

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет аграрних технологій та екології

(повне найменування факультету)

Кафедра екології

(повна найменування кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»**

**Екологічні аспекти утворення та поводження з
відходами автомобільного походження спеціальність**

101 Екологія

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма

«Екологія»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ЕОС - 41

Дуда Артем Олександрович

(підпис)

Керівник:

к.геогр.н., доцент

Панькевич Сергій Григорович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу

допущено до захисту

«__» _____ 20__ р.

к.геогр.н., доцент

Гарант освітньої програми:

Федонюк Віталіна Володимирівна

(підпис)

Луцьк – 2026 рік

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аграрних технологій та екології

Кафедра екології

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 10 Природничі науки

Спеціальність: 101 Екологія

Освітня програма: «Екологія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«__» _____ 202__ р.

З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Дуді Артему Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи:

Екологічні аспекти утворення та поводження з відходами автомобільного походження

Керівник роботи: Панькевич Сергій Григорович, к. геогр. н., доцент

затверджені наказом закладу вищої освіти від «28» лютого 2026 р.

№ 102/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи: «__» червня 2025 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи): доповідні записки та супровідні аналітичні матеріали по будові та роботі Автомобілів, літературні джерела, статистична та довідкова література з основ виробництва та експлуатації бензинових двигунів та електродвигунів, державні стандарти в галузі, наукові звіти, картографічні матеріали.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1) ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ УТВОРЕННЯ ВІДХОДІВ АВТОМОБІЛЬНОГО ПОХОДЖЕННЯ, 2) ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ОСОБЛИВОСТІ ПОВОДЖЕННЯ З ОСНОВНИМИ ВИДАМИ ВІДХОДІВ АВТОМОБІЛЬНОГО ПОХОДЖЕННЯ, 3) ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ АСПЕКТІВ ТА НАПРЯМИ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ АВТОМОБІЛЬНОГО ПОХОДЖЕННЯ 4) висновки,

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

1) Мета та завдання кваліфікаційної роботи, 2) Об'єкт кваліфікаційної роботи, 3) Основні етапи життєвого циклу транспортного засобу., 4) Джерела утворення відходів автомобільного походження та їх характеристика, 5) Структура джерел утворення відходів автомобільного походження; 6) Екологічні ризики та вплив

відходів автомобільного походження; 7) Нормативно-правове регулювання поводження з відходами автомобільного походження в Україні та країнах ЄС; 8) Характеристика основних видів відходів автомобільного походження, 9) Екологічна небезпека основних видів відходів автомобільного походження, 10). Схема поводження з відходами автомобільного походження, 11). Сучасні технології переробки та утилізації відходів автомобільного походження, 12) ВИСНОВКИ.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>розділ</i>			
<i>розділ</i>			
<i>Висновки</i>			

7. Дата видачі завдання « » 202 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Обґрунтування теми</i>	<i>Вересень - Жовтень 2025</i>	<i>виконано</i>
2.	<i>Огляд літератури із досліджуваної проблеми</i>	<i>Жовтень – Листопад 2025</i>	<i>виконано</i>
3.	<i>розділ</i>	<i>Листопад Грудень 2025</i>	<i>виконано</i>
4.	<i>розділ</i>	<i>Січень – Березень 2026</i>	<i>виконано</i>
5.	<i>Висновки та пропозиції</i>	<i>Березень 2026</i>	<i>виконано</i>
6.	<i>Формування списку використаних джерел</i>	<i>Квітень 2026</i>	<i>виконано</i>
7.	<i>Формування додатків</i>	<i>Травень 2026</i>	<i>виконано</i>
8.	<i>Оформлення ілюстративного матеріалу</i>	<i>Травень 2026</i>	<i>виконано</i>
9.	<i>Нормоконтроль</i>	<i>Травень 2026</i>	<i>виконано</i>
10.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	<i>До 01.06.2026</i>	<i>виконано</i>
11.	<i>Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту</i>	<i>13.06.2026</i>	<i>виконано</i>

Здобувач вищої освіти _____ (___Дуда А.О.___)
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи _____ (___Панькевич С. Г.___)
(підпис) (прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Дуда А.О. Екологічні аспекти утворення та поводження з відходами автомобільного походження. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Екологія» спеціальності 101 Екологія. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2026.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з 3 розділів, вступу, висновків, переліку посилань.

Об'єктом дослідження є відходи автомобільного походження, що утворюються в процесі експлуатації, технічного обслуговування та утилізації транспортних засобів.

Методи дослідження – до основних методів дослідження можна віднести комплекс кількісних та якісних методів, що дозволяють всебічно оцінити екологічні, енергетичні та соціальні наслідки використання електричного транспорту.

Результати виконання кваліфікаційної роботи бакалавра: ідентифіковано основні типи автомобілів, визначено безпечний рівень їх використання, оцінено рівень ризику для здоров'я та їх вплив на екосистеми. Це допомагає встановити можливі наслідки використання їх на екосистеми та допомагає уникнути негативних впливів в результаті розробки та впровадження екологічно-орієнтованих практик.

Ключові слова: електродвигун, екологічна оцінка, викиди CO₂, шкідливі речовини, витрати пального, паливна ефективність, відновлювана енергія, вуглецевий слід, екологічна безпека, зниження викидів

ABSTRACT

Duda A.O. Ecological aspects of the formation and management of waste of automotive origin. Manuscript.

Bachelor's qualification work OP "Ecology" specialty 101 Ecology. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2026.

Bachelor's qualification work consists of 3 sections, introduction, conclusions, list of references.

The object of the study is waste of automotive origin, which is formed during the operation, maintenance and disposal of vehicles.

Research methods - the main research methods include a set of quantitative and qualitative methods that allow comprehensively assessing the environmental, energy and social consequences of using gasoline and hybrid engines.

Results of the bachelor's qualification work: the main types of engines are identified, the safe level of their use is determined, the level of health risk and their impact on ecosystems is assessed. This helps to establish the possible consequences of their use on ecosystems and helps to avoid negative impacts as a result of the development and implementation of environmentally friendly practices.

Keywords: hybrid engine, environmental assessment, CO₂ emissions, harmful substances, fuel consumption, fuel efficiency, renewable energy, carbon footprint, environmental safety, emission reduction

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ УТВОРЕННЯ ВІДХОДІВ АВТОМОБІЛЬНОГО ПОХОДЖЕННЯ	9
1.1. Джерела утворення та класифікація відходів автомобільного походження...	9
1.2. Екологічні ризики та вплив відходів автомобільного походження на компоненти довкілля.....	12
1.3. Нормативно-правове регулювання поводження з відходами автомобільного походження в Україні та країнах ЄС	16
РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ОСОБЛИВОСТІ ПОВОДЖЕННЯ З ОСНОВНИМИ ВИДАМИ ВІДХОДІВ АВТОМОБІЛЬНОГО ПОХОДЖЕННЯ.....	23
2.1. Відпрацьовані мастила, технічні рідини та їх екологічна небезпека	23
2.2. Особливості поводження з відпрацьованими шинами, акумуляторними батареями та автомобільними фільтрами	28
2.3. Сучасні технології збирання, переробки та утилізації відходів автомобільного походження.....	32
РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ АСПЕКТІВ ТА НАПРЯМИ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ АВТОМОБІЛЬНОГО ПОХОДЖЕННЯ.....	35
3.1. Аналіз сучасного стану утворення та поводження з відходами автомобільного походження в Україні	35
3.2. Екологічна оцінка ефективності методів переробки та утилізації автомобільних відходів	38
3.3. Перспективи вдосконалення системи управління відходами автомобільного походження в контексті принципів циркулярної економіки та сталого розвитку	41
ВИСНОВКИ.....	44
Перелік посилань.....	46

ВСТУП

Автомобільний транспорт є одним із найважливіших складників сучасної транспортної системи та відіграє значну роль у забезпеченні економічного розвитку і мобільності населення. Водночас стрімке збільшення кількості транспортних засобів супроводжується зростанням обсягів утворення відходів автомобільного походження, що становлять потенційну небезпеку для навколишнього природного середовища та здоров'я людини. До таких відходів належать відпрацьовані мастила і технічні рідини, акумуляторні батареї, зношені шини, фільтри, пластмасові та металеві компоненти, які містять токсичні речовини та важкі метали. За відсутності належної системи збирання, переробки та утилізації ці відходи можуть спричиняти забруднення атмосферного повітря, ґрунтів, поверхневих і підземних вод, а також негативно впливати на екосистеми.

Актуальність теми дослідження зумовлена необхідністю вдосконалення системи поводження з відходами автомобільного походження відповідно до принципів сталого розвитку, циркулярної економіки та екологічної безпеки. В умовах зростання автомобілізації суспільства особливого значення набуває впровадження сучасних технологій переробки та повторного використання автомобільних відходів, що сприятиме раціональному використанню природних ресурсів і зменшенню антропогенного навантаження на довкілля.

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра є дослідження екологічних аспектів утворення та поводження з відходами автомобільного походження, оцінка їх впливу на навколишнє природне середовище та визначення напрямів удосконалення системи управління такими відходами.

Для досягнення поставленої мети передбачено вирішення таких завдань:

- проаналізувати джерела утворення та класифікацію відходів автомобільного походження;
- дослідити екологічні ризики та вплив автомобільних відходів на компоненти довкілля;
- розглянути нормативно-правові засади поводження з відходами автомобільного походження;
- охарактеризувати основні види автомобільних відходів та їх екологічну небезпеку;

- проаналізувати сучасні методи збирання, переробки та утилізації автомобільних відходів;
- оцінити сучасний стан поводження з відходами автомобільного походження в Україні;
- визначити перспективні напрями вдосконалення системи управління відходами автомобільного походження відповідно до принципів циркулярної економіки.

Об'єктом дослідження є відходи автомобільного походження, що утворюються в процесі експлуатації, технічного обслуговування та утилізації транспортних засобів.

