

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ

Факультет водогосподарської інженерії та екології  
Кафедра екології

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Зав. кафедри екології

доц. \_\_\_\_\_ Вікторія КАЦЕВИЧ

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**Пояснювальна записка**

до кваліфікаційної роботи освітнього ступеня «магістр»  
на тему: «Ефективність сучасних технологій утилізації автомобільних  
шин та рекомендації щодо зменшення викидів»

Виконав: здобувач вищої освіти 2 курсу,  
Групи МгЕ-1-24  
спеціальності 101 «Екологія»  
Освітньо-професійної програми «Екологія»  
\_\_\_\_\_ Віталій САЙГАК

Керівник: \_\_\_\_\_ к.б.н., доц. Наталія ВОРОШИЛОВА

Рецензент \_\_\_\_\_ д.б.н, професор Наталія БІЛОВА

Дніпро 2025

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет:** Водогосподарської інженерії та екології

**Кафедра:** Екології

**Освітньо-професійна програма:** «Екологія»

**Спеціальність:** 101 «Екологія»

**Ступінь вищої освіти:** Магістр

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою екології

\_\_\_\_\_ Вікторія КАЦЕВИЧ

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**З А В Д А Н Н Я**

на підготовку кваліфікаційної роботи

Сайгаку Віталію Вікторовичу

**1. Тема роботи:** «Ефективність сучасних технологій утилізації автомобільних шин та рекомендації щодо зменшення викидів»

**Науковий керівник:** к.б.н., доц. Наталія ВОРОШИЛОВА

затверджена наказом по ДДАЕУ від «15» жовтня 2025 р. № 3074

**2. Термін подання здобувачем роботи:** 16.12.2025 р.

**3. Вихідні дані до роботи:** матеріали, отримані при проходженні виробничої технологічної практики

**4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їй належить розробити):** 1. Аналіз ситуації у сфері поводження з використаними автомобільними шинами. 2. Фізико-географічні умови регіону досліджень. 3. Методи переробки використаних автомобільних шин. 4. Обґрунтування екологічно безпечної технології переробки. 5. Охорона праці і техніка безпеки. Висновки. Перелік посилань.

**5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):** Рисуноків – 11

Таблиць – 1

Використаної літератури – 38

Розділів – 5

Сторінок – 69

**6. Дата видачі завдання:** «15» 10 2025 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Аналіз ситуації у сфері поведження з відпрацьованими автомобільними шинами	15.10-25.10.2025	виконано
2	Фізико-географічні умови регіону досліджень	25.10-10.11.2025	виконано
3	Методи переробки відпрацьованих автомобільних шин	10.11-15.11.2025	виконано
4	Обґрунтування екологічно безпечної технології переробки відпрацьованих автомобільних шин	15.11-25.11.2025	виконано
5	Охорона праці і техніка безпеки	25.11-03.12.2025	виконано
6	Висновки	03.12-16.12.2025	виконано

Здобувач

\_\_\_\_\_ Віталій САЙГАК

(підпис)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ Наталія ВОРОШИЛОВА

(підпис)

## ЗМІСТ

РЕФЕРАТ .....	6
ВСТУП .....	7
1 АНАЛІЗ СИТУАЦІЇ У СФЕРІ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДПРАЦЬОВАНИМИ АВТОМОБІЛЬНИМИ ШИНАМИ .....	9
1.1 Конструктивні особливості та хімічний склад автомобільних шин .....	9
1.2 Екологічні наслідки потрапляння відпрацьованих автомобільних шин до довкілля .....	11
1.2.1 Забруднення повітря .....	11
1.2.2 Забруднення ґрунтів.....	12
1.2.3 Забруднення водних об'єктів .....	13
1.3 Сучасний стан у сфері поводження з відпрацьованими автомобільними шинами в Україні .....	14
1.4 Досвід інших країн щодо організації збору та утилізації відпрацьованих автомобільних шин .....	17
1.5 Утилізація та можливість повторного використання відпрацьованих автомобільних шин .....	19
1.5.1 Хімічні методи .....	20
1.5.2 Фізичний метод .....	21
1.6 Основні напрямки використання перероблених автомобільних шин ..	21
2 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНІ УМОВИ РЕГІОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ .....	27
2.1 Географічне положення та характеристика території.....	27
2.2 Кліматичні умови.....	28
2.3 Гідрогеологічні та гідрологічні умови .....	29
2.4 Геологічна будова .....	31
2.5 Рослинний світ .....	32
2.6 Тваринний світ .....	34
3 МЕТОДИ ПЕРЕРОБКИ ВІДПРАЦЬОВАНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ШИН .....	36

3.1	Актуальність проблеми утилізації та переробки автомобільних шин	36
3.2	Етапи переробки автомобільних шин за допомогою фізичних методів	37
3.3	Етапи переробки автомобільних шин за допомогою хімічних методів	38
3.4	Характеристика підприємств, що займаються переробкою відпрацьованих автомобільних шин	40
4	ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ ВІДПРАЦЬОВАНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ШИН	42
4.1	Аналіз сучасних технологій переробки відпрацьованих автомобільних шин	42
4.2	Екологічна оцінка процесів переробки шин та їх вплив на довкілля	43
4.2.1	Екологічна оцінка спалювання шин з утилізацією енергії	43
4.2.2	Екологічна оцінка піролізу	44
4.2.3	Екологічна оцінка механічної переробки шин	45
4.3	Оцінка ресурсоефективності технологій переробки шин	46
4.4	Можливості інтеграції у вже існуючу інфраструктуру	48
4.5	Порівняльний аналіз екологічної та ресурсної ефективності методів переробки та обґрунтування оптимального варіанту	49
5	ОХОРОНА ПРАЦІ І ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ	54
5.1	Загальні положення та нормативно-правова база	54
5.2	Оцінка потенційних професійних ризиків під час роботи з різними методами переробки	55
5.3	Заходи безпеки та індивідуальний захист працівників	57
5.4	Організаційні та технічні заходи безпеки	58
5.5	Навчання та інструктаж працівників	59
5.6	Контроль та облік умов праці	60
5.7	Заходи при аварійних ситуаціях	61
	ВИСНОВКИ	63
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	65

## РЕФЕРАТ

Дипломна робота включає в себе вступ, 5 розділів, висновки та перелік посилань. Загальний обсяг роботи становить 70 сторінки друкованого тексту, враховуючи 11 рисунки та 1 таблиці. Перелік посилань містить 38 найменування.

Мета роботи: провести комплексний екологічний аналіз сучасних технологій утилізації відпрацьованих автомобільних шин

Об'єкт дослідження: відпрацьовані автомобільні шини та технологічні процеси їх утилізації й переробки.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні завдання:

1. Провести аналіз літературних джерел та нормативних документів щодо поводження з відпрацьованими автомобільними шинами.
2. Дослідити стан та ефективність утилізації шин
3. Оцінити основні сучасні технології утилізації шин з позиції їх екологічної безпечності.

