

Зокрема, серед видів пластикового сміття, яке переважає у водах Чорного моря, можна виділити конкретні категорії, як зображено на рисунках 1.7 – 1.8 [5]. Ці дослідження вказують на необхідність прийняття превентивних заходів та впровадження програм вторинної переробки для зменшення викидів пластикових відходів в річкових системах, що впливають на екосистему Чорного моря. Розв'язання цієї проблеми вимагає спільних зусиль громадян, влади та науковців для забезпечення сталого управління водними ресурсами та збереження біорізноманіття Чорного моря.

У морській воді

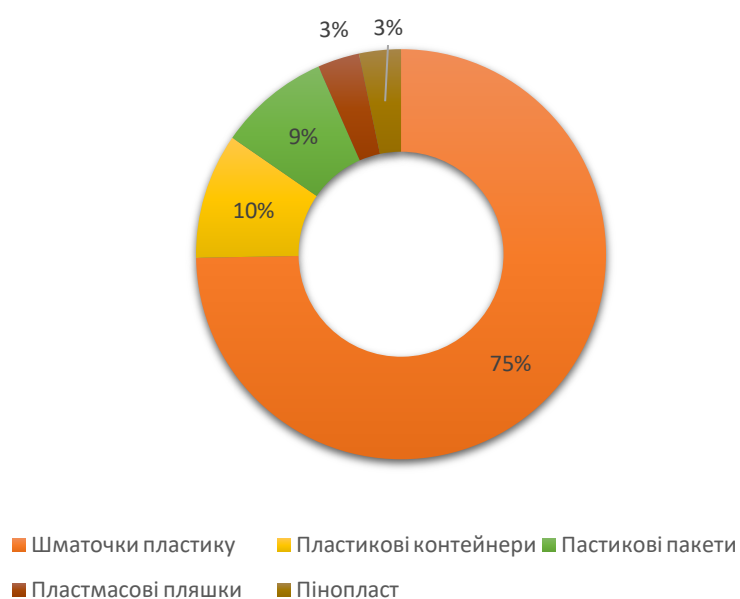


Рисунок 1.7 – Склад пластикового сміття, що переважає у морській воді

У водах річок

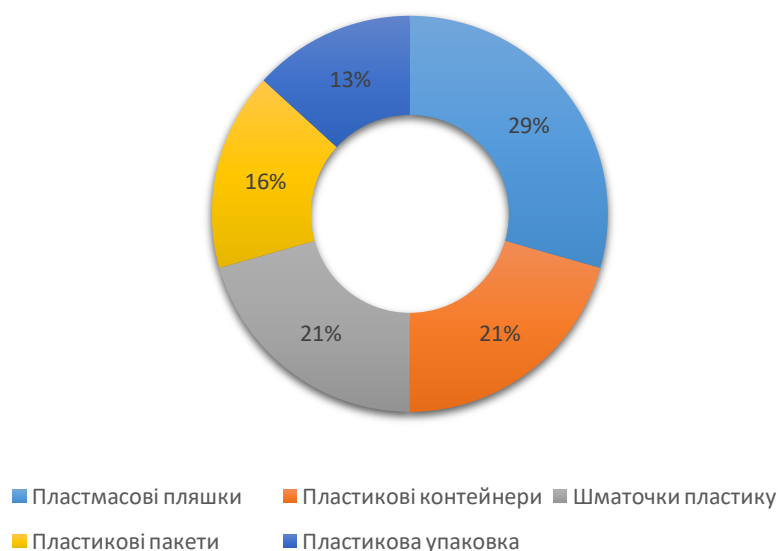


Рисунок 1.8 – Склад пластикового сміття, що переважає у водах річок

Побутовий пластик, що надходить у водойми, походить з різних джерел і стає важливою проблемою для морських екосистем. Наприклад, пластмасові

відходи, розкидані під час негоди, незаконно скидані в океан та змив виробів з пластиком в унітази, є лише кількома прикладами того, як цей вид забруднення надходить до великих і малих водойм.

Зокрема, мікропластик, який потрапляє у воду через аварії на виробництві або під час транспортування, має вигляд, схожий на водорості, тому часто стає об'єктом споживання для морських істот. На жаль, це може призвести до серйозних наслідків для морської фауни. Зафіксовані випадки гибелі птахів, які, наковтавшись пластикового сміття, померли від голоду, ілюструють невідкладну потребу в розвитку стратегій для зменшення впливу пластикового забруднення на природне середовище, як це показано на рисунку 1.9 [6]. Вирішення цих питань вимагає комплексного підходу, що включає в себе ефективне управління виробництвом, використанням пластику та вдосконаленням систем вторинної переробки.



Рис. 1.9 – Мертвий птах від пластикового сміття

Пригода із мертвим кашалотом в Індонезії, у животі якого виявили шість кілограмів пластику, справила глибоке враження на міністра охорони довкілля та ядерної безпеки Німеччини, Свенью Шульце (Svenja Schulze). Цей морський ссавець проковтнув 115 пластикових склянок, 25 целофанових пакетів, чотири

пластикові пляшки, дві пари взуття та інше неїстівне сміття, як показано на рисунку 1.10. На жаль, подібні випадки не є винятком.

Висловлюючи своє обурення, міністр зазначила, що подібні інциденти вимагають кардинальних змін у підходах до управління пластиком забрудненням. З її словами: "Нам належить рішуче змінити ситуацію щодо пластикового сміття" [7]. Цей випадок став ще однією крижаною горою, що підкреслює необхідність негайних заходів для обмеження використання пластику та вдосконалення систем його переробки для збереження природного середовища.



**Рисунок 1.10 – Морський савець проковтнув 6 кг
пластикового сміття**

Аналіз проблеми забруднення довкілля полімерними відходами вказує на серйозні екологічні виклики, які виникають внаслідок великого обсягу виробництва та використання полімерів у світі та в Україні. В першому розділі розглядались різні види полімерів та їх екологічна характеристика, що відзначається тривалим розкладом та негативним впливом на довкілля.

Обсяги виробництва та використання полімерів у світі вказують на постійний ріст цієї проблеми, яка породжує наслідки на різних етапах життєвого циклу полімерних виробів. Особливо тривожними є екологічні наслідки захоронення полімерних відходів на полігонах і сміттєзвалищах, де вони можуть випускати токсичні речовини та залишатися стійкими в природі.

Спалювання полімерних відходів на сміттєспалювальних заводах призводить до додаткових проблем, пов'язаних із забрудненням повітря та викидами токсичних речовин. Це свідчить про необхідність розробки більш екологічно безпечних методів утилізації полімерів.

Особливу загрозу природному середовищу становить потрапляння полімерних відходів у Світовий океан, що призводить до серйозного впливу на морське життя та екосистему океану загалом. Це вимагає негайних міжнародних зусиль для зменшення викидів полімерів та розробки ефективних стратегій боротьби з цією проблемою.

Загалом, забруднення довкілля полімерними відходами визначається комплексом факторів, що вимагає комплексного підходу до вирішення, такого як зменшення використання полімерів, вдосконалення систем утилізації та посилення свідомості громадськості щодо проблеми забруднення довкілля полімерними матеріалами.

РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ФІТОТОКСИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОЛІМЕРНИХ ВІДХОДІВ ТА РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ЗМЕНШЕННЯ ЇХ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ

2.1 Дослідження фітотоксичних властивостей полімерних відходів методами біотестування

Дослідження фітотоксичних властивостей полімерних відходів через біотестування – це важлива область екологічних досліджень. Біотестування використовує живі організми, такі як рослини, для визначення токсичності речовин або матеріалів. В цьому випадку рослини використовуються для визначення того, як полімерні відходи впливають на їхній зріст, розвиток та загальне здоров'я.

Основна мета такого дослідження – це з'ясувати, наскільки полімерні відходи можуть бути шкідливими для рослинного середовища та екосистеми загалом. Дослідження може включати експерименти з вирощуванням рослин у середовищі з додаванням полімерних відходів у різних концентраціях, а потім спостереження за їхнім розвитком та реакцією на ці впливи.