Предметом дослідження є екологічні аспекти утворення, збирання, переробки та утилізації відходів автомобільного походження, а також їх вплив на навколишнє природне середовище.

У процесі виконання роботи використано загальнонаукові методи дослідження: аналіз і синтез, системний підхід, порівняльний аналіз, метод узагальнення, а також методи оцінювання екологічних ризиків та статистичної обробки інформації.

Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості використання результатів дослідження для підвищення екологічної ефективності системи поводження з відходами автомобільного походження, удосконалення природоохоронних заходів та впровадження принципів ресурсозбереження і циркулярної економіки у сфері управління відходами.

Структура роботи складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. У першому розділі розглянуто теоретичні основи утворення відходів автомобільного походження та їх вплив на довкілля. У другому розділі наведено характеристику основних видів автомобільних відходів і сучасних технологій поводження з ними. Третій розділ присвячений аналізу сучасного стану поводження з відходами автомобільного походження в Україні та визначенню перспективних напрямів удосконалення системи управління ними.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ УТВОРЕННЯ ВІДХОДІВ АВТОМОБІЛЬНОГО ПОХОДЖЕННЯ

1.1. Джерела утворення та класифікація відходів автомобільного походження

Автомобільний транспорт є одним із найважливіших елементів сучасної транспортної інфраструктури, однак його функціонування супроводжується утворенням значної кількості відходів, які становлять потенційну загрозу для навколишнього природного середовища. Відходи автомобільного походження утворюються на всіх етапах життєвого циклу транспортного засобу – від виробництва та експлуатації до технічного обслуговування, ремонту та утилізації. Зростання кількості автомобілів у світі та в Україні зумовлює збільшення обсягів таких відходів, що вимагає впровадження ефективних систем їх збирання, переробки та утилізації [5].

Основними джерелами утворення відходів автомобільного походження є підприємства автомобільної промисловості, станції технічного обслуговування, автотранспортні підприємства, ремонтні майстерні, а також безпосередньо власники транспортних засобів. Найбільша кількість відходів утворюється під час експлуатації автомобілів, що пов'язано із заміною мастильних матеріалів, фільтрів, акумуляторних батарей, шин, деталей двигуна та інших конструктивних елементів. Крім того, значні обсяги відходів утворюються на етапі демонтажу транспортних засобів, що вичерпали свій ресурс.

Джерела утворення відходів автомобільного походження та їх характеристика наведені у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Джерела утворення відходів автомобільного походження та їх характеристика

Джерело утворення	Основні види відходів	Коротка характеристика
Виробництво автомобілів	Металеві відходи, пластмаси, лакофарбові матеріали, технологічні рідини	Утворюються під час виготовлення кузова, двигуна та інших вузлів автомобіля
Експлуатація транспортних засобів	Відпрацьовані мастила, технічні рідини, гальмівні колодки, фільтри	Формуються внаслідок природного зношування деталей та проведення технічного обслуговування
Технічне обслуговування та ремонт	Відпрацьовані фільтри, мастила, акумулятори, зношені деталі	Утворюються на станціях технічного обслуговування та в ремонтних майстернях
Заміна шин	Зношені автомобільні шини	Містять гуму, металевий корд та текстильні волокна, придатні для переробки
Заміна акумуляторних батарей	Відпрацьовані свинцево-кислотні або літій-іонні акумулятори	Містять токсичні речовини та важкі метали, потребують спеціалізованої утилізації
Демонтаж і утилізація автомобілів	Металобрухт, пластик, скло, гума, електронні компоненти	Утворюються після завершення строку експлуатації транспортного засобу
Аварії та пошкодження автомобілів	Пошкоджені деталі кузова, скла, пластмасові елементи, технічні рідини	Виникають унаслідок дорожньо-транспортних пригод або надзвичайних ситуацій
Робота автотранспортних підприємств	Відходи пакувальних матеріалів, мастильні матеріали, фільтри, шини	Пов'язані з обслуговуванням автопарку та забезпеченням транспортних процесів

Аналіз представлених даних свідчить, що найбільший внесок у загальний обсяг відходів припадає на процеси експлуатації, технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів. Структура джерел утворення відходів автомобільного походження представлена на рисунку 1.1.

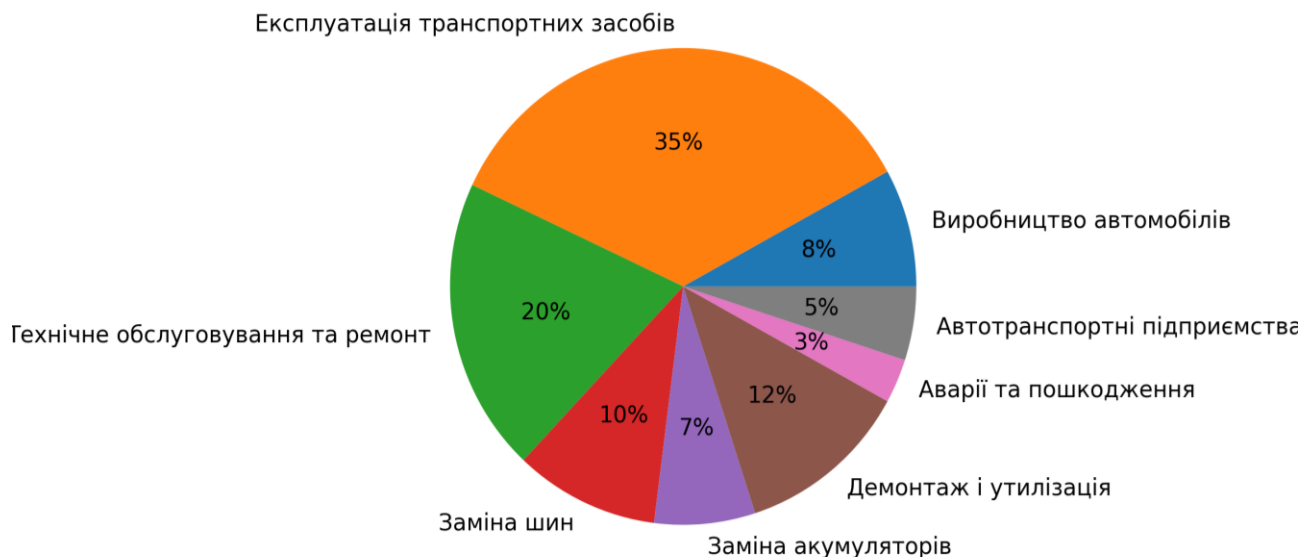


Рисунок 1.1. Структура джерел утворення відходів автомобільного походження

Відповідно до чинного законодавства та класифікаційних ознак відходи автомобільного походження можна поділити за кількома критеріями. За агрегатним станом вони поділяються на тверді, рідкі та газоподібні. До твердих належать шини, акумулятори, фільтри, металеві та пластмасові деталі, скло, а до рідких – відпрацьовані мастила, гальмівні та охолоджувальні рідини. Газоподібні відходи представлені викидами відпрацьованих газів, які є джерелом забруднення атмосферного повітря.

За ступенем небезпеки відходи автомобільного походження поділяються на небезпечні та малонебезпечні. До небезпечних відносять відпрацьовані мастила, акумуляторні батареї, технічні рідини, електронні компоненти, які містять важкі метали та токсичні сполуки. До малонебезпечних належать металобрухт, гумові вироби, пластмасові деталі та скло, які можуть бути використані як вторинна сировина.

За походженням автомобільні відходи поділяються на відходи виробництва, експлуатації, технічного обслуговування, ремонту та утилізації транспортних засобів. Особливу групу становлять відходи, що утворюються

внаслідок дорожньо-транспортних пригод, які можуть містити суміш металевих, пластмасових та хімічно небезпечних компонентів.

Класифікація відходів автомобільного походження має важливе значення для вибору оптимальних методів поводження з ними. Правильне визначення складу та ступеня небезпеки відходів дозволяє забезпечити їх безпечне збирання, транспортування, переробку та утилізацію, а також мінімізувати негативний вплив на навколишнє природне середовище. У сучасних умовах особливого значення набуває впровадження принципів циркулярної економіки, що передбачають максимальне повторне використання матеріалів та зменшення обсягів захоронення відходів.

1.2. Екологічні ризики та вплив відходів автомобільного походження на компоненти довкілля

Стрімке зростання кількості транспортних засобів у світі та в Україні супроводжується збільшенням обсягів утворення відходів автомобільного походження, які становлять одну з вагомих екологічних проблем сучасності. До таких відходів належать відпрацьовані мастила, акумуляторні батареї, автомобільні шини, фільтри, технічні рідини, пластмасові, металеві та електронні компоненти. Неналежне поводження з цими відходами може спричиняти негативний вплив на всі компоненти навколишнього природного середовища: атмосферне повітря, ґрунти, поверхневі та підземні води, а також рослинний і тваринний світ [8].

Відходи автомобільного походження характеризуються складним хімічним складом та містять значну кількість небезпечних речовин, зокрема важкі метали, нафтопродукти, кислоти, синтетичні полімери, токсичні присадки та продукти корозії. Внаслідок потрапляння цих речовин у навколишнє середовище відбувається погіршення якості природних ресурсів, порушення функціонування екосистем та зростання ризику негативного впливу на здоров'я людини.