Методи дослідження.

При виконанні дипломної роботи використовувалися наступні методи – порівняльний метод, екологічна оцінка технологічних процесів, метод системного підходу, аналіз літературних джерел, картографічні.

Ключові слова: утилізація, переробка, автомобільні шини, піроліз, подрібнення, відходи.

## ВСТУП

Проблема накопичення відпрацьованих автомобільних шин є однією з найактуальніших у сфері поводження з відходами як в Україні, так і у світі. Щороку кількість автомобілів невинно зростає, що неминуче приводить до збільшення кількості зношених шин, термін експлуатації яких у середньому становить 3–4 роки. Автомобільні покришки належать до відходів IV класу небезпеки через їхній склад, високу екологічну стійкість та повну неспроможність до біологічного розкладання. Безконтрольне накопичення шин, а також їх спалювання або стихійне складування створюють значні ризики для довкілля та здоров'я населення.

До складу шин входять синтетичний і натуральний каучук, полімери, технічний вуглець, сірка, металевий корд та інші домішки, які при нагріванні чи руйнуванні здатні виділяти токсичні сполуки, багато з яких є сильними канцерогенами що згубно впливають на здоров'я людини викликаючи алергічні реакції, ураження дихальної системи, онкологічні захворювання. Тому екологічно безпечна утилізація шин є одним із пріоритетних завдань природоохоронної діяльності.

У місті Дніпро проблема утилізації шин особливо актуальна. Місто розташоване у долинному рельєфі та характеризується частим утворенням температурних інверсій, що сприяє накопиченню смогу та затримці шкідливих речовин у приземному шарі повітря. Високий рівень автомобілізації та значна кількість промислових підприємств створюють додаткове техногенне навантаження, яке посилюється неефективним поводженням із гумовими відходами.

Станом на сьогодні в Україні утилізується лише частина шин, а значна кількість потрапляє на нелегальні звалища або використовується населенням для побутових потреб, що не відповідає екологічним нормам. Водночас у Дніпрі працюють підприємства, що здійснюють переробку шин фізичними та

хімічними методами — зокрема, шляхом подрібнення на гумову крихту та методом піролізу. Проте екологічна ефективність і безпечність цих технологій потребують ґрунтового аналізу.

Утилізація автомобільних шин – це комплекс заходів, технологій та методів, спрямованих на зменшення негативного впливу відпрацьованих шин на навколишнє середовище. Вона включає механічну переробку, піроліз, подрібнення та хімічну обробку, що дозволяє отримувати вторинну сировину, зменшувати обсяг відходів і створювати екологічно безпечну систему поводження з відходами.

Мета роботи: провести екологічний аналіз сучасних технологій утилізації автомобільних шин.

Об'єкт дослідження: відпрацьовані автомобільні шини.

Для досягнення цієї мети були вирішені наступні питання:

1. Проведення аналізу літературних джерел та нормативних документів щодо поводження з відпрацьованими автомобільними шинами.
2. Дослідження стану та ефективності утилізації шин.
3. Оцінка сучасних технологій утилізації шин з точки зору їх екологічної безпечності.

Ключові слова: утилізація, переробка, автомобільні шини, піроліз, подрібнення, відходи.

# 1 АНАЛІЗ СИТУАЦІЇ У СФЕРІ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДПРАЦЬОВАНИМИ АВТОМОБІЛЬНИМИ ШИНАМИ

## 1.1 Конструктивні особливості та хімічний склад автомобільних шин

Відпрацьовані автомобільні шини — це відходи IV класу небезпеки. За певних умов вони можуть бути вторинною сировиною, підлягати утилізації та в кінцевому підсумку зменшувати навантаження на навколишнє середовище. [1]

Для виготовлення автомобільних шин застосовують переважно гуму та корд. Гума створюється на основі натуральних і синтетичних каучуків, тоді як корд є досить твердим матеріалом, з якого формується каркас покриття. Кордова основа може вироблятися з металевих волокон (металокорд), а також із текстильних або полімерних ниток..

Гумова суміш складається з кількох основних складових, і перш за все серед них є каучук. Натуральний каучук, отриманий із висушеного латексу каучуконосного дерева гевеї бразильської, тривалий час був основою більшості гумових сумішей, різнячись переважно за якісними характеристиками. Молочний сік, що містить каучук, також наявний у деяких бур'янистих рослинах і кульбабах. У 1930-х роках німецькими вченими було створено синтетичний каучук, який виробляють із нафтопродуктів. Сьогодні існує кілька десятків різновидів синтетичних каучуків, кожен із яких має свої властивості та використовується у певних елементах шини. Попри появу синтетичного ізопренового каучуку (СКИ), подібного за характеристиками до натурального, повністю замінити природний каучук у гумовій промисловості досі неможливо.

Технічний вуглець (ТВ). Важливою складовою суміші є технічний вуглець. Приблизно третину об'єму гумової маси становить промислова сажа, яка виконує роль наповнювача і надає покриттям характерного чорного

кольору. Теоретично її можна було б замінити іншим наповнювачем із подібними властивостями, якщо б виникла потреба змінити колір шин. Однак у процесі експлуатації на поверхні гуми з'являються мікротріщини, у які накопичується бруд, що робить світлі шини неохайними на вигляд. Саме тому технічний вуглець вважається найкращим варіантом завдяки поєднанню доступної вартості та практичного забарвлення. Крім того, під час вулканізації сажа сприяє якісному з'єднанню молекул, підвищуючи міцність і зносостійкість шини. Отримують технічний вуглець шляхом безкисневого спалювання природного газу.

Кремнієва кислота. Альтернативою технічному вуглецю стала кремнієва кислота, особливо в країнах Європи та США, де обмежений доступ до природного газу. Хоча вона не забезпечує такої ж міцності гуми, як сажа, зате значно покращує зчеплення шин із мокрим дорожнім покриттям. Кремнієва кислота краще інтегрується в каучукову структуру і менш інтенсивно стирається під час експлуатації, що є більш екологічно безпечним. Чорний наліт на дорогах здебільшого утворюється саме через частинки технічного вуглецю, які стираються з шин.

До допоміжних компонентів гумової суміші належать масла та смоли. Вони використовуються у відносно невеликих кількостях і виконують функцію пом'якшувачів, полегшуючи обробку матеріалу.

Сірка, а також кремнієва кислота, відіграють роль вулканізуючих агентів. Вони з'єднують молекули полімеру між собою, формуючи просторову сітку. У результаті м'яка й пластична сира суміш перетворюється на пружну та міцну гуму.

Вулканізаційні активатори. Процес вулканізації активується й контролюється спеціальними речовинами — активаторами та прискорювачами, серед яких оксид цинку та стеаринові кислоти. Вони забезпечують правильний перебіг реакцій у нагрітій формі під тиском і спрямовують взаємодію вулканізуючих компонентів із каучуком на утворення міцної молекулярної структури.