У дослідженні фітотоксичних властивостей полімерних відходів були використані сім видів пластику: поліетилен (PE), поліпропілен (PP), полістирол (PS), полівінілхлорид (PVC), поліетилентерефталат (PET), полікарбонат (PC) та Other. Це дослідження є важливим для розуміння того, як кожен вид пластику впливає на рослини та екосистеми. Різноманітність пластиків, їхні різні умови розкладання та застосування, а також кумулятивний ефект від їхнього накопичення в навколишньому середовищі вказують на необхідність такого дослідження для розробки стратегій управління відходами та мінімізації їхнього негативного впливу на довкілля.

Дивлячись на пластик, можна дізнатись до якого виду він відноситься за декількома ознаками. Перш за все, можна перевірити позначення на виробі, такі як коди від 1 до 7 в трикутниках, які зазвичай знаходяться на дні або бічній стороні. Наприклад, коди PETE (1), HDPE (2), PVC (3), LDPE (4), PP (5), PS (6)

та Other (7) вказують на відповідний вид пластику. Також можна оцінювати характеристики пластику, такі як його прозорість, гнучкість, жорсткість та температурну стійкість, що допомагає визначити його вид. Для точної ідентифікації також можна використовувати спеціальні хімічні тести або прилади, які реагують на характеристики конкретного виду пластику. Приклад маркування пластику наведено на рис. 2.1.

Маркування пластику



**Рисунок 2.1 – Маркування пластику
(1– Поліетилентерефталат, PET або ПЕТ)**

Цей тип пластику був винайдений у 1978 році і швидко почав застосовуватися для виготовлення пляшок об'ємом 1,5-2 літри для холодних напоїв. Він є надзвичайно поширеним у нашому повсякденному житті і використовується для виробництва пляшок для напоїв, рослинної олії, кисломолочних продуктів, соусів і багато іншого. Цей тип пластику, який має назву поліетилентерефталат (PET), легко піддається переробці. Проте, важливо зазначити, що він може виділяти шкідливу речовину, таку як бісфенол А, під впливом високої температури, тому його використовують переважно одноразово. PET також використовується для виготовлення контейнерів, кришок

і упаковки різної жорсткості, включаючи прозорі та непрозорі варіанти для харчових і нехарчових продуктів, таких як молоко, соки, миючі засоби, косметика і багато іншого. Маркування поліетилентерефталат, PET або ПЕТ наведено на рисунку 2.1.



**Рисунок 2.2 – Маркування поліетилентерефталат, PET або ПЕТ
(2 – Поліетилен високої щільності, PEHD (HDPE))**

В побуті широко використовується у вигляді "плівки", яка має хорошу розтяжність і використовується як обгортка для побутової техніки або тонка самоклеюча харчова плівка. Цей тип пластику приймають на переробку і за нормальних умов не є токсичним. Проте, при високих температурах він може виділяти формальдегід - канцерогенну речовину, яка може викликати ракові захворювання. Формальдегід, який може виділятися з продуктів з цього пластику, може негативно впливати на слизові оболонки і шкіру. Цей тип пластику має позначення поліетилен високої щільності (HDPE), або PEHD (HDPE), і він стійкий до масел, кислот, лугів та інших агресивних речовин. Температурний діапазон експлуатації HDPE-тари досить великий, від -80°C до

+110°C. Щоб відрізнити контейнери з HDPE від PET-пляшок, можна перевірити код переробки в трикутнику - HDPE має позначку 2, тоді як PET має позначку 1. Також можна звернути увагу на деталі на денці: HDPE має косу смужку, а PET - круглу ямку. Маркування поліетиленутерефталат, високої щільності, PEHD (HDPE) наведено на рисунку 2.3.



Рисунок 2.3 – Маркування поліетилен високої щільності, PEHD (HDPE) (3 – Полівінілхлорид, PVC або ПВХ)

Цей тип пластику є найбільш отруйним та найбільш небезпечним для здоров'я. Він майже не піддається переробці і використовується з 1927 року. Цей матеріал, відомий як полівінілхлорид (PVC), застосовується для виробництва лінолеуму, віконних профілів, меблів, упаковки побутової техніки, штучної шкіри, плівки для натяжних стель, труб, ізоляції проводів та кабелів, обгортки для сиру та м'яса, пляшок для рослинних олій, а також дитячих іграшок. Проте, при спалюванні полівінілхлориду утворюються високотоксичні хлорорганічні сполуки, і після десяти років служби вироби з ПВХ можуть починати самостійно виділяти токсичні речовини. Позначення PVC або ПВХ наведено на виробі.

Незважаючи на його отруйні властивості, PVC є безпечним при контактах з їжею, термостійким та міцним, і може бути підданий переробці. Маркування полівінілхлориду, PVC або ПВХ наведено на рисунку 2.4.



**Рисунок 2.4 – Маркування полівінілхлорид, PVC або ПВХ
(4 – Поліпропілен, PP або ПП)**

З поліпропілену (PP або ПП) виготовляють відра, посуд для гарячих страв, контейнери для заморожування продуктів, диски, одноразові шприци, баночки для ліків, мішки для цукру, підгузки та верхній шар гігієнічних прокладок, кришки для пляшок, пляшки для кетчупів, стаканчики для йогуртів, труби та бампери. Позначення PP або ПП зазвичай можна знайти на виробі. Маркування поліпропілену, PP або ПП наведено на рисунку 2.5.

Поліетилен високого тиску (HDPE або ПВТ) широко використовується для виробництва різноманітних пакувальних матеріалів, пакетів для супермаркетів, CD, DVD-дисків та інших виробів. Упаковки від памперсів та підкладки також часто виготовляються з LDPE. Позначення HDPE або ПВТ зазвичай можна

знайти на великих поліетиленових кульках (пакетах). Поліетилен високого тиску відрізняється тим, що погано розтягується і може рватися при натяжінні.



Рисунок 2.5 – Маркування поліпропілен, PP або ПП (LDPE) (5 – Поліетилен високої щільності, PELD)

На початку весни 2017 року, пункти прийому вторинної сировини не приймали цей тип поліетилену. Позначення PEHD (HDPE) можна знайти на виробі. Цей поліетилен потенційно небезпечний через наявність стиролу. Він може підлягати переробці і застосовується для виробництва одноразового посуду, пакувальних таць для харчових продуктів, контейнерів для їжі, декоративної плитки для стелі, дитячих іграшок та теплоізоляційних плит. Рекомендується використовувати його один раз, оскільки при нагріванні чи повторному використанні може виділятися стирол. Позначення PS або ПС також можна знайти на виробі. Всі інші типи пластику, як правило, включають багат шарову упаковку або містять суміш кількох видів пластику.



**Рисунок 2.6 – Поліетилен низької щільності, PELD (LDPE)
(6 – Полістирол, PS або ПС)**

До цієї групи також відносяться сучасні екологічні види пластику, які розкладаються в природних умовах. Такі матеріали стають все більш популярними завдяки своєму меншому негативному впливу на навколишнє середовище. Природні розкладаються полімери відіграють важливу роль у зменшенні навантаження на земну поверхню від пластикових відходів та у зниженні викидів парникових газів. Маркування інших видів пластику наведено на рисунку 2.8 [11].

Таблиця 2.1, яка подана нижче, містить розгорнуту інформацію про основні типи полімерів, які входять до складу твердих побутових відходів. Кожен тип полімеру описано з точки зору його застосування, основних характеристик та рівня токсичності. Це дозволяє визначити вплив цих матеріалів на навколишнє середовище та оцінити можливі наслідки для здоров'я людей, сприяючи формуванню більш свідомого підходу до використання та переробки пластикових виробів.