**Таблиця 1.2 – Екологічні ризики та вплив відходів автомобільного
походження на компоненти довкілля**

Вид відходів автомобільного походження	Основні забруднювачі	Компонент довкілля, що зазнає впливу	Екологічні ризики та наслідки
Відпрацьовані моторні мастила	Нафтопродукти, важкі метали, поліциклічні вуглеводні	Ґрунти, поверхневі та підземні води	Токсичне забруднення, погіршення якості води, пригнічення біологічної активності ґрунтів
Відпрацьовані акумуляторні батареї	Свинець, кадмій, сірчана кислота, літій	Ґрунти, водні об'єкти, біота	Накопичення важких металів, токсичний вплив на живі організми
Зношені автомобільні шини	Мікропластик, гума, сажа, цинк	Ґрунти, атмосферне повітря, водні об'єкти	Утворення мікропластику, пожежна небезпека, тривале накопичення у довкіллі
Відпрацьовані фільтри	Нафтопродукти, метали, синтетичні матеріали	Ґрунти, води	Вторинне забруднення токсичними речовинами
Гальмівні та охолоджувальні рідини	Етиленгліколь, органічні сполуки, присадки	Водні об'єкти, ґрунти	Токсичний вплив на водні екосистеми, забруднення питної води
Металобрухт та кузовні деталі	Сполуки заліза, алюмінію, лакофарбові покриття	Ґрунти, атмосферне повітря	Корозія, потрапляння токсичних сполук у навколишнє середовище
Пластмасові та полімерні елементи	Полімери, добавки, пластифікатори	Ґрунти, водні екосистеми	Тривале накопичення, утворення мікропластику
Електронні компоненти автомобілів	Ртуть, мідь, нікель, свинець	Ґрунти, води, біота	Токсичний вплив, біоакумуляція важких металів
Відходи лакофарбових матеріалів	Розчинники, леткі органічні сполуки	Атмосферне повітря, ґрунти	Забруднення повітря, канцерогенний вплив на людину
Змішані відходи від демонтажу автомобілів	Метали, пластмаси, скло, гума	Усі компоненти довкілля	Комплексне забруднення та порушення природних екосистем

Одним із найнебезпечніших видів відходів автомобільного походження є відпрацьовані моторні мастила. Вони містять продукти окиснення, залишки пального, сполуки свинцю, кадмію, хрому, нікелю та інших важких металів. Потрапляючи у ґрунт, відпрацьовані мастила змінюють його фізико-хімічні властивості, знижують родючість та пригнічують розвиток ґрунтових мікроорганізмів. Навіть незначна кількість мастила може забруднити великі об'єми води, утворюючи на її поверхні плівку, яка перешкоджає газообміну та призводить до загибелі водних організмів. Крім того, нафтопродукти здатні проникати у підземні води, що становить загрозу для джерел питного водопостачання [5].

Особливу екологічну небезпеку становлять відпрацьовані акумуляторні батареї. До їх складу входять свинець, кадмій, нікель, літій, а також електроліти на основі сірчаної кислоти. У разі порушення герметичності акумуляторів токсичні речовини можуть потрапляти у ґрунт і водойми, накопичуватися в рослинах та організмах тварин. Важкі метали характеризуються високою стійкістю до біологічного розкладання та здатністю до біоаккумуляції, тобто накопичення в організмах та подальшого потрапляння у харчові ланцюги. Це може призводити до порушення функцій нервової системи, нирок, печінки та інших органів людини.

Значні екологічні ризики пов'язані зі зношеними автомобільними шинами. Щорічно у світі утворюються мільйони тонн шинних відходів, які характеризуються тривалим терміном розкладання. Шини містять гуму, сажу, металевий корд, текстильні волокна та різноманітні хімічні добавки. У процесі їх руйнування утворюється мікропластик, який потрапляє у ґрунти та водні екосистеми. Стихійні звалища шин становлять серйозну пожежну небезпеку, а під час їх горіння в атмосферне повітря виділяються канцерогенні речовини, оксиди сірки, азоту, чадний газ та поліциклічні ароматичні вуглеводні, що негативно впливають на здоров'я населення та якість атмосферного повітря[13].

Відпрацьовані автомобільні фільтри також є джерелом екологічної небезпеки. Масляні та паливні фільтри містять залишки нафтопродуктів,

металеві частинки та синтетичні матеріали. Потрапляючи у навколишнє середовище, вони стають джерелом вторинного забруднення ґрунтів та водних ресурсів. Через складність розділення компонентів фільтрів їх утилізація потребує спеціалізованих технологій.

Не менш небезпечними є гальмівні та охолоджувальні рідини, які містять етиленгліколь, органічні сполуки та різноманітні присадки. Потрапляння цих речовин у водойми спричиняє загибель водних організмів та погіршує якість водних ресурсів. Етиленгліколь характеризується високою токсичністю і може становити небезпеку для людей та тварин навіть у невеликих концентраціях.

Негативний вплив відходів автомобільного походження поширюється на атмосферне повітря. При спалюванні автомобільних відходів без належного контролю утворюються діоксини, фурани, оксиди азоту, сірки та інші токсичні сполуки. Ці речовини сприяють розвитку кислотних дощів, фотохімічного смогу та парникового ефекту. Крім того, забруднення атмосферного повітря є одним із факторів розвитку захворювань органів дихання, серцево-судинної системи та онкологічних патологій[2].

Важливим аспектом є вплив автомобільних відходів на ґрунтові екосистеми. Накопичення важких металів, нафтопродуктів та синтетичних полімерів призводить до погіршення фізичних, хімічних і біологічних властивостей ґрунту. Знижується активність ґрунтових мікроорганізмів, порушуються процеси гумусоутворення, зменшується родючість земель. Особливо небезпечним є потрапляння токсичних речовин на сільськогосподарські угіддя, оскільки вони можуть накопичуватися у рослинній продукції та потрапляти до організму людини.

Водні екосистеми є надзвичайно чутливими до забруднення автомобільними відходами. Потрапляння нафтопродуктів, важких металів та токсичних рідин у водойми призводить до порушення кисневого режиму, загибелі риб, безхребетних та водоростей. Внаслідок біоаккумуляції шкідливі речовини можуть накопичуватися в організмах водних мешканців та передаватися по трофічних ланцюгах [8].

Негативний вплив відходів автомобільного походження поширюється і на біоту. Токсичні речовини можуть накопичуватися у тканинах рослин і тварин, викликаючи мутагенні, канцерогенні та токсичні ефекти. Порушення екологічної рівноваги в екосистемах призводить до зменшення біорізноманіття та деградації природних комплексів.

Таким чином, відходи автомобільного походження є джерелом комплексного негативного впливу на всі компоненти навколишнього природного середовища. Найбільшу екологічну небезпеку становлять відпрацьовані мастила, акумуляторні батареї, технічні рідини та зношені шини, які містять токсичні речовини та важкі метали. Зменшення екологічних ризиків можливе шляхом впровадження сучасних систем збирання, сортування, переробки та утилізації відходів, розвитку циркулярної економіки та підвищення екологічної свідомості населення.

1.3. Нормативно-правове регулювання поводження з відходами автомобільного походження в Україні та країнах ЄС

Ефективне управління відходами автомобільного походження є одним із важливих напрямів екологічної політики більшості країн світу. Значні обсяги відпрацьованих мастил, акумуляторних батарей, автомобільних шин, фільтрів, електронних компонентів та транспортних засобів, що вийшли з експлуатації, потребують впровадження дієвих механізмів їх збирання, переробки та утилізації. З цією метою в Україні та країнах Європейського Союзу сформовано систему нормативно-правового регулювання, спрямовану на мінімізацію негативного впливу відходів на довкілля, раціональне використання природних ресурсів та розвиток циркулярної економіки.

Нормативно-правове регулювання в Україні

Правові та організаційні засади поводження з відходами в Україні визначаються низкою законодавчих та нормативних актів. Основним документом є Закон України «Про управління відходами», який набув чинності у 2022 році. Закон гармонізований із законодавством Європейського Союзу та встановлює сучасну систему управління відходами, що базується на принципах

запобігання утворенню відходів, повторного використання, переробки, відновлення та безпечного видалення [16].

Таблиця 1.3 – Нормативно-правове регулювання поводження з відходами автомобільного походження в Україні та країнах ЄС

Нормативний документ	Країна / організація	Основний зміст регулювання	Значення для поводження з відходами автомобільного походження
Закон України «Про управління відходами» (2022 р.)	Україна	Визначає правові та організаційні засади управління відходами, ієрархію поводження з ними	Регламентує збирання, перевезення, переробку та утилізацію відходів, у тому числі небезпечних
Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища»	Україна	Встановлює загальні вимоги щодо охорони довкілля та раціонального природокористування	Передбачає заходи щодо запобігання забрудненню навколишнього середовища відходами
Закон України «Про батареї та акумулятори»	Україна	Регулює збирання та утилізацію відпрацьованих батарей і акумуляторів	Забезпечує екологічно безпечне поводження з небезпечними відходами
Державна стратегія управління відходами до 2030 року	Україна	Визначає напрями реформування системи управління відходами	Передбачає розвиток інфраструктури переробки та повторного використання відходів
Директива 2008/98/ЄС про відходи (Waste Framework Directive)	Європейський Союз	Встановлює ієрархію управління відходами та принцип розширеної відповідальності виробника	Сприяє мінімізації утворення відходів та їх повторному використанню
Директива 2000/53/ЄС щодо транспортних засобів, що вийшли з експлуатації (ELV Directive)	Європейський Союз	Визначає вимоги до збирання, демонтажу та утилізації транспортних засобів	Спрямована на досягнення високого рівня переробки автомобільних компонентів

Нормативний документ	Країна / організація	Основний зміст регулювання	Значення для поводження з відходами автомобільного походження
Регламент ЄС щодо батарей (EU Battery Regulation 2023/1542)	Європейський Союз	Регламентує життєвий цикл акумуляторних батарей та їх переробку	Встановлює вимоги до збирання та повторного використання акумуляторів
Директива 1999/31/ЄС про захоронення відходів	Європейський Союз	Обмежує захоронення відходів, придатних для переробки	Сприяє розвитку технологій утилізації та рециклінгу
План дій ЄС щодо циркулярної економіки	Європейський Союз	Передбачає перехід до ресурсоефективної економіки	Стимулює повторне використання матеріалів та скорочення відходів

Відповідно до закону, управління відходами здійснюється згідно з ієрархією поводження з відходами, яка передбачає:

- * запобігання утворенню відходів;
- * підготовку до повторного використання;
- * рециклінг (переробку);
- * інші операції з відновлення;
- * видалення відходів.