Екологічні наповнювачі. Сучасні, ще малопоширені технології передбачають використання у протекторній суміші крохмалю, отриманого з кукурудзи, а в перспективі — з картоплі або сої. Завдяки значному зменшенню опору коченню, шини, виготовлені за такою технологією, викидають майже вдвічі менше вуглекислого газу порівняно з традиційними шинами. [2]

## 1.2 Екологічні наслідки потрапляння відпрацьованих автомобільних шин до довкілля

Автомобільні шини становлять значну загрозу для довкілля, оскільки характеризуються складною хімічною структурою. До їхнього складу входять як природний, так і синтетичний каучук, сталь, графіт, полістирол, нейлон, клейові сполуки та синтетичні мастила. Матеріали й речовини, що застосовуються під час виготовлення, перероблення та утилізації шин, є надзвичайно шкідливими як для здоров'я людини, так і для навколишнього середовища. Під час розкладання шин, їх умисного спалювання або виникнення випадкових пожеж у повітря, воду та ґрунт потрапляє велика кількість токсичних речовин, що викликає суттєве забруднення навколишнього середовища. [1]

### 1.2.1 Забруднення повітря

Шини, що опиняються на сміттєзвалищах у літній період, під дією високих температур і прямого сонячного проміння зазнають руйнування: фарбувальний шар тріскається, гума перегрівається, унаслідок чого вивільняються канцерогенні речовини. В атмосферу потрапляють бензол, толуол, ксилол, стирол, а також сполуки сірки, хлору й азоту та оксиди металів.

Окремої уваги потребує шинний пил, який утворюється під час експлуатації автомобільних покришок. У його складі у значних концентраціях

міститься надзвичайно небезпечний канцероген — бензопірен. Ці частинки легко переносяться повітрям, осідають на поверхні ґрунту, негативно впливаючи на рослинний покрив і стан земель. Крім того, шинний пил вдихається людьми, що становить серйозну загрозу для здоров'я.

На рис. 1.1 зображено складання використаних автомобільних шин на відкритому повітрі.



Рисунок 1.1 – Складання використаних автомобільних шин на відкритому повітрі [10]

### 1.2.2 Забруднення ґрунтів

Накопичення гумових частинок у ґрунті може змінювати його структуру: зменшується пористість, погіршується водо- і повітропроникність, зменшується здатність утримувати вологу або навпаки — змінюється рухливість води в ґрунті.

Внаслідок цього коренева система рослин розвивається гірше, порушується циркуляція повітря й води, що негативно позначається на загальній родючості ґрунту.

### 1.2.3 Забруднення водних об'єктів

Під час взаємодії з водою з шин вимивається значна кількість токсичних органічних речовин, серед яких фенантрен, дифеніламін, дибутилфталат, діетилфталат, бутильований гідрокситолуол, метилбензамін, диметилпропіл, бензотіазол, метилбензотіазол, азулен, етанон, метилфеніл та метилтіо.

На рис. 1.2 зображено забруднення водних об'єктів використаними автомобільними шинами.



Рисунок 1.2 – Забруднення водних об'єктів відпрацьованими автомобільними шинами [5]

Попри те, що питання утилізації відпрацьованих автомобільних шин в Україні формально врегульоване на законодавчому рівні та закріплене низкою нормативних актів, а також передбачені спеціально відведені місця для їх зберігання, практика незаконного скидання шин і надалі залишається поширеною, спричиняючи значну шкоду навколишньому середовищу. [1]

Лише 20% використаних автомобільних шин проходять процес оброблення, інші - несанкціоновано потрапляють на звалища, тим самим

забруднюючи природу. Процес розкладання однієї шини становить близько 100 років — весь цей час вона є забруднювачем навколишнього середовища.

Зношені шини є найбільш великогабаритною продукцією полімервмісних відходів, які практично не схильні до розкладання. Саме тому вторинне використання шин - найкраще вирішення проблеми забруднення навколишнього середовища.

Оброблення шин - це не тільки допомога в поліпшенні екологічної ситуації, а й розумне вкладення коштів. Адже в 1 тонні використаних шин міститься близько 700 кг гуми, з яких можна отримати вторинну сировину для:

- Нових автомобільних шин;
- Покриття для доріг;
- Тротуарної гумової плитки;
- Фібробетону і т.д. [6]

### 1.3 Сучасний стан у сфері поводження з відпрацьованими автомобільними шинами в Україні

Питання переробки та вторинного використання відпрацьованих автомобільних шин є надзвичайно важливим та актуальним для України. [1]

Законодавче регулювання поводження зі зношеними автомобільними шинами в Україні:

На сьогодні порядок поводження зі зношеними автомобільними шинами в Україні визначається насамперед Законом України «Про відходи».

Згідно з положеннями підпунктів д) та є) статті 17 цього Закону, суб'єкти господарювання, діяльність яких пов'язана з утворенням відходів, зобов'язані:

д) забезпечувати повний облік, збирання та належні умови зберігання відходів, а також не допускати їх пошкодження чи знищення за наявності в Україні екологічно безпечних технологій утилізації;

є) вживати організаційних, науково-технічних і технологічних заходів, спрямованих на максимально можливе використання відходів, їх передачу або

реалізацію спеціалізованим підприємствам, що здійснюють збирання, оброблення та утилізацію, а також забезпечувати за власний кошт екологічно обґрунтоване видалення відходів, які не можуть бути утилізовані.

Таким чином, якщо відпрацьовані шини обліковуються як відходи, підприємство зобов'язане передавати їх для утилізації організації, що має відповідний дозвіл (ліцензію).

Окремо питання утилізації зношених шин врегульоване постановою Кабінету Міністрів України від 27 липня 2011 року № 1136 «Деякі питання збирання, заготівлі та утилізації зношених шин» (далі — Постанова №1136).

Згідно з пунктом 2 зазначеної постанови, підприємства, що здійснюють виробництво або ввезення на територію України шин для транспортних засобів, віднесених до товарних категорій 4011, 4012 і 4013 за УКТЗЕД, повинні власними силами забезпечити збирання, підготовку та утилізацію шин, які втратили споживчі властивості, або ж укласти договори з профільними організаціями, що спеціалізуються на їх переробці. [7]

Автомобільні шини належать до небезпечних відходів IV класу та потребують спеціальних методів переробки або утилізації. Під час контакту з ґрунтом, водою чи під дією сонячного нагрівання автогума виділяє токсичні сполуки, які можуть спричиняти серйозні захворювання людини. В природному середовищі одна шина розкладається понад 100 років, упродовж усього цього часу негативно впливаючи на довкілля.