Рисунок 2.7 – Маркування полістиролу, PS або ПС



Рисунок 2.8 – Маркування інше або OTHER

Таблиця 2.1 – Характеристика та токсичність основних типів полімерів в складі твердих побутових відходів

<i>Полімер</i>	<i>Застосування</i>	<i>Основні характеристики</i>	<i>Токсичність</i>
PET	Пляшки для напоїв, упаковка	Легкий, міцний, переробка, випаровування ВРА при високих температурах	Спростовано токсичність, але може випускати ВРА
HDPE	Пляшки, пакети, контейнери	Висока стійкість, переробка, широкий температурний діапазон	Нетоксичний
PVC	Будівельні матеріали, медичні вироби	Гнучкий або жорсткий, хімічно стійкий, викиди при виробництві можуть містити токсичні речовини	Може містити токсичні речовини, якщо не виготовлений правильно

<i>Полімер</i>	<i>Застосування</i>	<i>Основні характеристики</i>	<i>Токсичність</i>
LDPE	Пакети, плівка, пляшки	Гнучкий, легкий, погано розтягується, переробка	Нетоксичний
PP	Упаковка, контейнери	Жорсткий, термостійкий, переробка	Нетоксичний
PS	Упаковка, столові прилади	Легкий, жорсткий, може бути прозорим або непрозорим	Може містити токсичні речовини при горінні
Інші	Різноманітні застосування	Різні властивості в залежності від конкретного полімеру	Різна залежно від конкретного полімеру

2.1.1 Методика оцінки фітотоксичності за допомогою ростового тесту

Біотестування – це не лише спосіб виявлення впливу різних шкідливих факторів на живі організми, але й потужний інструмент для оцінки якості навколишнього середовища та контролю рівня забруднення. Цей метод, заснований на реакції організму на конкретні види забруднення, дозволяє нам виявити та контролювати негативний вплив токсичних речовин на довкілля. Використання рослин-індикаторів у біотестуванні має численні переваги, такі як здатність до швидкої реакції на зміни у середовищі та можливість виявлення місць накопичення забруднень. Ці дані допомагають у розробці ефективних стратегій збереження навколишнього середовища та забезпечення здоров'я людей та природи.

Методика оцінки фітотоксичності за допомогою ростового тесту – це ефективний спосіб визначення впливу різних речовин на ріст та розвиток рослин. У цьому тесті використовуються насіння рослин, які висаджуються в умовах контрольованого середовища з додаванням розчинів або екстрактів речовин, які піддаються оцінці. За допомогою ростового тесту можна визначити рівень токсичності речовини шляхом спостереження за змінами у зрості, розвитку та фізіологічному стані рослин. Ця методика дозволяє проводити широкий спектр

досліджень з оцінки впливу різних хімічних речовин на рослинний світ, визначати токсичність речовин для рослинних організмів та встановлювати концентрації, що є безпечними для росту та розвитку рослин.

Ростовий тест є одним із найпоширеніших методів для оцінки фітотоксичності речовин, оскільки він дозволяє проводити швидку та ефективну оцінку впливу різноманітних хімічних речовин на рослинний світ. В процесі цього тесту зазвичай використовуються насіння рослин, таких як різноманітні види злаків, овочі або квіткові рослини.

Процедура ростового тесту полягає у висадженні насіння у контрольовані умови, де вони зазнають експозиції до розчинів різних речовин, які піддаються оцінці. Тривалість експозиції може варіюватися в залежності від конкретних цілей дослідження та типу рослин. Протягом експерименту ріст та розвиток рослин систематично спостерігають, вимірюють та оцінюють.

Зміни у фізичних параметрах рослин, таких як довжина коренів, висота стебла, кількість та розміри листя, а також біомаса, можуть бути використані для визначення токсичності речовини. Додатково, можуть проводитися біохімічні аналізи, які дозволяють виявити зміни у рівнях фітогормонів, фітопігментів, або активності ферментів.

Результати ростових тестів дозволяють встановлювати ступінь токсичності речовини для рослинного організму, а також визначати діапазони концентрацій, які можуть бути безпечними для росту та розвитку рослин. Ця інформація має важливе значення для оцінки впливу забруднювачів на рослинні екосистеми та для розробки стратегій збереження біорізноманіття та здоров'я рослин [11].

2.1.2 Схема експерименту

Початок експерименту передбачав підготовку необхідних матеріалів та обладнання для проведення дослідів. Після відібрання пластику різних видів, необхідно було підготувати стаканчики для експерименту. Для цього були взяті стандартні пластикові стаканчики, які були розділені на групи відповідно до

кожного виду пластику. В кожному стаканчик був підготовлений фільтр, що виконував функцію ізоляції зерен пшениці від самого пластику. Фільтри були виготовлені з пінопласту та марлі, щоб дослідити можливі реакції рослин на різні матеріали фільтрації, зображено на рисунку 2.9.



Рисунок 2.9 – Заложення досліду по видам пластику

Після цього в кожному стаканчик було заведено по 6 зернят пшениці. Враховуючи, що кожен вид пластику мав по 3 стаканчика для досліду, це забезпечувало повторюваність експерименту та дозволяло отримати більш достовірні результати. Такий підхід дозволяв провести дослідження в умовах контрольованого середовища та забезпечити однакові умови для всіх груп, що включали різні типи пластику.

Після підготовки стаканчиків та заведення зерен пшениці в кожному з них, експериментальні стаканчики були розміщені у спеціально підготовленій експериментальній зоні, де були забезпечені необхідні умови для росту рослин.

Після посадки зерен пшениці та розміщення стаканчиків у встановленій експериментальній зоні, розпочалося періодичне спостереження за ростом та розвитком рослин. Зазвичай спостереження проводилися протягом кількох тижнів, щоб відстежити будь-які зміни у зрості, зелені та фізіологічному стані пшениці.

Протягом експерименту також вимірювалася висота росту рослин (рис. 2.10), кількість та розміри листків, а також стан кореневої системи. Ці дані були ретельно документовані та записувалися для подальшого аналізу.

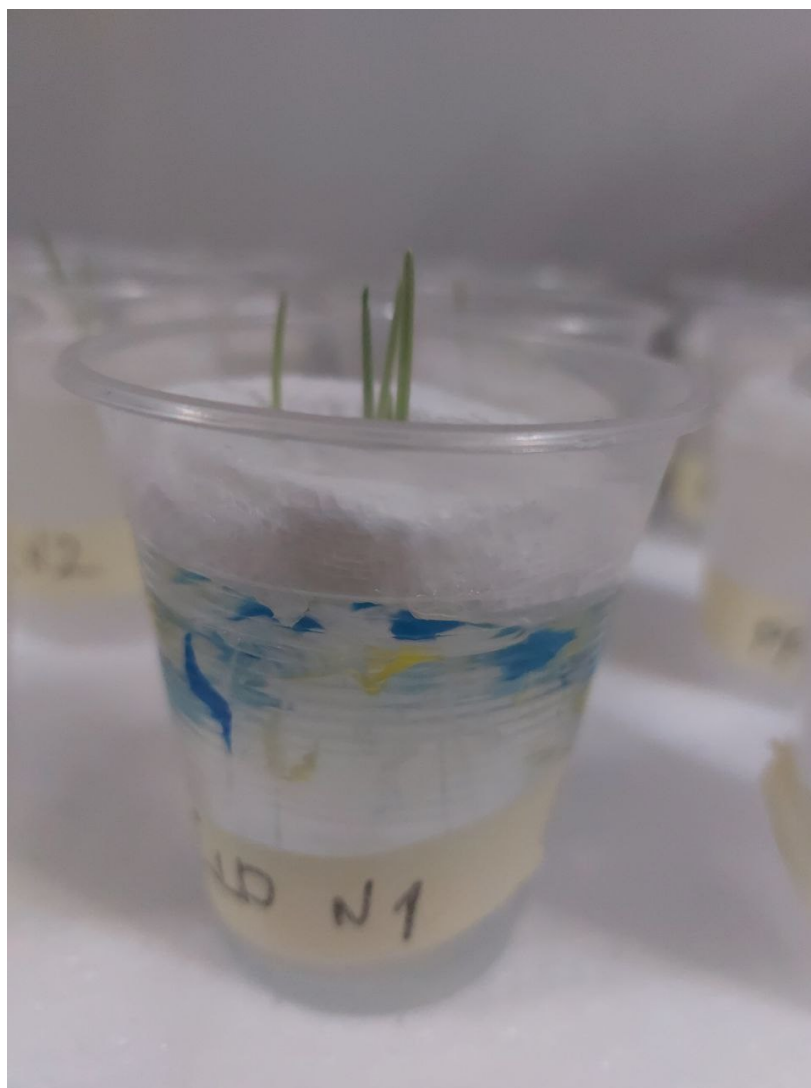


Рисунок 2.10 – Проростання зерняток в досліді

Після завершення періоду експерименту, зібрані дані аналізувалися для визначення можливих відмінностей у рості та розвитку рослин в залежності від типу пластику, який використовувався у стаканчиках. Це дозволило зробити

висновки про вплив різних видів пластику на ріст та розвиток рослин та визначити їхню фітотоксичність (рис. 2.11).