Особливу увагу приділено небезпечним відходам, до яких належать відпрацьовані мастила, акумуляторні батареї, електронні компоненти та інші відходи автомобільного походження, що містять токсичні речовини. Закон визначає вимоги до їх збирання, транспортування, оброблення, утилізації та видалення.

Важливим нормативним документом є Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища», який визначає загальні правові, економічні та соціальні засади охорони довкілля. Згідно із законом, підприємства та громадяни зобов'язані забезпечувати екологічно безпечне

поводження з відходами та запобігати їх негативному впливу на навколишнє середовище.

Основні принципи державної екологічної політики реалізуються через Національну стратегію управління відходами до 2030 року. Стратегія передбачає створення сучасної системи управління відходами, розвиток інфраструктури збирання та переробки, впровадження європейських стандартів і технологій, а також стимулювання повторного використання вторинних ресурсів [11].

У сфері поводження з акумуляторними батареями та електронними компонентами важливе значення мають вимоги щодо поводження з небезпечними відходами, які встановлюють порядок їх обліку, зберігання, транспортування та передачі спеціалізованим підприємствам.

Значна увага приділяється відпрацьованим мастилам. Законодавство України передбачає їх окреме збирання та передачу на регенерацію або утилізацію, оскільки потрапляння нафтопродуктів у довкілля призводить до забруднення ґрунтів та водних ресурсів.

Відходи шин також потребують спеціального поводження. Вони можуть використовуватися як вторинна сировина для виробництва гумової крихти, будівельних матеріалів та альтернативного палива.

Законодавство Європейського Союзу у сфері поводження з відходами автомобільного походження

Система управління відходами в країнах Європейського Союзу є однією з найбільш розвинених у світі та базується на принципах циркулярної економіки. Основним нормативним документом є Директива 2008/98/ЄС про відходи (Waste Framework Directive), яка встановлює загальні вимоги до управління відходами та визначає п'ятирівневу ієрархію поводження з ними [9].

Директива передбачає:

- * запобігання утворенню відходів;
- * повторне використання;
- * переробку;
- * інші способи відновлення;

- * захоронення як останній захід.

Одним із ключових принципів є принцип розширеної відповідальності виробника. Він покладає на виробників автомобілів та комплектуючих відповідальність за збір, переробку та утилізацію продукції після завершення терміну її експлуатації.

Особливе значення для автомобільної галузі має Директива 2000/53/ЄС щодо транспортних засобів, що вийшли з експлуатації (ELV Directive). Її основною метою є зменшення кількості відходів, що утворюються після завершення життєвого циклу транспортних засобів [14].

Відповідно до положень директиви:

- * власники транспортних засобів мають право безкоштовно передавати автомобілі на утилізацію;

- * виробники зобов'язані забезпечувати повторне використання та переробку матеріалів;

- * обмежується використання свинцю, ртуті, кадмію та шестивалентного хрому;

- * рівень повторного використання та утилізації транспортних засобів має становити не менше 95 % від маси автомобіля.

Завдяки цій директиві в країнах ЄС створено мережу підприємств із демонтажу транспортних засобів, сортування та переробки матеріалів.

Регулювання поводження з акумуляторними батареями

У зв'язку зі стрімким розвитком електромобільності особливого значення набуває регулювання поводження з відпрацьованими акумуляторами. У 2023 році в Європейському Союзі набув чинності Регламент ЄС 2023/1542 щодо батарей та відходів батарей.

Документ встановлює вимоги до:

- * виробництва батареї;
- * маркування та цифрового паспорта акумулятора;
- * збирання та переробки відпрацьованих батарей;
- * повторного використання матеріалів;

- * скорочення вуглецевого сліду продукції.

Новий регламент передбачає поступове збільшення частки вторинних матеріалів у виробництві нових батарей та сприяє розвитку циркулярної економіки.

Роль циркулярної економіки у поводженні з автомобільними відходами

Одним із пріоритетних напрямів екологічної політики Європейського Союзу є реалізація Плану дій щодо циркулярної економіки (Circular Economy Action Plan). Його основною метою є максимальне повторне використання ресурсів та мінімізація утворення відходів.

Для автомобільної галузі це означає:

- * збільшення частки вторинних матеріалів;
- * розвиток технологій переробки шин, пластмас та металів;
- * удосконалення конструкцій транспортних засобів для полегшення демонтажу;
- * створення систем зворотного збору відходів;
- * скорочення обсягів захоронення відходів.

Циркулярна економіка дозволяє не лише зменшити навантаження на довкілля, а й забезпечити раціональне використання природних ресурсів та зниження витрат на виробництво нової продукції.

Гармонізація законодавства України з вимогами Європейського Союзу

У контексті євроінтеграційних процесів Україна здійснює поступове наближення національного законодавства до законодавства ЄС. Прийняття Закону України «Про управління відходами» стало важливим етапом реформування галузі та створення сучасної системи управління відходами.

Подальший розвиток законодавства передбачає:

- * впровадження принципу розширеної відповідальності виробника;
- * створення системи роздільного збирання відходів;
- * розвиток мережі підприємств із переробки автомобільних відходів;
- * стимулювання використання вторинної сировини;
- * удосконалення системи екологічного контролю та моніторингу.

Таким чином, нормативно-правове регулювання поводження з відходами автомобільного походження в Україні та країнах Європейського Союзу спрямоване на забезпечення екологічної безпеки, зменшення негативного впливу відходів на навколишнє середовище та розвиток ресурсоефективної економіки. Європейська модель управління відходами базується на принципах циркулярної економіки та розширеної відповідальності виробника, а гармонізація українського законодавства з європейськими вимогами створює передумови для формування ефективної системи поводження з відходами автомобільного походження та підвищення рівня екологічної безпеки держави.

РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ОСОБЛИВОСТІ ПОВОДЖЕННЯ З ОСНОВНИМИ ВИДАМИ ВІДХОДІВ АВТОМОБІЛЬНОГО ПОХОДЖЕННЯ

2.1. Відпрацьовані мастила, технічні рідини та їх екологічна безпека

У процесі експлуатації транспортних засобів утворюється значна кількість відходів, серед яких особливу небезпеку становлять відпрацьовані мастила та технічні рідини. Ці відходи належать до категорії небезпечних, оскільки містять токсичні речовини, важкі метали, продукти окиснення та інші компоненти, здатні негативно впливати на навколишнє природне середовище та здоров'я людини. Щорічне збільшення кількості автомобілів спричиняє зростання обсягів таких відходів, що зумовлює необхідність їх раціонального збирання, переробки та утилізації [12].

Мастильні матеріали є важливим елементом забезпечення надійної роботи двигунів, трансмісій та інших вузлів автомобіля. Під час експлуатації вони піддаються впливу високих температур, окисненню та забрудненню продуктами згоряння палива, металевими частинками та водою. Унаслідок цього мастила втрачають свої експлуатаційні властивості та переходять у категорію відпрацьованих.

До основних видів відпрацьованих мастил належать:

- * моторні оливи;
- * трансмісійні мастила;
- * гідравлічні оливи;
- * компресорні мастила;
- * індустріальні мастильні матеріали.

Відпрацьовані мастила містять широкий спектр небезпечних речовин, серед яких:

- * поліциклічні ароматичні вуглеводні;
- * свинець, кадмій, хром, нікель та інші важкі метали;
- * сірчані сполуки;
- * продукти окиснення;
- * залишки пального та сажі.

Таблиця 2.1 – Характеристика основних видів відходів автомобільного
походження

Вид відходів	Джерело утворення	Основний склад	Клас небезпеки	Можливість переробки та утилізації
Відпрацьовані мастила	Заміна моторних, трансмісійних та гідравлічних олив під час технічного обслуговування	Нафтопродукти, присадки, важкі метали, продукти зносу деталей	III–IV	Регенерація, очищення та повторне використання
Відпрацьовані акумуляторні батареї	Заміна старих або несправних акумуляторів	Свинець, кадмій, літій, електроліт, пластик	I–II	Переробка свинцю, пластику та повторне використання компонентів
Зношені автомобільні шини	Природне зношування або заміна шин	Гума, сажа, металевий корд, текстильні волокна	IV	Подрібнення, виготовлення гумової крихти, повторне використання
Автомобільні фільтри (масляні, паливні, повітряні)	Технічне обслуговування транспортних засобів	Метал, папір, синтетичні волокна, залишки нафтопродуктів	III–IV	Розділення компонентів, переробка металу та утилізація забруднених матеріалів
Гальмівні та охолоджувальні рідини	Планова заміна експлуатаційних рідин	Етиленгліколь, органічні сполуки, присадки	II–III	Регенерація або спеціалізована утилізація
Відпрацьовані деталі та металобрухт	Ремонт і демонтаж транспортних засобів	Сталь, алюміній, чавун, кольорові метали	IV	Повторна переплавка та використання у металургії

Під час тривалого використання концентрація токсичних компонентів у мастилах значно зростає, що підвищує їхню екологічну небезпеку.

До технічних рідин, які використовуються в автомобільному транспорті, належать:

- * охолоджувальні рідини (антифризи);
- * гальмівні рідини;
- * рідини гідропідсилювача керма;
- * рідини автоматичних трансмісій;
- * склоомивальні рідини;
- * електроліти акумуляторних батарей.

Кожен із зазначених видів містить специфічні хімічні сполуки, які при потраплянні у навколишнє середовище можуть спричинити його забруднення.

Охолоджувальні рідини переважно складаються з етиленгліколю або пропіленгліколю та комплексу антикорозійних присадок. Гальмівні рідини містять гліколі, спирти та інші органічні сполуки, які характеризуються високою токсичністю. Рідини автоматичних трансмісій містять синтетичні мастильні компоненти та спеціальні присадки, що ускладнює їх біологічне розкладання.