Незважаючи на встановлені норми, досі поширеною є практика залишення відпрацьованих шин біля контейнерів для сміття, на узбіччях доріг або їх використання для благоустрою дворів і зон відпочинку. Побутує хибне уявлення, що фарбування старих шин нівелює їхню шкоду, проте з часом фарба руйнується, що лише посилює негативний екологічний вплив..

Законодавством заборонено та визнано небезпечним використання автогуми для облаштування:

- Декору клумб та городів;
- Дитячих майданчиків;

- Декоративних арт-об'єктів (наприклад, фігури “лебедів” й тощо);
- Огородження зелених зон;
- Антипаркувальних елементів тощо.

Попри добрі наміри людей, які намагаються повторно використовувати дані відходи, екологи наголошують, що відпрацьовані шини становлять загрозу здоров'ю людей і довкіллю та повинні утилізуватися відповідно до встановлених вимог, інакше законодавством передбачено штраф.

У зв'язку з цим у багатьох населених пунктах нині здійснюється демонтаж об'єктів, виготовлених із відпрацьованих шин, з подальшим їх вивезенням на спеціалізовані підприємства для переробки або утилізації.

Штрафи в Україні за незаконне викидання шин:

Самовільне викидання зношених шин, які належать до відходів IV класу небезпеки, заборонене. Відповідно до статті 82 Кодексу України про адміністративні правопорушення, за недотримання вимог у сфері поводження з відходами встановлено такі штрафні санкції:

- Для громадян – від 20 до 80 неоподатковуваних мінімум доходів громадян (НМДГ).
- Для посадових осіб та підприємців – від 50 до 100 НМДГ.

Штрафи в Україні за незаконне спалювання шин:

Спалювання автомобільних покришок є особливо небезпечним для навколишнього середовища, оскільки супроводжується викидом токсичних речовин і продуктів горіння.

Закон № 556-IX, від 13 квітня 2020 року передбачає посилення відповідальності за забруднення атмосферного повітря. Згідно зі змінами до статей 241 і 245 Кримінального кодексу України, штраф за такі порушення може становити від 1800 до 3600 НМДГ (30600–61200 грн).

Утилізація та повторне використання шин в Україні:

В Україні утилізацією відпрацьованих автомобільних шин переважно займається приватні компанії. Умови їх приймання різняться залежно від

підприємства: подекуди шини приймають безоплатно, в інших випадках передбачена оплата за транспортування або за саму послугу переробки.

У великих містах спостерігається тенденція до збільшення кількості пунктів збору, куди можна передати зношені шини для подальшої утилізації та повторного використання. Серед них, зокрема:

- «Центр управління відходами» – здійснює приймання шин від однієї одиниці та працює як з фізичними, так і з юридичними особами; можливе самостійне доставлення або організація вивозу, у тому числі з приміських територій;
- «УкрЕкоПром» – спеціалізується на переробці автомобільної гуми та інших промислових відходів, співпрацюючи з підприємствами по всій Україні.

У малих населених пунктах альтернативою є звернення до шиномонтажних майстерень або станцій технічного обслуговування, які зазвичай мають налагоджену співпрацю з переробними компаніями.

Щороку в Україні накопичується близько 150 тис. тонн використаних автомобільних шин, проте на переробку спрямовується лише приблизно 8% від цієї кількості. [8]

#### 1.4 Досвід інших країн щодо організації збору та утилізації відпрацьованих автомобільних шин

У більшості розвинених країн діють спеціальні програми й механізми, спрямовані на організацію збирання та переробки відпрацьованих автомобільних шин. У державах, де органи влади активно зацікавлені у скороченні накопичених шинних відходів, спостерігаються відчутні позитивні результати. Так, у США на початку 1990-х років накопичувалося понад один мільярд використаних шин, однак протягом наступних двадцяти років їх кількість вдалося скоротити приблизно на 40%. Нині близько 80% зношених шин у цій країні переробляється різними способами, найпоширенішим з яких

є перетворення їх на паливо TDF шляхом піролізу. Отримане паливо застосовують у цементній, целюлозній промисловості та для виробництва електроенергії. Водночас цей метод викликає дискусії серед екологів, які наголошують на можливих викидах діоксинів і фуранів.

Стимулювання переробки шин у США здійснюється на рівні окремих штатів за кількома напрямками, що поєднують фінансові, технологічні та організаційні заходи.

По-перше, підприємствам, що займаються утилізацією шин, отримують пряму фінансову підтримку у вигляді грантів та пільгових кредитів. Зокрема, Департамент переробки та відновлення ресурсів штату Каліфорнія фінансує як приватні компанії, так і державні установи, роблячи акцент на екологічності продукції вторинної переробки. До такої продукції відносяться гумові покриття, килимки, матеріали для спортивних і дитячих майданчиків, що дозволяє одночасно зменшувати відходи та створювати корисні товари для населення.

По-друге, дорожня галузь активно використовує гумову крихту з відпрацьованих шин: майже половина автомобільних доріг у Каліфорнії збудована з додаванням такої сировини, що не лише покращує якість покриття, а й знижує кількість накопичених шинних відходів.

По-третє, у деяких штатах проводяться так звані «дні амністії шин», під час яких населення може безкоштовно здати використані покришки, а витрати на їх подальшу переробку покриває держава.

По-четверте, у вартість нових шин заздалегідь включається частина витрат на їх утилізацію, яка зазвичай становить від 0,5 до 2,5 долара за одиницю.

У Канаді, зокрема в провінції Альберта, покупці шин сплачують екологічний збір (близько 4 канадських доларів за шину), який йде на переробку. Завдяки цьому вже у 2017 році рівень утилізації зношених шин досяг 90%. Продавці шин та автомаїстерні одночасно виконують роль пунктів прийому, передаючи відпрацьовані шини на сертифіковані підприємства. [9]

### 1.5 Утилізація та можливість повторного використання відпрацьованих автомобільних шин

Утилізація автомобільних шин сьогодні залишається серйозною глобальною проблемою. На планеті накопичилося близько 25 млн тонн шин, щорічний приріст — не менше 7 млн тонн. В Україні щороку виводять з експлуатації приблизно 150 тис. тонн шин, але лише близько 8% переробляють, решта залишається на сміттєзвалищах, або у дворах.

На рис. 1.3 показано приклад сміттєзвалища, засипаного відпрацьованими автомобільними шинами.



Рисунок 1.3 – Звалище автомобільних шин [10]

Шини є одним із найскладніших матеріалів для переробки через свій склад і габарити. Проте існує кілька способів, які дозволяють їх ефективно переробляти.

Переробка шин включає в себе два основних види: хімічний та фізичний.

### 1.5.1 Хімічні методи

#### 1. Безпосереднє спалювання і переробка при високій температурі.

Варто зауважити, що спалювання автомобільних шин має відбуватися у правильних, контрольованих умовах, адже при спалюванні, токсичних сполук виділяється ще більше, і до них додаються продукти горіння. На тому місці, де було спалено покриття, через токсичні речовини ще понад 10 років нічого не зможе прорости.