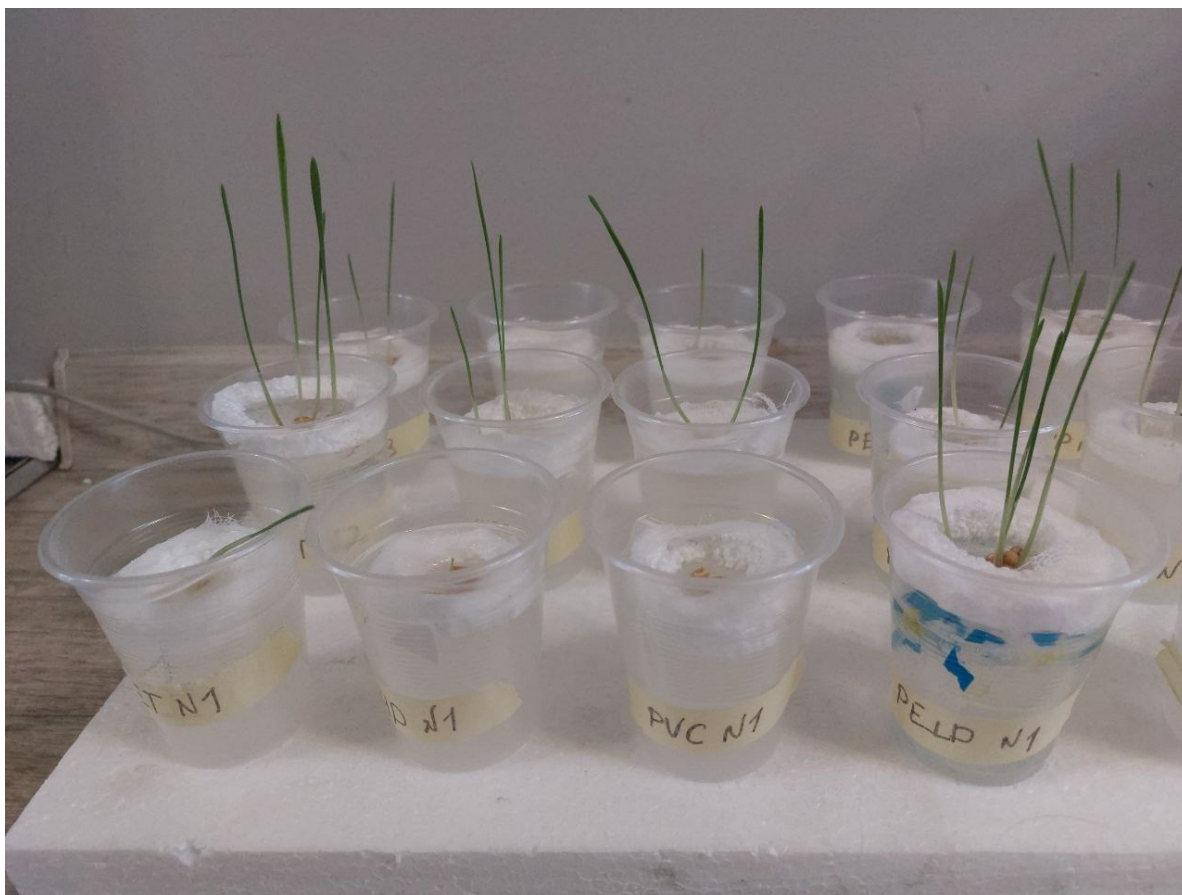


Рисунок 2.11 – Нерівномірність проростання досліджуваних зернят

Протягом чотирьох днів я здійснювала систематичний моніторинг за експериментом, ретельно фіксуючи будь-які зміни та реакції рослин на умови експерименту. Під час цього часу я відзначила, що рослини, що знаходилися у стаканчиках з більш токсичними видами пластику, показали суттєві ознаки негативного впливу на їхній ріст та розвиток.

Перш за все, виявлено, що рослини, що росли в стаканчиках з цими видами пластику, демонстрували помітно менший зріст порівняно з тими, що росли в стаканчиках з менш токсичними матеріалами. Крім того, в більш токсичних умовах спостерігалася відсутність або пошкодження листя, яке може свідчити про стрес для рослин.

Найбільш вражаючими були спостереження щодо кореневої системи рослин. Рослини, що зростали в стаканчиках з більш токсичними пластиками,

мали слабшу та менш розвинену кореневу систему, що може серйозно впливати на їхню здатність до забезпечення себе водою та поживними речовинами.

Ці спостереження наголошують на важливості подальших досліджень щодо впливу різних видів пластику на живі організми та екосистему загалом. Результати цього експерименту можуть викликати серйозні наслідки для практик використання та утилізації пластикових матеріалів.

2.1.3 Результати визначення фітотоксичних властивостей полімерних відходів методами біотестування

Процес вимірювання фізичних параметрів кореневої системи рослин був проведений відповідно до встановлених стандартів та методик. Для вимірювання довжини кореневої системи кожної рослини використовувалася мірна стрічка з мінімальною похибкою (рис. 2.12). Починаючи з основи стебла, проводилося точне вимірювання до кінця найдовшого кореня. Вимірювання виконувалося в декілька реплік для отримання середнього значення.



Рисунок 2.12 – Різні кореневі системи в одному стакані дослідю

Для вимірювання вологості маси кореневої системи використовувалися точні ваги з максимальною чутливістю. Кожна рослина з обрізаною кореневою системою була ретельно видалена зі стаканчика та піддана дегідратації для видалення надлишкової вологи. Після цього зразок зважувався, а вага реєструвалася.

Середня суха маса кореневої системи рослин визначалася після її повного висушування. Зразки коренів після вимірювання вологості маси піддавалися сушінню в спеціальних умовах контрольованої температури та вологості. Після досягнення сталої маси ваги зразків, проводилося вимірювання, що дозволяло отримати середнє значення сухої маси.

Ці методи забезпечували точні та надійні результати, необхідні для об'єктивного аналізу впливу різних типів пластику на фізіологічні показники кореневої системи рослин.

Протягом чотирьох днів (рис. 2.13) після проведення експерименту було проведено систематичне спостереження за ростом і розвитком рослин. Кожного дня зафіксовані дані про зміни у висоті росту рослин, кількості та розмірах листків, а також про стан кореневої системи. Це дозволило отримати повний образ динаміки росту рослин під впливом різних типів пластику.



Рисунок 2.13 – Дослід на 4 день

Після аналізу зібраних даних стало очевидним, що деякі типи пластику проявили виражені ознаки фітотоксичності. Рослини, які знаходилися у стаканчиках з цими матеріалами, виявили помітне гальмування росту, зменшення висоти стебел та кількості листків, а також виявили відхилення у розвитку кореневої системи. Такі результати свідчили про негативний вплив цих видів пластику на фізіологічні показники рослин та підтверджували їхню токсичність.

1) Вимірювання довжини кореневої системи за виданими пластику

Вимірювання довжини кореневої системи за впливу різних типів пластику є ключовим кроком у визначенні фітотоксичності цих матеріалів. Цей процес виконується для оцінки впливу пластику на зростання та розвиток кореневої системи рослин.

Для вимірювання довжини кореневої системи, спочатку рослини витягують із стаканчиків, обережно відділяючи корені від ґрунту, у нашому випадку – від надлишків вологи. Потім застосовують точні вимірювальні інструменти, такі як лінійка, для вимірювання довжини кожного кореня окремо. Результати фіксуються для подальшого аналізу.

Вимірювання довжини кореневої системи (рис. 2.14) допомагає визначити, наскільки ефективно рослини адаптуються до різних умов, у тому числі до присутності пластику. Зниження довжини кореневої системи може свідчити про токсичний вплив пластикових матеріалів на ріст рослин, що може відобразитися на їхньому загальному здоров'ї та врожайності. Такі дані стають важливими для розуміння впливу пластику на екосистеми та для розробки стратегій зменшення його негативного впливу на природне середовище.