Відпрацьовані мастила є одним із найбільш небезпечних видів автомобільних відходів. Навіть незначна їх кількість може спричинити суттєве забруднення навколишнього середовища. Один літр відпрацьованого мастила здатний забруднити до одного мільйона літрів води, утворюючи на її поверхні тонку плівку, яка порушує процеси газообміну та знижує вміст кисню [16].

Потрапляння мастил у ґрунт призводить до:

- * погіршення структури ґрунту;
- * зниження його родючості;
- * пригнічення життєдіяльності мікроорганізмів;
- * порушення водопроникності;
- * накопичення токсичних сполук у рослинах.

Нафтопродукти можуть проникати у підземні води, створюючи загрозу для джерел питного водопостачання. Важкі метали здатні накопичуватися в організмах рослин, тварин і людини, спричиняючи токсичні та канцерогенні ефекти.

Технічні рідини також становлять значну екологічну небезпеку. Потрапляння антифризів у водні об'єкти супроводжується підвищенням токсичності водного середовища та загибеллю риб і безхребетних організмів. Етиленгліколь є високотоксичною речовиною, яка негативно впливає на нервову систему та внутрішні органи людини і тварин.

Гальмівні рідини можуть проникати у ґрунт та ґрунтові води, порушуючи природні процеси самоочищення. Більшість їх компонентів характеризується низькою швидкістю біологічного розкладання, тому вони можуть тривалий час зберігатися у навколишньому середовищі.

Електроліти акумуляторів містять сірчану кислоту, яка викликає закислення ґрунтів, зміну кислотно-лужного балансу та пригнічення розвитку рослинності. У поєднанні з важкими металами це створює комплексний негативний вплив на екосистеми [18].

Найпоширенішими шляхами потрапляння відпрацьованих мастил і технічних рідин у навколишнє середовище є:

- * витоки під час експлуатації автомобілів;
- * неналежне зберігання на станціях технічного обслуговування;
- * несанкціоноване зливання на поверхню ґрунту;
- * потрапляння у каналізаційні системи;
- * аварійні ситуації;
- * стихійні сміттєзвалища;
- * неправильна утилізація.

Особливої уваги потребують автосервіси та станції технічного обслуговування, де утворюються значні обсяги відпрацьованих мастил і технічних рідин. Неналежна організація їх збору та зберігання може стати причиною локального забруднення територій.

Для мінімізації негативного впливу відпрацьованих мастил і технічних рідин застосовуються різні методи їх оброблення та утилізації.

Найбільш поширеними є:

- * регенерація мастил;

- * фізико-хімічне очищення;
- * вакуумна дистиляція;
- * гідроочищення;
- * використання як альтернативного палива;
- * спалювання у спеціалізованих установках;
- * нейтралізація технічних рідин.

Регенерація є найбільш ефективним способом поводження з відпрацьованими мастилами, оскільки дозволяє повторно використовувати очищені базові оливи та зменшувати споживання природних ресурсів.

Сучасні технології забезпечують повернення до виробництва до 70–80 % компонентів відпрацьованих мастил. Це сприяє розвитку циркулярної економіки та зменшенню обсягів небезпечних відходів [13].

Зниження негативного впливу відпрацьованих мастил і технічних рідин можливе завдяки:

- * організації систем роздільного збирання;
- * створенню мережі пунктів приймання небезпечних відходів;
- * удосконаленню технологій регенерації;
- * впровадженню принципів розширеної відповідальності виробника;
- * посиленню екологічного контролю;
- * підвищенню екологічної свідомості населення;
- * використанню екологічно безпечних мастильних матеріалів та біорозкладних рідин.

Таким чином, відпрацьовані мастила та технічні рідини належать до найбільш небезпечних видів відходів автомобільного походження. Вони містять токсичні речовини та важкі метали, здатні негативно впливати на ґрунти, водні ресурси, атмосферне повітря та живі організми. Впровадження сучасних технологій регенерації та екологічно безпечних методів утилізації є необхідною умовою мінімізації їх негативного впливу на навколишнє природне середовище та забезпечення сталого розвитку транспортного сектору.

2.2. Особливості поводження з відпрацьованими шинами, акумуляторними батареями та автомобільними фільтрами.

У процесі експлуатації транспортних засобів утворюється значна кількість відходів, серед яких особливе місце займають відпрацьовані шини, акумуляторні батареї та автомобільні фільтри. Ці види відходів належать до найбільш поширених компонентів автомобільного походження і характеризуються високою екологічною небезпекою. Неналежне поводження з ними призводить до забруднення навколишнього середовища токсичними речовинами, накопичення мікропластику, важких металів та нафтопродуктів. Тому важливим завданням є організація ефективної системи збирання, сортування, транспортування, переробки та утилізації цих відходів.

Автомобільні шини є одним із наймасовіших видів відходів автомобільного походження. Унаслідок механічного зношування або закінчення терміну експлуатації вони втрачають свої властивості та підлягають заміні. До складу шин входять гума, металевий корд, текстильні волокна, сажа, сірка та різноманітні хімічні добавки.

Основними етапами поводження із зношеними шинами є:

- * збирання;
- * сортування;
- * тимчасове зберігання;
- * транспортування;
- * повторне використання;
- * переробка;
- * утилізація.

Зношені шини забороняється спалювати або захоронювати на несанкціонованих сміттєзвалищах, оскільки вони характеризуються тривалим періодом розкладання та становлять пожежну небезпеку. При горінні шин у повітря потрапляють оксиди азоту, оксиди сірки, чадний газ, бенз(а)пірен та інші канцерогенні речовини.

Найбільш поширеним способом переробки шин є механічне подрібнення з отриманням гумової крихти. Отримана сировина використовується для:

- * виготовлення покриттів спортивних майданчиків;
- * виробництва дорожніх покриттів;
- * створення шумозахисних конструкцій;
- * виробництва гумотехнічних виробів;
- * використання у будівництві.

Крім механічної переробки застосовують піроліз, який дозволяє отримувати рідке паливо, технічний вуглець, металевий корд та горючий газ [10].

Акумуляторні батареї належать до категорії небезпечних відходів, оскільки містять свинець, кадмій, нікель, літій, кобальт, електроліт та інші токсичні компоненти. Їх неконтрольоване накопичення або потрапляння у навколишнє середовище може спричинити забруднення ґрунтів, водних ресурсів та атмосферного повітря.

До основних етапів поводження з відпрацьованими акумуляторами належать:

- * окреме збирання;
- * тимчасове зберігання;
- * транспортування до спеціалізованих підприємств;
- * сортування за типами;
- * переробка та вилучення цінних компонентів;
- * утилізація залишків.

Найбільш поширеними є свинцево-кислотні акумулятори, які містять:

- * свинець;
- * свинцеві оксиди;
- * сірчану кислоту;
- * поліпропіленові елементи.

Під час переробки відпрацьованих акумуляторів здійснюється:

1. Подрібнення корпусу.
2. Розділення пластмасових компонентів.

3. Нейтралізація електроліту.

4. Вилучення свинцю та його повторне використання.

Коефіцієнт повторного використання свинцю може перевищувати 95 %, що дозволяє значно скоротити споживання природних ресурсів.

Таблиця 2.2 – Екологічна небезпека основних видів відходів автомобільного походження

Вид відходів	Небезпечні компоненти	Потенційний вплив на довкілля	Основні екологічні ризики
Відпрацьовані мастила	Нафтопродукти, свинець, кадмій, хром, продукти окиснення	Забруднення ґрунтів, поверхневих і підземних вод	Токсичний вплив на живі організми, зниження родючості ґрунтів, погіршення якості води
Відпрацьовані акумулятори	Свинець, літій, кадмій, сірчана кислота	Забруднення ґрунтів і водних об'єктів важкими металами	Накопичення токсичних речовин у харчових ланцюгах, небезпека для здоров'я людини
Зношені автомобільні шини	Гума, сажа, цинк, синтетичні полімери	Забруднення ґрунтів, утворення мікропластику, викиди при спалюванні	Пожежна небезпека, тривале накопичення відходів, забруднення атмосфери токсичними газами
Автомобільні фільтри	Нафтопродукти, металеві частинки, синтетичні волокна	Вторинне забруднення ґрунтів і водних ресурсів	Токсичний вплив на екосистеми, складність утилізації
Гальмівні та охолоджувальні рідини	Етиленгліколь, присадки, органічні сполуки	Забруднення поверхневих і підземних вод	Висока токсичність для водних організмів та людини
Електронні компоненти автомобілів	Ртуть, мідь, нікель, свинець	Забруднення ґрунтів та вод важкими металами	Біоаккумуляція токсичних речовин та порушення функціонування екосистем
Металобрухт і кузовні деталі	Залізо, алюміній, лакофарбові покриття	Забруднення ґрунтів продуктами корозії	Потрапляння важких металів і токсичних речовин у навколишнє середовище

Окрему групу становлять літій-іонні акумулятори, поширення яких зростає завдяки розвитку електромобілів. Вони містять літій, нікель, кобальт, марганець та графіт, які мають високу економічну цінність. Сучасні технології переробки дозволяють вилучати до 90 % цінних металів і повторно використовувати їх у виробництві нових акумуляторів [15].

У процесі технічного обслуговування транспортних засобів утворюється значна кількість відпрацьованих автомобільних фільтрів, серед яких:

- * масляні;
- * паливні;
- * повітряні;
- * салонні;
- * гідравлічні.

Фільтри містять залишки мастил і пального, металеві частинки, паперові елементи, синтетичні волокна, пластмасові деталі.

Найбільш небезпечними є масляні та паливні фільтри, оскільки вони містять залишки нафтопродуктів і належать до небезпечних відходів.

Система поводження з автомобільними фільтрами передбачає:

- * збирання окремо від інших відходів;
- * герметичне зберігання;
- * транспортування на спеціалізовані підприємства;
- * механічне розділення компонентів;
- * вилучення металу;
- * очищення від залишків нафтопродуктів;
- * утилізацію або повторне використання окремих матеріалів.

У країнах Європейського Союзу реалізується принцип розширеної відповідальності виробника, відповідно до якого виробники автомобілів та комплектуючих відповідають за організацію збирання та переробки продукції після завершення її життєвого циклу.