#### 2. Піроліз - метод утилізації шин, що базується на нагріванні в реакторі у безкисневій атмосфері.

Під дією високої температури гумові полімери розпадаються і випаровуються. Отриману пару можна використовувати для виробництва електроенергії або конденсувати в рідке паливо. Мінеральні компоненти шин під час процесу випадають у вигляді попелу. Зазвичай піроліз не спричиняє значних викидів у повітря, однак порушення технології може призвести до забруднення атмосфери. [9]

Як відбувається процес переробки шин піролізом:

1. Спочатку зібрані шини доставляють на спеціалізований пункт збору сировини, де їх накопичують для подальшої обробки.
2. Далі шини за допомогою спеціального обладнання розділяють на протекторні та бортові частини, що полегшує подальший процес переробки.
3. Сировину завантажують у піролізну піч і нагрівають до 450 °С. Під час нагрівання гума виділяє газ, який конденсується у піролізне масло.
4. Після завершення процесу ємність витягують з печі і замінюють її аналогічною.
5. На заключному етапі охолодження відокремлюють всі отримані продукти: гази, рідкі фракції та тверді залишки (попіл і металевий борт), після чого готові матеріали направляють на склад для тимчасового зберігання до моменту відвантаження безпосередньому замовнику. [1]

### 1.5.2 Фізичний метод

Перетворення та подрібнення відпрацьованих шин на гумову крихту є альтернативним способом їх утилізації. Гумову крихту додають у дорожнє будівництво, змішуючи з асфальтом, що робить покриття більш еластичним, довговічним і стійким до температурних коливань. Крім того, крихту успішно застосовують для покриттів дитячих та спортивних майданчиків, тротуарів, гаражів, паркувальних зон, торгових павільйонів, а також зупинок громадського транспорту та виробничих і складських приміщень. [9]

Процес фізичної переробки шин включає чотири ключові етапи:

- Спочатку шини розрізають на великі фрагменти.
- Потім ці фрагменти подрібнюють.
- Далі виконується очищення матеріалу від корду.
- Нарешті отримують гумовий порошок потрібного розміру.

Розмір отриманого гумового порошку та спосіб його переробки визначаються конкретними вимогами замовника. Для цього застосовують різання, стирання, удари або стиснення із зсувом.

У процесі переробки використовують шинорізи, дробарки (ножові, молоткові або роторні), повітряні та магнітні сепаратори, а також преси і транспортери. Фізичний метод дозволяє зберегти всі основні властивості матеріалу, що дає змогу повторно його використовувати.

Шини є цінною полімерною сировиною: з однієї тонни можна отримати близько 700 кг гуми, придатної для виробництва гумотехнічних виробів і будівельних матеріалів. [1]

### 1.6 Основні напрямки використання перероблених автомобільних шин

Перероблена гума знаходить широке застосування у будівництві, виробництві гумових покриттів для спортивних майданчиків, дорожніх покриттів, а також при виготовленні різноманітних виробів, таких як взуття,

килимки та інші гумові товари. Це не лише економічно вигідно, а й сприяє зменшенню кількості відходів та зниженню негативного впливу на довкілля.

Сучасні технології переробки дозволяють перетворювати гуму, що відслужила на високоякісні матеріали, які знаходять застосування у численних галузях промисловості та будівництва. Завдяки своїм унікальним властивостям — довговічності, еластичності, міцності та стійкості до зовнішніх впливів — вироби з переробленої гуми стають важливою складовою повсякденного життя, промислового виробництва та інфраструктурних об'єктів. Розглянемо продукцію, отриману з перероблених шин, та її позитивний вплив на різні галузі промисловості та навколишнє середовище.

Паливо, отримане з шин (TDF):

Паливо, отримане з відпрацьованих шин, є одним із ключових продуктів їхньої утилізації та переробки. TDF (Tire-Derived Fuel) передбачає використання подрібнених шин як джерела енергії в різних галузях промисловості, зокрема у цементних печах, целюлозно-паперових комбінатах та промислових котлах. Піролізне масло виступає альтернативним паливом і енергоефективною заміною дизельного палива та природного газу, його теплотворна здатність становить 40 МДж/кг, що робить його конкурентоспроможним серед інших висококалорійних енергоносіїв (див. рис. 1.5).

Використання піролізного масла сприяє суттєвому скороченню викидів парникових газів, оскільки воно може ефективно замінювати традиційні викопні енергоресурси, такі як нафта та природний газ. Крім того, воно допомагає зберігати природні ресурси та зменшувати потребу у первинній сировині завдяки повторному використанню відходів як вторинної сировини. Застосування палива, отриманого з шин, не лише підвищує енергетичну ефективність промислових процесів, але й забезпечує суттєві екологічні переваги: зниження обсягів відходів, зменшення забруднення повітря та зниження навантаження на довкілля.



Рисунок 1.5 – Піролізне масло відпрацьованих шин [11]

Гумова крихта:

Гумова крихта — один із найпоширеніших продуктів, що утворюється при переробці відпрацьованих шин. У результаті процесу подрібнення шини перетворюються на дрібні гумові гранули, які й називають гумовою крихтою. Вона використовується в численних галузях промисловості:

- Модифікація асфальту: гумова крихта додається до асфальтових сумішей для виготовлення прогумованого асфальту, що підвищує його довговічність, зменшує ковзання та шум дорожнього покриття.
- Спортивні покриття: використовується як наповнювач штучного газону, надаючи покриттю пружність, амортизаційні властивості та краще зчеплення для спортсменів (див. рис. 1.4).
- Прогумований бетон: у будівництві гумову крихту додають до бетонної суміші для підвищення гнучкості, ударостійкості та здатності поглинати звук.
- Покриття ігрових майданчиків: гумова крихта використовується як пружне та безпечне покриття, яке знижує ризик травм під час падінь.



Рисунок 1.4 – Процес укладання покриття з гумової крихти [12]

Агрегат на основі шин (TDA):

TDA — це легкий будівельний заповнювач, який отримують із шин шляхом їхнього подрібнення на дрібні фрагменти. Його використовують у дорожніх насипах, підпірних стінах та звукових бар'єрах. Легка вага матеріалу зменшує навантаження на ґрунт і конструкції, а висока міцність на стиск забезпечує довговічність і стабільність споруд навіть під великими навантаженнями. Крім того, TDA сприяє поліпшенню дренажу та зменшенню ризику осідання ґрунту, що робить його ефективним матеріалом для інженерних споруд.

Гумова мульча:

Гумова мульча виготовляється з перероблених шин і слугує стійкою альтернативою деревній мульчі в садівництві та озелененні (див. рис. 1.6). Вона допомагає пригнічувати ріст бур'янів, утримувати вологу в ґрунті та підтримувати оптимальний температурний режим, що сприяє кращому росту рослин. На відміну від органічної мульчі, гумова не розкладається, довго зберігає колір і не приваблює шкідників, що робить її практичною та довговічною.