Графік демонструє результати експерименту щодо впливу різних видів пластику на ріст рослин у порівнянні з контрольною групою. На осі x відображені типи пластику, а на осі y - висота паростків рослин у міліметрах.

Контрольна група, яка була відображена на графіку, має середню висоту росту на рівні 11,79 мм. Результати показують, що середні висоти росту рослин

у групах, які були встановлені у стаканчиках з різними видами пластику, відрізнялися.



Рисунок 2.14 – Середня довжина коренів ростків

Найвища середня висота росту була зафіксована в контрольній групі, де вона становила 11,79 мм. У порівнянні з контрольною групою, найнижчий рівень середньої висоти росту спостерігався у групі з полістиролом (PS), де вона склала лише 2,63 мм.

За допомогою рівня кореляції ($R^2 = 0,85$), було показано, що існує помірний зв'язок між типом пластику та висотою росту рослин. Це свідчить про те, що вибраний метод дослідження має певну прогностичну важливість і може бути використаний для подальших досліджень фітотоксичності полімерів.

Аналізуючи графік, можна зробити висновок, що різні типи пластику мають різний вплив на зростання рослин. Контрольна група показала середній рівень зростання рослин у стандартних умовах, тоді як деякі типи пластику призвели до значного зниження висоти росту. Наприклад, полістирол (PS) демонструє найнижчий рівень зростання серед усіх типів пластику, що може свідчити про його велику фітотоксичність. Такі результати підкреслюють важливість вивчення впливу пластикових матеріалів на рослинний світ та навколишнє середовище. Дані з графіка дають підстави для подальших досліджень і розробки стратегій використання більш екологічно безпечних матеріалів у виробництві пластикових виробів.

2) Вимірювання вологої маси ростків пшениці за виданими пластику

Вимірювання вологої маси кореневої системи є важливою процедурою у біотестуванні, оскільки воно дозволяє отримати інформацію про водонепроникність матеріалу та вплив на водний обмін рослин. Цей процес виконується шляхом зважування кореневої системи до та після висушування, а різниця між цими значеннями вказує на вміст води в рослинах.

Перед вимірюванням кореневу систему витягують із стаканчика, щоб уникнути будь-якого впливу ґрунту або інших матеріалів на вимірювання. Після цього вимірюють вологу масу кореневої системи та реєструють результат, який зображено на рисунку 2.15.

Вимірювання вологої маси важливе для того, щоб зрозуміти, як пластик впливає на водний обмін рослин та їхню здатність до поглинання та утримання води. Це може вказати на токсичність матеріалу або його можливий негативний вплив на розвиток рослин. Також ці дані допомагають у визначенні оптимальних умов для росту рослин і вивченні адаптаційних властивостей рослин в різних середовищах.

Наданий графік демонструє результати експерименту, в якому виміряли вплив різних типів пластику на показник, представлений на вісі Y. На осі X

представлені різні види пластику, включаючи контрольну групу і "Other" (інші). Кожна точка на графіку відображає середнє значення вимірюваного параметра для кожного виду пластику.

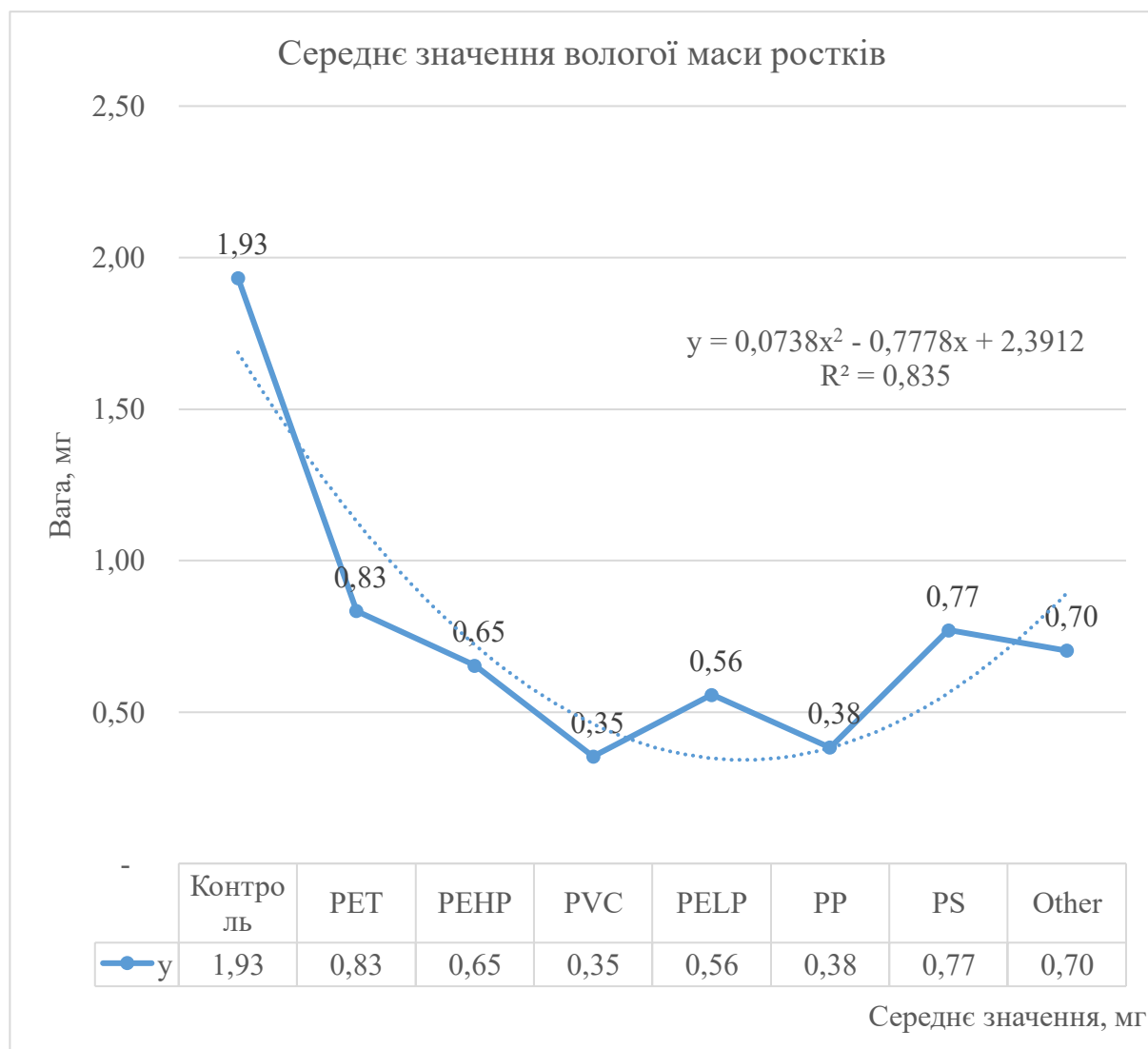


Рисунок 2.15 – Середнє значення вологості маси ростків

Функція поліноміальної регресії, яка представлена рівнянням $y = 0,0738x^2 - 0,7778x + 2,3912$, показує тенденцію зміни параметра у залежності від типу пластику. Значення $R^2 = 0,835$ вказує на те, що модель лінійної регресії досить добре підходить для опису зв'язку між впливом типів пластику та вимірюваним параметром.

Аналізуючи графік, можна зробити висновок про те, як різні види пластику впливають на досліджуваний параметр. Наприклад, види пластику з найменшими значеннями на графіку можуть вказувати на менший вплив на досліджуваний параметр, тоді як види пластику з більшими значеннями можуть свідчити про більший вплив. Такий аналіз дозволяє зрозуміти, які види пластику можуть мати найбільший або найменший ефект на досліджуваний процес або параметр.

З аналізу наданих даних видно, що різні типи пластику мають різний вплив на досліджуваний параметр.

Графік демонструє, що кілька видів пластику, зокрема PET, PEHP і PS, мають значно менший вплив на вимірюваний параметр у порівнянні з контрольною групою. З іншого боку, PVC і PELP показують велике зниження вимірюваного параметра, що свідчить про їхню високу фітотоксичність.