Завдяки цьому створено:

- * мережі пунктів приймання шин та акумуляторів;

- * спеціалізовані підприємства з переробки;
- * системи електронного обліку відходів;
- * сучасні технологічні комплекси;
- * замкнуті цикли використання вторинної сировини [17].

2.3. Сучасні технології збирання, переробки та утилізації відходів автомобільного походження

Зростання кількості транспортних засобів супроводжується збільшенням обсягів відходів автомобільного походження, що зумовлює необхідність впровадження ефективних систем їх збирання, переробки та утилізації. До таких відходів належать відпрацьовані мастила, технічні рідини, автомобільні шини, акумуляторні батареї, фільтри, пластмасові та металеві деталі, скло, електронні компоненти та транспортні засоби, що вийшли з експлуатації. Сучасні технології поводження з автомобільними відходами спрямовані на мінімізацію їх негативного впливу на довкілля, повернення цінних матеріалів у господарський обіг та реалізацію принципів циркулярної економіки.

Ефективне управління відходами автомобільного походження починається з їх правильного збирання. У більшості країн Європейського Союзу та розвинених держав світу діють спеціалізовані системи роздільного збирання небезпечних та інших видів автомобільних відходів.

Основними елементами системи збирання є:

- * пункти приймання відпрацьованих мастил;
- * мережі збору акумуляторних батарей;
- * станції технічного обслуговування;
- * спеціалізовані підприємства з демонтажу транспортних засобів;
- * пункти приймання автомобільних шин;
- * системи електронного обліку відходів.

Відходи підлягають сортуванню за видами, ступенем небезпеки та можливістю повторного використання. Такий підхід забезпечує підвищення

ефективності подальшої переробки та зменшує обсяги відходів, що направляються на захоронення.

Особлива увага приділяється небезпечним відходам, які повинні зберігатися у герметичних контейнерах та транспортуватися відповідно до екологічних і санітарних вимог.

Відпрацьовані мастила належать до найбільш небезпечних відходів автомобільного походження. Сучасні технології дозволяють відновлювати їхні властивості та повторно використовувати як базові оливи.

До основних методів переробки належать:

- * вакуумна дистиляція;
- * фізико-хімічне очищення;
- * гідроочищення;
- * адсорбційне очищення;
- * регенерація.

Вакуумна дистиляція дає змогу видаляти воду, домішки та легкі фракції. Гідроочищення забезпечує видалення сірчаних сполук, азотовмісних речовин та інших небезпечних компонентів.

У результаті регенерації можливо повернути до повторного використання до 70–80 % мастильних матеріалів, що сприяє економії нафтопродуктів та зменшенню екологічного навантаження.

Автомобільні шини є одним із найбільш поширених видів твердих відходів. Через значний вміст полімерних матеріалів та металевго корду вони характеризуються тривалим періодом розкладання [9].

Піроліз є перспективною технологією термічного розкладання гуми без доступу кисню. У результаті утворюються:

- * піролізна олива;
- * технічний вуглець;
- * металевий корд;
- * горючий газ.

Акумуляторні батареї належать до категорії небезпечних відходів через вміст свинцю, літію, кадмію, кобальту та кислот.

Для їх переробки застосовують, механічний спосіб та пірометалургійний метод, який використовується для вилучення свинцю, нікелю та кобальту шляхом плавлення при високих температурах.

Важливим напрямом сучасного управління відходами є утилізація автомобілів після завершення строку їх експлуатації.

Технологічний процес складається з кількох етапів:

- * зливання технічних рідин;
- * демонтаж акумуляторів;
- * вилучення шин;
- * сортування деталей;
- * демонтаж пластикових елементів;
- * відділення скла;
- * пресування металевих конструкцій;
- * подальша переробка матеріалів.

Сучасні підприємства дозволяють повторно використовувати до 95 % маси автомобіля.

Сучасні системи поводження з відходами дедалі більше базуються на цифрових технологіях.

До них належать:

- * електронний облік відходів;
- * GPS-моніторинг перевезення небезпечних відходів;
- * автоматизовані системи сортування;
- * роботизовані комплекси демонтажу;
- * технології штучного інтелекту для сортування матеріалів.

РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ АСПЕКТІВ ТА НАПРЯМИ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ АВТОМОБІЛЬНОГО ПОХОДЖЕННЯ

3.1. Аналіз сучасного стану утворення та поводження з відходами автомобільного походження в Україні.

Сучасний стан утворення та поводження з відходами автомобільного походження в Україні є важливою складовою загальної системи управління відходами. Зростання кількості транспортних засобів, розвиток автосервісної інфраструктури, збільшення обсягів перевезень та експлуатації приватного автотранспорту зумовлюють постійне утворення відходів, пов'язаних із технічним обслуговуванням, ремонтом і списанням автомобілів. До таких відходів належать відпрацьовані мастила, технічні рідини, зношені шини, акумуляторні батареї, автомобільні фільтри, пластмасові та металеві деталі, скло, електронні компоненти, а також транспортні засоби, що вийшли з експлуатації.

В Україні найбільші обсяги автомобільних відходів утворюються на станціях технічного обслуговування, автотранспортних підприємствах, у ремонтних майстернях, пунктах заміни шин, на підприємствах із продажу та обслуговування акумуляторів, а також у домогосподарствах, які самостійно здійснюють обслуговування транспортних засобів. Значна частина таких відходів належить до небезпечних або потенційно небезпечних, оскільки містить нафтопродукти, важкі метали, кислоти, синтетичні полімери та інші токсичні речовини [8].

Особливої уваги потребують відпрацьовані мастила, які утворюються під час заміни моторних, трансмісійних та гідравлічних олив. Вони містять продукти окиснення, залишки пального, сажу, металеві частинки та токсичні присадки. У разі неналежного поводження такі відходи можуть потрапляти у ґрунти та водні об'єкти, спричиняючи тривале забруднення довкілля. В Україні проблема відпрацьованих мастил залишається актуальною через недостатній рівень їх централізованого збирання та регенерації.

Відпрацьовані акумуляторні батареї також становлять значну екологічну небезпеку. Найпоширенішими є свинцево-кислотні акумулятори, які містять свинець, сірчану кислоту та полімерні матеріали. У разі порушення умов зберігання або пошкодження корпусу можливе витікання електроліту та забруднення ґрунтів і водних ресурсів. Водночас акумуляторні батареї мають високий ресурсний потенціал, оскільки свинець, пластик та інші компоненти можуть бути повторно використані після спеціалізованої переробки.

Попри позитивні законодавчі зміни, в Україні існує низка проблем у сфері практичного поводження з відходами автомобільного походження. Однією з основних є недостатній розвиток інфраструктури збирання та переробки. У багатьох населених пунктах відсутні зручні пункти приймання відпрацьованих мастил, шин, акумуляторів та фільтрів. Через це частина відходів потрапляє до загального потоку побутових відходів або накопичується на несанкціонованих звалищах [12].

Ще однією проблемою є низький рівень екологічної культури частини населення та суб'єктів господарювання. Деякі власники транспортних засобів не усвідомлюють небезпеки самовільного зливання мастил, викидання шин або зберігання відпрацьованих акумуляторів у неналежних умовах. Недостатній контроль за діяльністю дрібних автосервісів також призводить до порушень у сфері поводження з небезпечними відходами.

Важливим аспектом є облік автомобільних відходів. В Україні існує потреба у вдосконаленні статистичного обліку утворення та руху окремих видів відходів автомобільного походження. Частина таких відходів не потрапляє до офіційної статистики, оскільки утворюється у неформальному секторі або передається без належного документального оформлення. Це ускладнює оцінку реальних обсягів утворення відходів та планування ефективної системи управління ними [14].

На сьогодні в Україні функціонують підприємства, які здійснюють переробку металобрухту, акумуляторів, шин, мастил та інших автомобільних відходів. Металеві компоненти транспортних засобів мають найбільш

розвинений ринок вторинної переробки, оскільки металобрухт має стабільний попит у металургійній промисловості. Переробка акумуляторів також є економічно доцільною через можливість повторного використання свинцю та пластику.

Один з варіантів поводження з відходами автомобільного походження запропонований на рисунку 3.1.