Рисунок 1.6 – Гумова Мульча [13]

Гумові килимки та плитка:

Перероблені шини можуть бути перетворені на гумові килимки та плитку, що використовуються в різних сферах. Такі вироби відзначаються високою стійкістю до ковзання, ефективним поглинанням ударів і довговічністю. Завдяки цим властивостям вони широко застосовуються у спортивних залах, на дитячих майданчиках, промислових підлогах і навіть у стійлах для тварин.

Автомобільні запчастини:

Перероблену гуму також використовують для виробництва автомобільних деталей. Шини подрібнюють на гранули або формують у спеціальні форми для виготовлення брызковиків, підлогових килимків, прокладок і ущільнювачів. Це дозволяє не тільки зменшити обсяг відходів, а й створювати практичні, довговічні деталі з високою стійкістю до механічного зношення.

Прогумована покрівля:

З перероблених шин виготовляють також покрівельні матеріали, зокрема черепицю та мембрани (див. рис. 1.7). Такі вироби характеризуються тривалим терміном служби, стійкістю до різких погодних змін, а також гарними тепло- і звукоізоляційними властивостями. Використання прогумованих покрівельних матеріалів зменшує потребу у традиційних покрівельних ресурсах і сприяє екологічно безпечному будівництву.



Рисунок 1.7 – Екологічна черепиця, виготовлена з перероблених шин [14]

дозволяє перетворювати екологічну проблему на корисний ресурс, сприяючи сталому розвитку. Серед продукції з вторинної сировини — гумова крихта, паливо з шин, наповнювачі, гумова мульча, гумові килимки та прогумовані покриття — це лише невелика частина того, що виготовляють із перероблених шин. Використовуючи ці матеріали, промисловість сприяє формуванню економіки замкнутого циклу, скороченню відходів, збереженню природних ресурсів і зменшенню негативного впливу на довкілля. Перетворення старих шин на корисні ресурси є яскравим прикладом того, як інновації та переробка можуть створювати більш сталий і безпечний для природи світ. [15]

## 2 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНІ УМОВИ РЕГІОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1 Географічне положення та характеристика території

Місто Дніпро розташоване у південно-східній частині України, у центральній частині Дніпропетровської області, на території степової зони (див. рис. 2.1).

Правобережжя: Центр міста знаходиться на високому правому березі Дніпра, на Придніпровській височині.

Правобережна частина міста характеризується численними балками (ярами), серед яких: Широкий Яр, Келебердина, Попова, Бакунівська, Голенька, Крутий Яр, Козирева, Рибальська, Чортувата, Бузневатий байрак, Зелена, Тунельна, Мальовнича, Войцехова, Коротка, Архієрейська, Новожданармська, Перевал, Дябогова, Довга, Біла, Аптекарьська, Євпаторійська, Туміна, Грушки, Канатувата, Сімергейка, Розсоховата, Тернувата, Брянська (Сухий яр), Пташина, Березнегувата (Бельба), Гривнів байрак, Кринична, Війтиха, Зустрічна (Чаплина). [16]

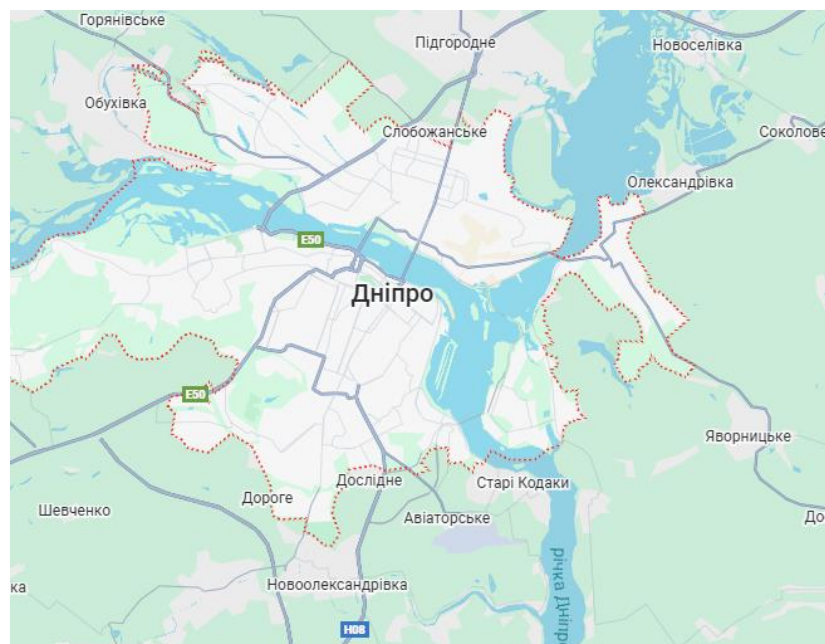


Рисунок 2.1 – Місто Дніпро - адміністративний центр Дніпропетровської області [17]

Лівобережжя: знаходиться на Придніпровській низовині. В Індустріальному районі й понад Дніпром — піщані дюни. Через місто в Дніпро впадає річка Самара. На заході лівобережжя, в межах Нижньодніпровського району, знаходиться багато озер — залишків давньої гідросистеми. Протовчі, річище якої зараз проходить новим каналом Орелі.

Балки (яри) лівобережжя: Довжик, Кислячкова, Шиянка, Западня, Широкий Байрак. [16]

## 2.2 Кліматичні умови

Клімат Дніпра відносять до м'якого континентального зі спекотним і сухим літом. Середньорічна температура повітря становить близько  $+9\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Найхолодніший місяць — січень, коли середня температура опускається до  $-3,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а найтепліший — липень із середньою температурою  $+22,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

У середньому протягом року спостерігається близько 260 сонячних днів. Найвологішим місяцем є червень, а найсухішим — жовтень. Максимальна кількість опадів припадає на період з середини жовтня до середини квітня. Влітку опади трапляються рідше, але часто проявляються у вигляді сильних злив із грозами. Зими супроводжуються значними снігопадами; наприклад, у січні 2015 року сніговий покрив досяг 33 см. Середня температура взимку коливається від  $-3$  до  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , при цьому мороз переноситься важче через вологість і вітер.

Холоди зазвичай починаються на початку грудня, коли температура опускається нижче нуля. Іноді ночами мороз може досягати  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , хоча це трапляється рідко — приблизно раз на 10–15 років. Найважчими для сприйняття вважаються грудневі морози, які супроводжуються щільною хмарністю, вологими вітрами та ожеледдю. У холодні роки можливі різкі перепади температури та сильні морози після теплих днів. На рисунку 2.2 наведено кліматичні дані Дніпра за період 1987—2016 років.