Для деяких видів пластику, таких як PP та Other, спостерігається помірне зниження вимірюваного параметра, що може вказувати на помірний вплив на ріст кореневої системи.

Загалом, результати підтверджують гіпотезу про те, що різні типи пластику можуть мати різний рівень токсичності для рослин, що підкреслює важливість врахування впливу пластикових матеріалів на навколишнє середовище та рослинний світ при їхньому використанні.

2) Вимірювання сухої маси ростків пшениці за виданими пластику

Представлений графік (рис. 2.16) відображає результати вимірювань для різних типів пластику щодо впливу на деякий вимірюваний параметр. На осі абсцис відкладено різні типи пластику, включаючи контрольну групу та інші типи пластику (Other), тоді як на осі ординат показані відповідні значення вимірюваного параметра.

За допомогою кривої, що показує тенденцію, ми можемо бачити, що коефіцієнти перед квадратичним та лінійним членами у рівнянні показують, що

графік має параболічну форму. Це означає, що існує квадратична залежність між типами пластику та вимірюваним параметром.

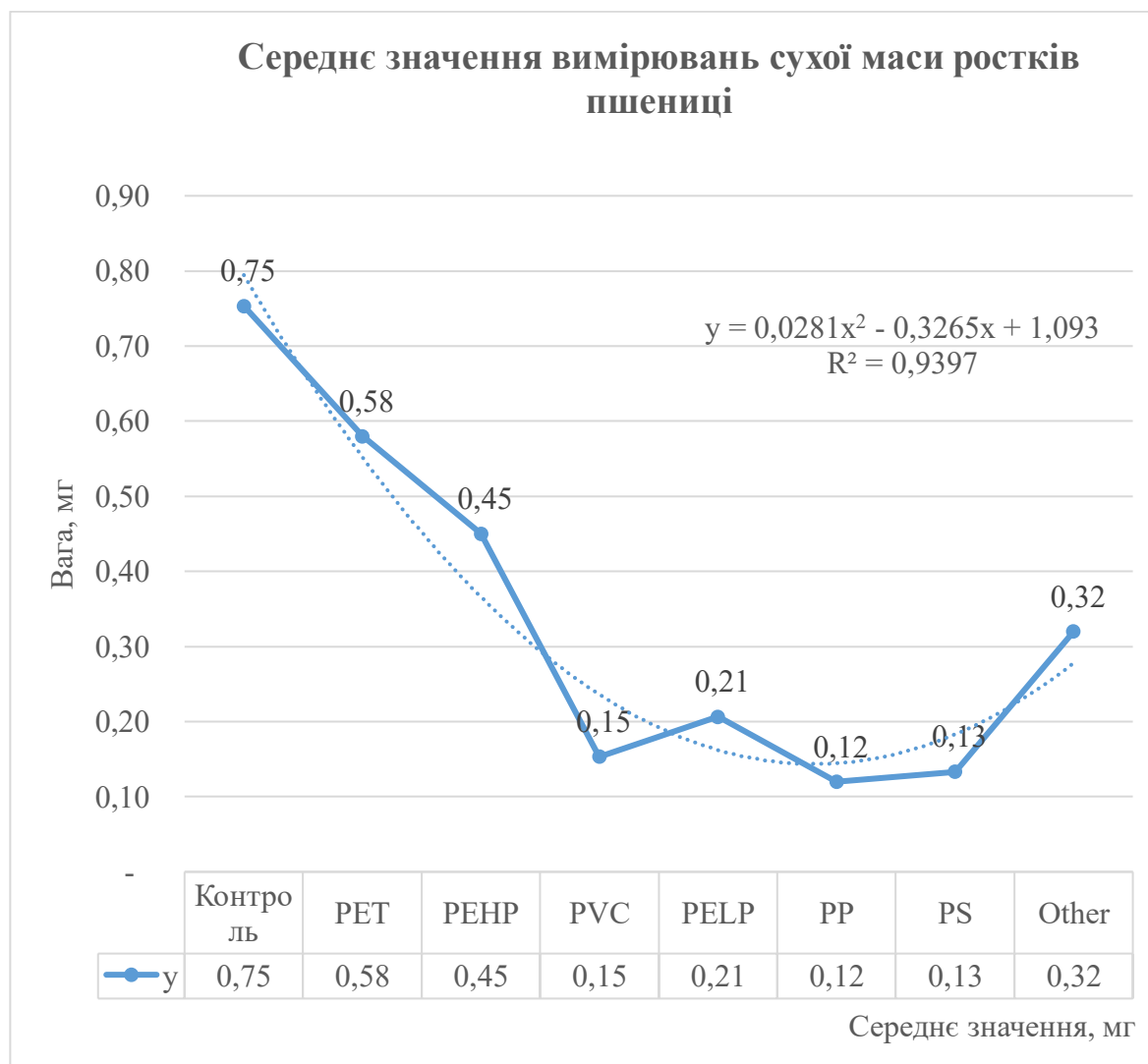


Рисунок 2.16 – Середнє значення вимірювань сухої маси ростків пшениці

За допомогою коефіцієнтів у рівнянні, ми можемо розрахувати значення вимірюваного параметра для будь-якого типу пластику. Крім того, висока значення коефіцієнту детермінації ($R^2 = 0,9397$) свідчить про високу точність моделі та відповідність даним експерименту.

За результатами аналізу графіка впливу різних типів пластику на вимірюваний параметр видно, що PET та PEHP проявляють менший вплив порівняно з PVC та іншими видами пластику. Модель показує квадратичну

залежність між типами пластику та параметром, що вказує на складніше взаємодію. Висока точність моделі ($R^2 = 0,9397$) підтверджує достовірність отриманих результатів.

Аналізуючи всі три графіки, що відображають вплив різних типів пластику на вимірювані параметри, можна зробити кілька загальних висновків. Перш за все, усі графіки показують статистично значиму різницю між різними типами пластику щодо їхнього впливу на вимірювані параметри.

Друге, кожен графік виявляє нелінійну залежність між типом пластику та вимірюваним параметром, що свідчить про складніший характер взаємодії між рослинами та пластиком.

Нарешті, висока точність моделей (виражена в значенні коефіцієнту детермінації) підтверджує достовірність отриманих результатів. Загалом, ці висновки підкреслюють важливість подальшого дослідження впливу пластикових матеріалів на навколишнє середовище та рослинний світ для забезпечення сталого розвитку та збереження біорізноманіття.

Результати дослідження: Аналізуючи середній фітотоксичний ефект різних типів пластику на розвиток рослин (табл. 2.2), можна визначити значні відмінності у їхньому впливі. Середній фітотоксичний ефект вищий у полівінілхлориду (PVC) та поліпропілену (PP), де він складає відповідно 71,43% та 73,38%. Ці результати вказують на високу токсичність цих матеріалів для рослинного життя та ймовірну негативну взаємодію з екосистемами (таблиця 2.2). З іншого боку, поліетилен високого тиску (PEHD), поліетилен низької щільності (PELD), полістирол (PS) та інші показали менший, але все ще значний фітотоксичний вплив, з середніми значеннями відповідно 51,39%, 62,77%, 73,40% та 60,38%. Ці дані підтверджують необхідність управління використанням та переробкою пластикових матеріалів для запобігання негативного впливу на екосистеми та здоров'я рослинного світу. Результати цього дослідження вказують на необхідність подальших наукових та технологічних розвідок для розробки більш екологічно безпечних альтернативних матеріалів та стратегій управління пластиковими відходами з

метою збереження біорізноманіття та екологічної стійкості природних середовищ.