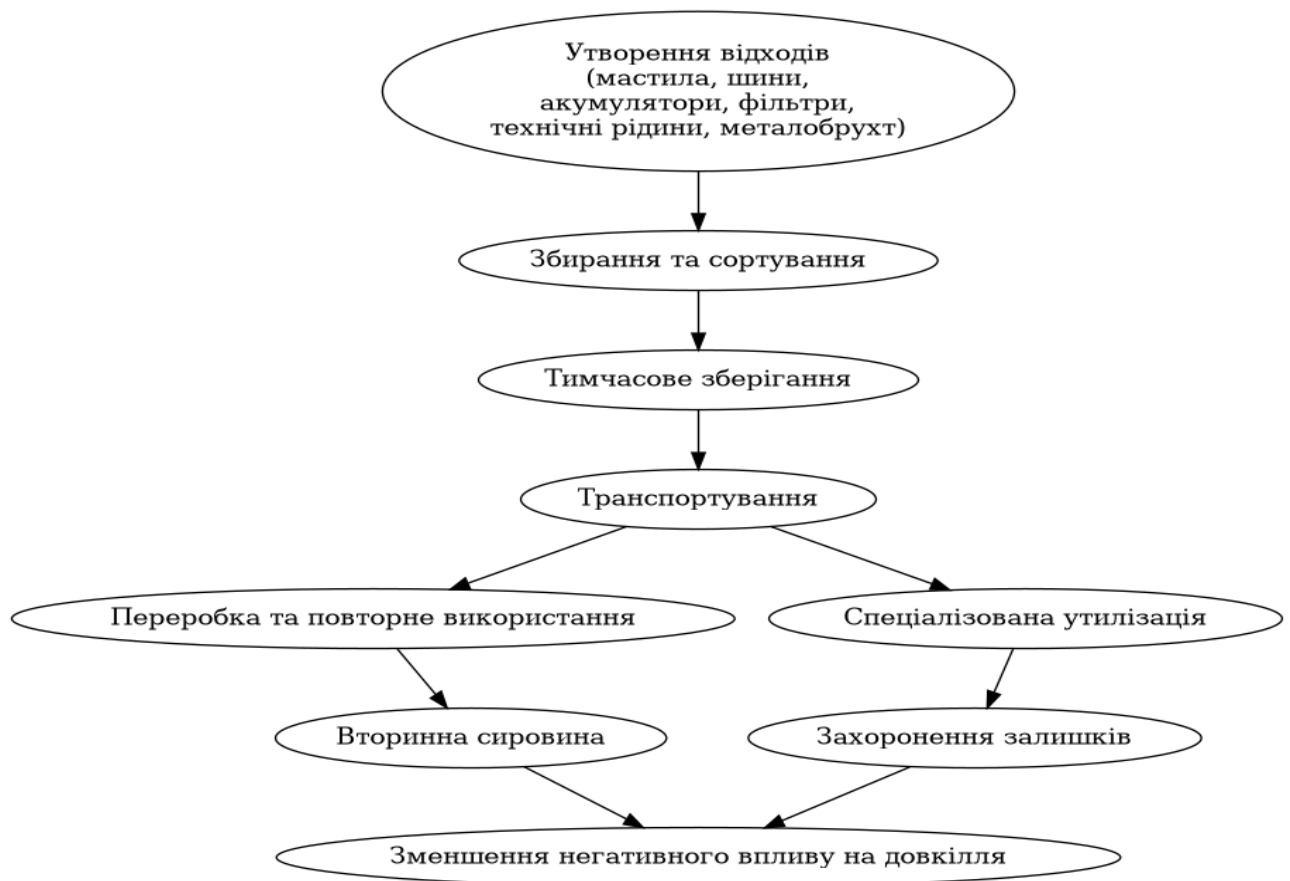


Рисунок 3.1 – Схема поводження з відходами автомобільного походження.

Утилізація транспортних засобів, що вийшли з експлуатації, в Україні також потребує вдосконалення. Значна кількість старих автомобілів продовжує експлуатуватися після завершення нормативного строку служби або розбирається неофіційно. Це призводить до втрати цінної вторинної сировини та створює ризики потрапляння небезпечних речовин у довкілля. Для вирішення цієї проблеми необхідно розвивати мережу сертифікованих центрів демонтажу автомобілів, які забезпечуватимуть безпечне вилучення мастил, рідин, акумуляторів, шин, електроніки та інших компонентів.

Порівняно з країнами Європейського Союзу, система поводження з автомобільними відходами в Україні ще не досягла належного рівня організації. У країнах ЄС діють розвинені системи розширеної відповідальності виробника, що забезпечують високий рівень збирання та переробки шин, акумуляторів, мастил і транспортних засобів, що вийшли з експлуатації. В Україні ці механізми лише поступово впроваджуються, тому важливим завданням є створення економічних стимулів для переробки та повторного використання матеріалів.

Основними напрямками покращення сучасного стану поводження з відходами автомобільного походження в Україні є:

1. створення мережі спеціалізованих пунктів приймання автомобільних відходів;
2. розвиток підприємств з регенерації відпрацьованих мастил;
3. впровадження технологій переробки шин із отриманням гумової крихти;
4. розширення потужностей із переробки акумуляторних батарей;
5. удосконалення системи обліку та контролю руху небезпечних відходів;
6. стимулювання використання вторинної сировини;
7. підвищення екологічної відповідальності автосервісів і власників транспортних засобів;
8. гармонізація українського законодавства з вимогами Європейського Союзу.

3.2. Екологічна оцінка ефективності методів переробки та утилізації автомобільних відходів

Екологічна оцінка ефективності методів переробки та утилізації автомобільних відходів є важливим етапом дослідження, оскільки дозволяє визначити, які способи поводження з відходами забезпечують найменший негативний вплив на навколишнє природне середовище. Автомобільні відходи мають різний хімічний склад, ступінь небезпеки та ресурсний потенціал, тому для кожного виду відходів необхідно застосовувати відповідні методи збирання, оброблення, переробки або утилізації.

До основних автомобільних відходів, що потребують екологічної оцінки, належать відпрацьовані мастила, технічні рідини, акумуляторні батареї, зношені шини, автомобільні фільтри, металеві, пластмасові та скляні компоненти, а також транспортні засоби, що вийшли з експлуатації. Найбільшу екологічну небезпеку становлять ті відходи, які містять нафтопродукти, важкі метали, кислоти, синтетичні полімери та токсичні присадки [16].

Ефективність методів поводження з автомобільними відходами доцільно оцінювати за такими критеріями: рівень зменшення негативного впливу на довкілля, можливість повторного використання матеріалів, зниження обсягів захоронення, економія природних ресурсів, енергоефективність технології, безпечність для здоров'я людини та відповідність принципам циркулярної економіки.

Найбільш екологічно доцільними є методи, які дозволяють не лише знешкодити небезпечні компоненти, а й повернути матеріали у господарський обіг. Саме тому перевага надається регенерації, рециклінгу, повторному використанню та відновленню ресурсів, тоді як захоронення відходів розглядається як найменш бажаний варіант.

Порівняльна екологічна оцінка методів

З позицій екологічної ефективності найкращими методами поводження з автомобільними відходами є ті, що забезпечують повернення матеріалів у виробничий цикл. До них належать регенерація мастил, переробка акумуляторів, механічний рециклінг шин, повторне використання металів, переробка пластмас і скла.

Менш ефективними є методи термічної утилізації, оскільки вони супроводжуються утворенням викидів і потребують складних систем очищення газів. Проте за наявності сучасного обладнання термічна утилізація може бути прийнятним способом поводження з відходами, які не підлягають повторній переробці [14].

Найменш екологічно доцільним методом є захоронення. Воно не забезпечує повернення ресурсів у господарський обіг, займає земельні площі та створює ризик довготривалого забруднення ґрунтів і підземних вод.

Таблиця 3.1 – Екологічна ефективність методів переробки та утилізації автомобільних відходів

Вид автомобільних відходів	Основний метод поводження	Екологічна ефективність	Основний результат
Відпрацьовані мастила	Регенерація, очищення	Висока	Повторне отримання базових олів, зменшення забруднення вод і ґрунтів
Технічні рідини	Нейтралізація, спеціалізована утилізація	Середня / висока	Знешкодження токсичних компонентів
Акумуляторні батареї	Механічна, гідрометалургійна та пірометалургійна переробка	Висока	Вилучення свинцю, літію, нікелю, кобальту та пластику
Зношені шини	Механічне подрібнення, піроліз	Висока / середня	Отримання гумової крихти, металевого кордуну, палива
Автомобільні фільтри	Розділення компонентів, очищення, термічна утилізація	Середня	Вилучення металу, знешкодження забруднених матеріалів
Металеві деталі	Переплавлення	Дуже висока	Повторне використання металобрухту
Пластмасові компоненти	Сортування, механічний рециклінг	Середня	Отримання вторинної полімерної сировини
Скло	Подрібнення та повторне використання	Середня	Використання у виробництві скла або будівельних матеріалів
Непридатні залишки	Термічна утилізація або захоронення	Низька / середня	Зменшення об'єму відходів, але можливі екологічні ризики

3.3. Оцінка екологічних аспектів утилізації та переробки компонентів електромобіля

У сучасних умовах зростання автомобілізації суспільства проблема утворення та накопичення відходів автомобільного походження набуває особливої актуальності. Традиційна лінійна модель економіки, яка базується на принципі «виробництво – споживання – видалення», поступово втрачає свою ефективність через виснаження природних ресурсів, збільшення обсягів відходів та зростання антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище. У зв'язку з цим одним із пріоритетних напрямів екологічної політики більшості країн світу є перехід до принципів циркулярної економіки та сталого розвитку, які передбачають максимальне повторне використання ресурсів, мінімізацію утворення відходів та скорочення негативного впливу на довкілля.

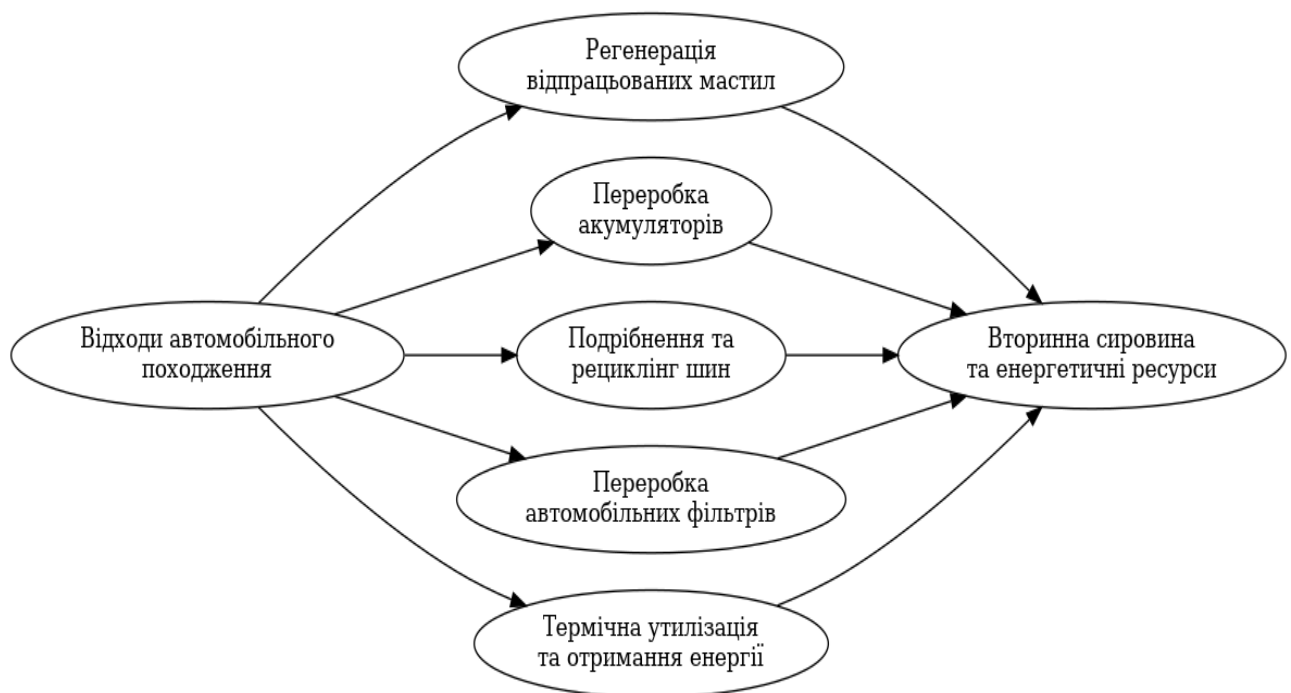


Рисунок 3.2- Сучасні технології переробки та утилізації відходів автомобільного походження