Показник	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.	Рік
Абсолютний максимум, °С	12,3	17,5	24,1	31,8	36,1	37,8	39,8	40,9	36,5	32,6	20,6	16,3	40,9
Середній максимум, °С	-1	0,0	6,0	15,2	22,1	25,6	28,0	27,5	21,5	13,8	5,1	0,2	13,7
Середня температура, °С	-3,6	-3,4	1,8	9,7	16,2	19,9	22,1	21,4	15,6	8,9	2,0	-2,4	9,0
Середній мінімум, °С	-6,1	-6,3	-1,6	4,2	10,6	14,6	16,7	15,8	10,7	5,0	-0,8	-5,3	4,8
Абсолютний мінімум, °С	-34	-27,8	-19,2	-8,2	-2,4	3,9	5,9	3,9	-3	-8	-17,9	-27,8	-30
Середня кількість сонячних годин на місяць	127,1	162,4	241,8	270,0	322,4	360,0	381,3	353,4	300,0	248,0	150,0	111,6	3028
Норма опадів, мм	78,5	52,6	41,4	32,3	33,3	24,6	14	9,1	13,7	28,2	74,2	100,8	502,7
Вологість повітря, %	83,3	76,8	71,6	64,5	58,9	55,0	53,2	55,7	57,0	63,1	75,6	82,9	66,5

Рисунок 2.2 – Клімат Дніпра (1987—2016) [17]

Через географічне розташування міста, яке сприяє утворенню температурних інверсій, а також високий рівень автомобілізації населення, Дніпро зазнає значного атмосферного забруднення. Це проявляється у вигляді смогу, який найчастіше спостерігається з травня по жовтень. Долина, де розташоване місто, затримує значну частину викидів від транспортних засобів та промислових підприємств. Додатковими факторами, що погіршують стан повітря, є низька кількість опадів і тривалі літні посухи.

### 2.3 Гідрогеологічні та гідрологічні умови

Місто Дніпро розташоване в межах Дніпровського артезіанського басейну, для якого характерна наявність потужних осадових відкладів, приурочених до водоносних горизонтів.

В межах правобережжя гідрогеологічні умови вважаються малосприятливими. Серед водоносних горизонтів виділяють горизонт архея-

протерозоя, який не має практичного значення для централізованого водопостачання.

Водоносний горизонт бучакських відкладів на правобережжі поширений локально, характеризується низькою водовіддачею і також не використовується для централізованого водопостачання.

В межах лівобережжя виділяються кілька водоносних горизонтів:

– водоносний горизонт давньоалювіальних відкладів річних долин і балок. простягається широкою смугою 15–20 км вздовж лівого берега Дністра, залягає на глибині близько 10 м, безнапірний. Дебіти свердловин становлять 0,2–3,0 л/сек. Мінералізація води — 0,3–1,0 г/л, жорсткість — 3–6 мг-екв/л.;

– водоносний горизонт харківських відкладів. Глибина залягання 6-40 метрів. Горизонт напірний. Дебіти свердловин 0,3-3,0 л/сек. Мінералізація 1 г/л, жорсткість 1-3 мг-екв/л;

– водоносний горизонт бучакської свити (напірні води артезіанського басейну платформеного типу). Поширений суцільно на північний схід від міста в межах лівобережжя. Дебіти свердловин 1-2 л/сек. Мінералізація до 2 г/л, жорсткість 0,5-1,7 мгекв/л.

Територію міста дренає р. Дніпр з притокою Самара, які зарегульовані Дніпровським водосховищем. Середня річна амплітуда коливання рівня води становить 2,5 м. Площа дзеркала водосховища при НПГ (51,4 м) – 410 км<sup>2</sup>. Повний об'єм – 3,3 км<sup>3</sup>. Мертвий об'єм < 2,5 км<sup>3</sup>.

Дані водні об'єкти є складовими екологічного каркасу міста.

На сьогодні основним джерелом водопостачання міста є річка Дніпро. Доля підземних вод у водопостачанні не перевищує 1%.

Орієнтовний об'єм подачі води становить 1 057 тис. м<sup>3</sup> на добу, з яких 30% використовується на господарсько-питні потреби та 70% — для промислових цілей. Розрахункові втрати води при транспортуванні становлять 3–4%. [18]

## 2.4 Геологічна будова

Територія міста характеризується складною геологічною будовою. В основі залягають докембрійські кристалічні породи, представлені біотитовими гнейсами та магматитами. Їхня поверхня нерівна і перекрита третинними осадовими породами. В нижніх частинах поширені неогенові глини з прошарками бурого вугілля.

Олігоцені породи мають найбільше поширення. Серед палеогенових відкладів найбільш поширені піски полтавського ярусу, які займають більшу частину нагірної частини міста. Їхня потужність може досягати 20 метрів. Породи сарматського ярусу представлені мергелем, вапняками, пісками та сірими глинами, з товщиною від 0,6 до 4,8 метрів. Ці породи перекриті товстим шаром четвертинних відкладів, зокрема червоно-бурими глинами, флювіогляціальними утвореннями, алювіально-делювіальними відкладами та лесовими породами.

Червоно-бурі глини утворюють суцільний покрив на плато та схилах корінного берега долини Дніпра, їхня потужність становить від 3 до 18 метрів. Вони виконують роль водопору для верхнього водоносного горизонту і мають важливе значення для зсувних процесів.

Флювіогляціальні відклади поширені в долинах річок Дніпра і Самари, а також на нижніх терасах, де вони представлені пісками, що залягають на глибині від 6 до 20 метрів.

Алювіально-делювіальні відклади зустрічаються на всіх терасах Дніпра. В ярах і балках переважають балочний алювій та делювій, які складаються з піщано-глинистих порід, на яких сформувалися сучасні ґрунти.

Лесові породи займають значну площу правобережжя. Це переважно суглинки та супісі, з максимальним розвитком лесової товщі на плато, яка поступово зменшується на схилах і терасах.

На лівобережжі осадовий розріз утворений третинними та четвертинними відкладами. У нижній частині третинної товщі залягають

породи бучакського ярусу, представлені пісками та прошарками піщаних глин, які залягають на глибині близько 20 метрів. Над ними розміщуються відклади київського ярусу — сині та голубувато-піщані вапнякові глини потужністю до 6 метрів. Уся ця товща перекрита суцільним шаром відкладів харківського ярусу.

Четвертинні відклади повністю вкривають лівобережну частину території. Флювіогляціальні утворення мають широке поширення і представлені пісками різної зернистості з потужністю від 0,25 до 6,75 метра. Вони перекриті алювіально-делювіальними відкладами потужністю до 11 метрів, складеними пісками, мулом, піщанистими глинами та лесовидними суглинками, при цьому товщина цього шару сягає 5,1 метра.