Таблиця 2.2 – Результати дослідження ФЕ по 3 показниками

Тип пластику	Середня довжина кореневої системи, мм	ФЕ, % за довжиною коренів	Середня волога маса кореневої системи, мг	ФЕ, % за вологою масою коренів	Середня суха маса кореневої системи, мг	ФЕ, % за сухою масою коренів	Середній фітотоксичний ефект за трьома показниками, %
1 – PET	7,01	40,51	0,83	56,90	0,58	23,01	40,14
2 – PEHD (HDPE)	6,17	47,69	0,65	66,21	0,45	40,27	51,39
3 – PVC або ПВХ	5,55	52,92	0,35	81,72	0,15	79,65	71,43
4 – PELD (LDPE)	6,54	44,52	0,56	71,21	0,21	72,57	62,77
5 – PP або ПП	5,20	55,89	0,38	80,17	0,12	84,07	73,38
6 – PS або ПС	2,63	77,73	0,77	60,17	0,13	82,30	73,40
7 – Other	4,72	59,99	0,70	63,62	0,32	57,52	60,38
Контроль	11,79	-	1,93	-	0,75	-	-

У результаті проведеного дослідження, який включав аналіз впливу різних типів пластику на розвиток рослин, було виявлено значну різноманітність у реакціях рослинних організмів на різні матеріали. Високий фітотоксичний ефект, виявлений у полівінілхлориду та поліпропілену, свідчить про потенційну шкідливість цих матеріалів для рослинності та екологічної стійкості природи. З іншого боку, поліетилен високого та низького тиску, полістирол та інші матеріали показали менший, але все ще значний фітотоксичний вплив. Ці результати свідчать про необхідність прийняття екологічно обґрунтованих стратегій управління використанням та переробкою пластикових матеріалів. Подальші наукові дослідження у цьому напрямку можуть сприяти розробці більш екологічно безпечних альтернативних матеріалів та стратегій управління

пластиковими відходами, що сприятиме збереженню біорізноманіття та забезпечить екологічну стійкість природних екосистем.

2.2 Розробка рекомендацій щодо зменшення негативного впливу полімерних відходів на довкілля

Кількість і склад відходів, що потрапляють на полігони, коливаються в залежності від життєвого циклу населення та сезонів. На свіжих ділянках полігонів, під впливом опадів, полімерні відходи можуть переміщуватись до поверхні. Це пояснюється тим, що полімери не вбирають вологу так ефективно, як інші види відходів, і тому не виникає достатньої щільності. Як результат, полімери можуть виходити на поверхню полігону та під впливом сонячного проміння розкладатися до утворення нових шарів або під дією переміщення ґрунту.

Ущільнення шарів побутових відходів сприяє хімічним і біологічним реакціям розкладу органічних компонентів з виходом тепла та газоподібних продуктів. Цей процес сприяє розвитку мікроорганізмів на поверхні полімерів, а також може призводити до утворення нових хімічних сполук, включаючи токсичні.

Швидке збільшення виробництва полімерних матеріалів призводить до значного зростання їх вмісту у відходах. Полімерні відходи часто знаходять свій шлях на сміттєзвалища, в лісосмуги, або навіть на поля, найближчі до місць проживання. Частково їх спалюють на сміттєзвалищах, у дворах чи на спеціальних сміттєспалювальних заводах, що може випускати отруйні продукти у повітря, такі як фтористий і хлористий водень, фосген, ціаніди, а також діоксини, що мають канцерогенні властивості.

Пакувальні матеріали, такі як використані поліетиленові пакети, також впливають на довкілля. Вони стають джерелом незручностей у повсякденному житті, а також завдають значної шкоди екосистемі, засмічуючи ґрунт та перешкоджаючи росту рослин шляхом порушення процесів повітря- та вологообміну.

Розробка ефективних рекомендацій для зменшення негативного впливу полімерних відходів на довкілля включає в себе різноманітні підходи та стратегії. Один з основних шляхів – це утилізація полімерних відходів, що передбачає їхнє повторне використання. Цей підхід має численні переваги, зокрема, отримання додаткових корисних продуктів для різних галузей господарства та уникнення повторного забруднення довкілля. Проте, лише невелика частина полімерних відходів насправді піддається переробці, що пов'язано з труднощами у підготовці сировини, таких як збір, сортування, поділ та очищення, а також відсутність необхідного обладнання для переробки.

Способи утилізації полімерних відходів можна класифікувати на наступні категорії: вторинна переробка, використання полімерів як добавок або наповнювачів у виробництві будівельних матеріалів, хімічні методи переробки (наприклад, гліколіз, гідроліз, метаноліз), термічний розклад за допомогою піролізу, спалювання, а також інші методи, які можуть бути ефективними в конкретних ситуаціях. Успішна реалізація цих методів вимагатиме спільних зусиль урядових органів, бізнесу та громадянського суспільства, а також інвестицій у дослідження та розвиток нових технологій переробки. Тільки за умови комплексного підходу та співпраці можна досягти значного зменшення негативного впливу полімерних відходів на довкілля [8].

2.2.1 Заміна одноразових пластикових виробів на багаторазові

Одним із способів зменшення негативного впливу пластикових відходів на навколишнє середовище є заміна одноразових пластикових виробів на багаторазові альтернативи. Цей підхід передбачає використання виробів, які можна використовувати багато разів, замість пластикових виробів, які використовуються лише один раз і потім викидаються.

Заміна одноразових пластикових виробів на багаторазові має кілька переваг. По-перше, це допомагає зменшити кількість відходів, які потрапляють на сміттєзвалища та в океани. Використання багаторазових виробів дозволяє значно зменшити кількість пластикового сміття, що надходить до середовища.

Крім того, заміна одноразових пластикових виробів на багаторазові може допомогти зменшити споживання сировини та енергії (рис. 2.17), яка використовується для виробництва пластикових виробів. Багаторазові вироби можуть бути виготовлені з більш стійких матеріалів, таких як метал, скло або тканина, що забезпечує їхню тривалість і довготривале використання [8].

Загальний перехід до використання багаторазових виробів також сприятиме формуванню більш екологічної свідомості серед споживачів і підвищенню їхнього відповідального ставлення до збереження навколишнього середовища. Це може спонукати до подальшої реалізації та підтримки екологічно збалансованих підходів у споживчому поведінці та виробництві.



Рисунок 2.17 – Замінники одноразового пластикового посуду

Існує безліч альтернатив пластиковому посуду, які допомагають зменшити негативний вплив на довкілля. Одним із таких варіантів є біорозкладні тарілки та стаканчики, виготовлені з кукурудзяного крохмалю. Цей матеріал розкладається у компості протягом 5 місяців і не завдає шкоди довкіллю. Крім того, доступні тарілки та столові прибори з переробленої соломи, які після використання можуть стати добривом для ґрунту. Солома, яка використовується

для виготовлення цих виробів, належить до відновлюваних матеріалів і може бути використана у великій кількості.

Також варто звернути увагу на їстівний посуд, що може бути виготовлений з борошна, рослинного желатину, буряка, чи навіть з грибів та конопель. Ці матеріали є екологічно чистими та можуть повністю замінити пластик. Крім того, існують такі варіанти як посуд з цукрових буряків, з опалого листя та з кавової гуші, які також є біорозкладними та безпечними для довкілля.

Не слід також забувати про металевий посуд, який також є екологічним і довговічним варіантом. Загальною метою використання таких альтернатив є зменшення негативного впливу пластику на довкілля та сприяння створенню більш сталого та екологічного життя.

Шукаючи екологічні рішення для заміни поліетиленових пакетів, ми можемо звернутися до різних варіантів, які не тільки допомагають знизити негативний вплив на довкілля, але й забезпечують споживацький комфорт.

Екосумки - це універсальна заміна пластиковим пакетам, виготовлена з тканин натурального походження чи вторинної сировини. Біорозкладні зіп-пакети є відмінним варіантом для пакування продуктів і підходять для різних цілей, включаючи заморожені овочі та фрукти. Скляна тара, паперові пакети, а також пакети з кукурудзяного крохмалю та тканинні торбинки - усі ці варіанти також є екологічно чистими та ефективними зображені на рисунку 2.18.

Заміна пластикових контейнерів також може бути простою та ефективною. Контейнери з біорозкладного матеріалу, такого як кукурудзяний чи пшеничний крохмаль, або ємності з цукрової тростини - це лише кілька прикладів доступних рішень. Також можна використовувати контейнери з картону, які є екологічно чистими та допомагають зменшити використання пластику.

Загальна мета таких заходів - зменшити негативний вплив пластику на довкілля та сприяти створенню більш сталого та екологічного способу життя [8].



Рисунок 2. 18 – Замінники пластикових пакетів

Використання скляних банок, які можуть бути повторно використані, власних контейнерів клієнтів для упаковки продуктів, вакуумних пакетів для зберігання продуктів без зайвого повітря, а також алюмінієвих лотків для страв барбекю - лише кілька прикладів альтернативних варіантів упаковки. Ці рішення сприяють зменшенню використання пластикових матеріалів та допомагають зберегти ресурси та навколишнє середовище.