Циркулярна економіка ґрунтується на створенні замкнутих виробничих циклів, у межах яких матеріали та ресурси після завершення терміну експлуатації продукції повертаються до виробництва у вигляді вторинної

сировини. Для сфери поводження з відходами автомобільного походження це означає необхідність переходу від переважного захоронення та утилізації до повторного використання, регенерації, рециклінгу та відновлення матеріалів.

Одним із головних напрямів удосконалення системи управління автомобільними відходами є впровадження принципу розширеної відповідальності виробника. Цей механізм широко застосовується у країнах Європейського Союзу та передбачає покладання відповідальності за організацію збирання, переробки та утилізації продукції після завершення строку її експлуатації на виробників або імпортерів. Реалізація такого підходу дозволяє створити ефективні системи збору відпрацьованих шин, акумуляторних батарей, мастил, фільтрів та транспортних засобів, що вийшли з експлуатації.

Важливим напрямом розвитку є створення сучасної інфраструктури поводження з відходами автомобільного походження. В Україні існує потреба у розширенні мережі спеціалізованих пунктів приймання небезпечних відходів, будівництві нових підприємств з регенерації мастил, переробки шин, акумуляторних батарей та інших компонентів транспортних засобів. Розвиток інфраструктури дозволить забезпечити централізоване збирання відходів, скоротити кількість несанкціонованих місць їх накопичення та підвищити рівень екологічної безпеки.

Перспективним напрямом є широке впровадження сучасних технологій переробки. Для відпрацьованих мастил найбільш ефективною є регенерація, яка дозволяє відновлювати базові оливи та повторно використовувати їх у виробництві. Для зношених шин перспективними технологіями є механічне подрібнення, піроліз та кріогенна переробка. У сфері переробки акумуляторних батарей значні перспективи мають гідрометалургійні методи, які забезпечують високий рівень вилучення літію, кобальту, нікелю та інших цінних компонентів.

Особливої актуальності набуває проблема поводження з літій-іонними акумуляторами, кількість яких зростає у зв'язку з поширенням електромобілів. У майбутньому необхідним є створення спеціалізованих центрів переробки

тягових батарей, здатних забезпечити повернення цінних металів у виробничий цикл та мінімізувати екологічні ризики.

Перспективними напрямками вдосконалення системи управління відходами автомобільного походження є:

- * впровадження принципу розширеної відповідальності виробника;
- * розвиток інфраструктури збирання та переробки автомобільних відходів;
- * створення спеціалізованих підприємств з регенерації мастил та переробки акумуляторів;
- * впровадження сучасних технологій рециклінгу та піролізу;
- * розвиток цифрових систем управління відходами;
- * стимулювання використання вторинної сировини;
- * удосконалення нормативно-правової бази;
- * підвищення рівня екологічної освіти та свідомості населення;
- * гармонізація законодавства України з європейськими стандартами;
- * впровадження принципів екодизайну та ресурсоощадних технологій.

Таким чином, перспективи вдосконалення системи управління відходами автомобільного походження безпосередньо пов'язані з реалізацією принципів циркулярної економіки та сталого розвитку. Перехід до ресурсоефективної моделі господарювання, розвиток сучасних технологій переробки та створення ефективної інфраструктури дозволять суттєво зменшити негативний вплив автомобільних відходів на довкілля, підвищити рівень повторного використання матеріалів та забезпечити екологічну безпеку й сталий розвиток транспортного сектору України.

ВИСНОВКИ

1. У роботі досліджено основні джерела утворення відходів автомобільного походження та встановлено, що найбільші їх обсяги формуються під час експлуатації транспортних засобів, проведення технічного обслуговування, ремонту та утилізації автомобілів. До найбільш поширених видів відходів належать відпрацьовані мастила, акумуляторні батареї, зношені шини, фільтри та металобрухт.

2. Визначено, що відходи автомобільного походження становлять значну екологічну небезпеку, оскільки містять нафтопродукти, важкі метали, кислоти, полімери та інші токсичні речовини. Їх неконтрольоване накопичення та неналежна утилізація призводять до забруднення ґрунтів, поверхневих і підземних вод, атмосферного повітря та негативно впливають на стан екосистем і здоров'я людини.

3. Проаналізовано нормативно-правове регулювання поводження з відходами автомобільного походження в Україні та країнах Європейського Союзу. Встановлено, що сучасна система управління відходами базується на принципах запобігання їх утворенню, повторного використання, переробки та екологічно безпечної утилізації, а законодавство України поступово гармонізується з європейськими вимогами.

4. Досліджено екологічні характеристики основних видів автомобільних відходів та встановлено, що найбільш небезпечними є відпрацьовані мастила та акумуляторні батареї, які містять токсичні речовини та важкі метали. Значну загрозу для довкілля становлять також зношені шини та автомобільні фільтри, які є джерелами мікропластику та вторинного забруднення.

5. Встановлено, що сучасні технології регенерації мастил, переробки акумуляторів, рециклінгу шин, повторного використання металів та термічної утилізації відходів дозволяють суттєво зменшити негативний вплив на навколишнє середовище та забезпечити повернення цінних матеріалів у господарський обіг. Використання таких технологій відповідає принципам ресурсозбереження та циркулярної економіки.

6. Обґрунтовано, що підвищення екологічної ефективності системи поводження з відходами автомобільного походження потребує розвитку інфраструктури їх збирання та переробки, удосконалення нормативно-правової бази, впровадження сучасних технологій утилізації, а також підвищення рівня екологічної свідомості населення та суб'єктів господарювання. Реалізація зазначених заходів сприятиме зниженню антропогенного навантаження на довкілля та забезпеченню сталого розвитку транспортного сектору.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Андрусевич Н. І., Кравченко О. В. Екологічна політика та сталий розвиток : навч. посіб. Київ : Видавництво «Компанія ВАІТЕ», 2020. 302 с.
2. Бабаєв В. М., Гордієнко С. В. Екологічна безпека транспортних систем : монографія. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. 286 с.
3. Бойченко С. В., Черняк Л. М. Альтернативні моторні палива та електромобільний транспорт. Київ : НАУ, 2020. 328 с.
4. Бондар О. І., Машков О. А. Екологічне управління та оцінка життєвого циклу продукції. Київ : ДЕА, 2021. 274 с.
5. Бурлака Г. Г., Кучерук П. П. Енергоефективність та екологічна безпека транспортних систем. Вінниця : ВНТУ, 2022. 256 с.
6. Войцицький А. П., Дубровський В. П. Техноекологія : підручник. Київ : Аграрна освіта, 2020. 392 с.
7. Гелетуха Г. Г., Желєзна Т. А. Відновлювана енергетика та декарбонізація економіки України. Київ : Біоенергетична асоціація України, 2021. 318 с.
8. ДСТУ ISO 14040:2021. Екологічне управління. Оцінювання життєвого циклу. Принципи та структура. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2021. 26 с.
9. ДСТУ ISO 14044:2021. Екологічне управління. Оцінювання життєвого циклу. Вимоги та настанови. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2021. 58 с.
10. Закон України «Про альтернативні джерела енергії» № 555-IV від 20.02.2003 р. (зі змінами станом на 2024 р.). Київ, 2024.
11. Закон України «Про альтернативні види палива» № 1391-XIV від 14.01.2000 р. (зі змінами станом на 2024 р.). Київ, 2024.
12. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» № 1264-XII від 25.06.1991 р. (зі змінами станом на 2024 р.). Київ, 2024.
13. Маланчак С. І. Оцінка екологічних вигод масового переходу на електромобілі в Україні : кваліфікаційна робота. Львів : Національний університет «Львівська політехніка», 2024. 107 с.
14. Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року. Київ : Кабінет Міністрів України, 2021. 60 с.

- 15.Палюх О. Д., Савчук В. В. Екологічні аспекти функціонування транспортних систем : навчальний посібник. Луцьк : Вежа-Друк, 2022. 244 с.
- 16.Пастернак Р. В., Мельник Л. В. Циркулярна економіка та ресурсозбереження : монографія. Тернопіль : ТНТУ, 2021. 296 с.
- 17.Романюк С. П., Бондаренко І. О. Сталий розвиток та екологізація транспортного сектору. Київ : НУБіП України, 2023. 278 с.
- 18.Техноекологія : навчальний посібник / за ред. В. М. Боголюбова. Херсон : Олді-Плюс, 2022. 352 с.
- 19.Трофименко М. Є., Гутаревич Ю. Ф. Автомобільний транспорт і довкілля : сучасні екологічні проблеми та шляхи їх вирішення. Київ : НТУ, 2020. 314 с.
- 20.Шмандій В. М., Солошич І. О. Екологічна безпека та управління відходами : навчальний посібник. Кременчук : КрНУ імені Михайла Остроградського, 2021. 290 с.