2.2.2 Сортування полімерних відходів та їх вторинна переробка

Сортування полімерних відходів і їх подальша вторинна переробка стають необхідними кроками у зусиллях зменшення негативного впливу пластику на довкілля. Ці процеси відіграють ключову роль у збільшенні ефективності використання ресурсів та зменшенні обсягів відходів, які потрапляють на сміттєзвалища чи в океани.

Сортування дозволяє класифікувати різні види полімерів за їх складом та характеристиками, що уможлиблює їх ефективну подальшу обробку та використання. Цей процес також сприяє усвідомленому споживанню та

відновленню ресурсів, а також забезпечує стимули для розвитку та вдосконалення технологій вторинної переробки.

Вторинна переробка полімерів відкриває широкі можливості для створення нових матеріалів і виробів з використанням відходів, що сприяє зменшенню потреби у виготовленні нових сировин та скороченню викидів парникових газів. Крім того, цей процес сприяє зменшенню енерговитрат та використанню водних ресурсів порівняно з виробництвом пластику з первинних сировин.

Загальносуспільна увага до проблеми переробки полімерних відходів зростає, із збільшенням розуміння їхнього впливу на довкілля. Державні та місцеві органи влади, а також приватні компанії та споживачі активно працюють над вдосконаленням інфраструктури для сортування та переробки відходів, розробкою та впровадженням нових технологій переробки та стимулюванням використання вторинних матеріалів у виробництві.

Полімерні матеріали стають все більш популярними для виробництва різноманітних виробів, які знаходять своє використання як у промисловості, так і в побуті. Однак разом з цим посилюється проблема утилізації полімерних відходів. Стратегічним шляхом для вирішення цієї проблеми є впровадження технологій переробки полімерів з метою отримання матеріалів з покращеними характеристиками. В Україні одним з найпоширеніших методів вторинної переробки полімерних матеріалів є механічний рециклінг, що призводить до отримання грануляту, який може бути використаний у подальшому виробництві пластмас [9].

Переробка полімерів часто обмежується високим рівнем забруднення сировини, неоднорідністю їх складу та значною деградацією матеріалів. Проте головною перевагою вторинної полімерної сировини є її біологічна стабільність: полімер не піддається пошкодженню мікроорганізмами і може тривалий час перебувати у воді, не втрачаючи структури. Для покращення механічних властивостей полімерів вводяться різні інертні добавки, такі як тирса або волокна.

Використання вторинної переробки полімерних матеріалів може бути важливим кроком у вирішенні проблеми з утилізацією полімерних відходів. Хоча цей процес може бути складним через високий рівень забруднення сировини та неоднорідність складу матеріалів, він має потенціал покращити екологічну стійкість матеріалів та зменшити вплив на навколишнє середовище. Впровадження технологій вторинної переробки вимагає системного підходу та дотримання стандартів якості, але може сприяти зменшенню використання первинних сировин та зменшенню негативного впливу полімерних відходів на довкілля.

ВИСНОВКИ

У процесі дослідження було виявлено, що проблема забруднення довкілля полімерними відходами має великий вплив на екосистему та загальний стан навколишнього середовища. Аналізуючи різноманітні аспекти цієї проблеми, ми розглянули різні типи полімерів та їхню екологічну характеристику. Зокрема, деякі типи полімерів можуть бути біологічно стійкими, що сприяє їхньому тривалому перебуванню в природі та негативному впливу на екосистему.

Порівнявши обсяги виробництва та використання полімерів у світі та в Україні, було виявлено значний приріст цих показників протягом останніх десятиліть, що призвело до збільшення обсягів полімерних відходів та загострення екологічної проблеми.

Найбільш поширеними методами утилізації полімерних відходів є захоронення на полігонах, спалювання на сміттєспалювальних заводах та навіть потрапляння в океан. Кожен з цих методів має свої екологічні наслідки, включаючи забруднення ґрунту, повітря та водних ресурсів.

Дослідження фітотоксичних властивостей полімерних відходів показало, що вони можуть мати негативний вплив на рослинність, зокрема, на процеси росту та розвитку рослин. Це може призвести до погіршення стану ландшафту та загострення екологічної ситуації в природних місцевостях. Було встановлено, що середній фітотоксичний ефект вищий у полівінілхлориду (PVC) та поліпропілену (PP), де він складає відповідно 71,43% та 73,38%. Ці результати вказують на високу токсичність цих матеріалів для рослинного життя та ймовірну негативну взаємодію з екосистемами. З іншого боку, поліетилен високого тиску (PEHD), поліетилен низької щільності (PELD), полістирол (PS) та інші показали менший, але все ще значний фітотоксичний вплив, з середніми значеннями відповідно 51,39%, 62,77%, 73,40% та 60,38%. Ці дані підтверджують необхідність управління використанням та переробкою

пластикових матеріалів для запобігання негативного впливу на екосистеми та здоров'я рослинного світу.

Розробка рекомендацій щодо зменшення негативного впливу полімерних відходів на довкілля є важливою складовою боротьби з цією проблемою. Пропозиції щодо заміни одноразових пластикових виробів на багаторазові та впровадження сортування та вторинної переробки полімерних відходів можуть сприяти зменшенню їхнього негативного впливу на навколишнє середовище.

У зв'язку з розвитком технологій та збільшенням обсягів виробництва полімерів, важливо також приділяти увагу охороні праці та безпеці в надзвичайних ситуаціях, пов'язаних з обробкою та утилізацією цих матеріалів. Це дозволить забезпечити безпеку працівників та запобігти можливим аварійним ситуаціям на підприємствах та об'єктах, де здійснюється обробка полімерних матеріалів.

Загальний висновок полягає в тому, що проблема забруднення довкілля полімерними відходами є актуальною та потребує негайних заходів для розв'язання. Зокрема, необхідно активізувати заходи зі зменшення виробництва одноразових пластикових виробів, впроваджувати сучасні технології сортування та вторинної переробки полімерних відходів, а також забезпечувати безпеку працівників у сфері обробки полімерних матеріалів. Тільки за умови спільних зусиль громадськості, влади та підприємств можна досягти значного зменшення негативного впливу полімерних відходів на навколишнє середовище та забезпечити стаłe та здорове довкілля для майбутніх поколінь.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Полімери — їх характеристика, класифікація, структура. URL: <http://referat-ok.com.ua/work/polimeri-ih-harakteristika-klasifik/> Загол. з екрану.
2. Технологічні основи перероблення полімерних матеріалів: І. О. Мікульонок К. : Київ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 293 с.
3. Проблема проблем - побутові полімерні відходи. URL: <https://www.zakarpattses.gov.ua/novini/633-problema-problem-pobutov-polmern-vdxodi>. Загол. з екрану.
4. Спалювання відходів та його екологічні наслідки. URL: <http://surl.li/nhwxi> . Загол. з екрану.
5. Пластик – екологічна проблема людства. URL: <https://oleshynskagromada.gov.ua/news/1557128423/>
6. Є.О. Михайлова Пластикове забруднення – одна з головних екологічних проблем людства. 2020. УДК 502.1/504.5. с. 109–111.
7. Як Німеччина боротиметься проти пластикового сміття URL: <https://cutt.ly/zJdPueH> Загол. з екрана.
8. Чим українцям замінити одноразовий пластик? URL: <https://rubryka.com/blog/alternative-to-disposable-plastic/> Загол. з екрана.
9. Бабука Г.Й., Кречко О.В. ВИХОВАННЯ В УЧНІВ КУЛЬТУРИ СОРТУВАННЯ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ 2021. УДК 373.091.3:502.174-048.57(072) с. 50-102
10. Інструкція з охорони праці. URL: <https://xn7cdbxfuat6afkbmmhefunjo4bs9u.xnplai/%D0%B4%D0%BB%D1%8F%D1%81%D0%BE%D1%80%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D1%89%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B1%D0%BE> .- Загол. з екрану.
11. Чим українцям замінити одноразовий пластик? URL: <https://rubryka.com/blog/alternative-to-disposable-plastic/> .- Загол. з екрану.