## 2.5 Рослинний світ

Уся дикоросла (природна) флора Степового Придніпров'я поділяється на кілька екологічних груп: степову, лісову, піскову, солелюбну, каменелюбну, болотяну, лучну, прибережно-водну та інші. Зональна природна рослинність області представлена різнотравно-типчакowo-ковилловими угрупованнями, а на крайньому південному заході — типчакowo-ковилловими. До їх складу входять ковила, типчак, тонконіг вузьколистий, пирій повзучий, горицвіт весняний, суниця зелена, шавлія поникла, вероніка весняна, конюшина альпійська й гірська, люцерна та інші види. Такі угруповання збереглися переважно на схилах балок і на окремих ділянках вододілів з ґрунтами, малоприсадними для обробітку.

У яружно-балкових системах і на схилах правобережжя поширені посухостійкі та каменелюбні степові рослини, а також байрачні ліси, сформовані дубом, кленом гостролистим і татарським, в'язом, ясенем, дикою грушею, яблунею та ліщиною. Тут також розвинені чагарникові угруповання з терену, бересклету, бузини, шипшини, степової вишні та інших видів.

Лісова рослинність Дніпропетровської області займає незначну площу — близько 3,5 % території — і представлена переважно двома основними типами: байрачними та заплавними лісами. Байрачні ліси приурочені до схилів ярів і балок, де зростають дуб, берест, ясен, груша, липа, сосна та інші породи.

Заплавні ліси сформувалися в долинах річок Самари, Дніпра, Орелі та Вовчої. Саме тут зосереджені найпівденніші в Україні соснові бори, серед яких вирізняються Самарський і Новомосковський бори, Дібровський ліс та Червоний бір. У складі цих лісів переважають дуб, клен, ясен, липа, в'яз, ільм, берест, вільха та сосна. До лісових насаджень також належать полезахисні лісосмуги і зелені смуги вздовж транспортних шляхів, сформовані дубом, липою, кленом польовим, білою та жовтою акаціями.

Особливу цінність флори Дніпропетровщини становлять рідкісні та малопоширені види рослин. Значну частку серед них займають ендеміки, ареали яких обмежені піщаними терасами Дніпра і Сіверського Дінця або просторами Причорноморських степів. Назви багатьох із них відображають місця поширення: волошка дніпровська, ковила дніпровська, жовтозілля дніпровське, астрагал понтичний та інші. У заповідних лісових, лучних і болотних урочищах Присамар'я, Приорілля та Дніпровської долини збереглися унікальні рослинні комплекси Степового Придніпров'я.



Рисунок 2.3 – Степ із ковилою дніпровською [19]

Загалом у Дніпропетровській області налічується понад 1 700 видів вищих, або судинних, рослин, що становить близько 34 % флори України. Із них 260 видів, тобто приблизно 15 % флористичного різноманіття регіону, віднесені до рідкісних і зникаючих та внесені до Червоного списку Дніпропетровської області. Найбільше поширення на території області мають представники степової рослинності та види, невибагливі до умов існування. Своєрідною «візитівкою» степу є злакові рослини, які майже протягом усього року формують його зовнішній вигляд: типчак борозенчастий, бородач, тонконіг вузьколистий, кипець гребенястий.

Водночас види ковили, що є характерною ознакою цілинних, майже недоторканих степів, нині належать до рідкісних і потребують охорони. [20]

## 2.6 Тваринний світ

загалом відповідає особливостям степової зони України й представлена переважно степовими, а також окремими лісовими видами тварин. На території регіону зафіксовано близько 69 видів ссавців, 246 видів птахів, 12 видів і підвидів плазунів, 10 видів земноводних та 59 видів риб.

Хоча трапляються вони нечасто, у межах Степового Придніпров'я можна зустріти вовка, борсука, річкову видру, лісову й кам'яну куницю, тхора та горностая. Значно численнішими є лисиця, єнотовидний собака та ласка. Завдяки діяльності природоохоронних організацій і мисливських господарств було акліматизовано або відновлено популяції кабана, козулі, плямистого оленя та дикої свині. Аналогічним шляхом у дніпровські плавні повернули й річкового бобра.

Пташиний світ краю вирізняється великою різноманітністю. Типовими видами є степовий і болотний луні, кібчик, яструб та інші хижі птахи, а також дрофа, журавель, жайворонок, перепел, сіра куріпка, грак, сіра ворона, ластівка, горобець і шпак. Особливою окрасою плавнів та заплавних лісів є численні колонії білих, сірих і рудих чапель. Немислимий традиційний

краєвид придніпровських сіл, зокрема в долинах річок Оріль, Самара та Домоткань, без лелечих гнізд.

Найбільша концентрація птахів — як за видовим складом, так і за чисельністю — спостерігається поблизу степових озер і лиманів, зокрема Булахівського, Солоного, Дебальцівського. Тут гніздяться різні види куликів, качок і крячків, а іноді можна побачити лебедів і навіть журавлів. Значно рідше трапляються справжні орли — могильник, орел-карлик, орел-сіруватень, а також великі соколи, зокрема балобан.

Водойми області також відзначаються багатством життя. У річках, озерах і водосховищах мешкає до 60 видів риб, серед яких є як аборигенні — сом, лин, карась, лящ, судак, щука, так і інтродуковані людиною: короп, білий амур, різні види товстолобика. Із плазунів на території області поширені степова гадюка, жовтопузий полоз, вужі, ящірки, а серед земноводних — зелена жаба та інші види. [20]

### 3 МЕТОДИ ПЕРЕРОБКИ ВІДПРАЦЬОВАНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ШИН

#### 3.1 Актуальність проблеми утилізації та переробки автомобільних шин

Кількість автомобілів у містах України, зокрема у Дніпрі, постійно зростає, що призводить до збільшення обсягу відпрацьованих шин. Середній термін експлуатації шин становить близько 4 сезонів, після чого їх необхідно замінювати. Однак значна частина шин стає непридатною ще раніше через поганий стан доріг, інтенсивне використання або порушення умов експлуатації. Відпрацьовані автомобільні покриття не піддаються біологічному розкладанню, і їх неправильне складування або спалювання є джерелом токсичного забруднення ґрунту, повітря та води.

До складу шин входять натуральний та синтетичний каучук і смоли. Потрапляючи в навколишнє середовище або організм людини, ці речовини можуть викликати алергічні реакції, бронхіальну астму, кон'юнктивіт та онкологічні захворювання. Саме тому організована та контрольована утилізація шин є важливою екологічною та соціальною проблемою.

Утилізацією шин та покриттів в Україні і в тому числі в Дніпрі займаються спеціалізовані компанії, такі як «УтільВторПром», які працюють відповідно до екологічних та законодавчих норм України. Основні принципи роботи даної організації включають:

- укладання договорів безпосередньо з підприємствами та організаціями;
- дотримання термінів збору та переробки, що мінімізує ризик накопичення небезпечних відходів;
- вивезення шин спеціалізованим транспортом, який відповідає вимогам безпеки;
- надання повного пакету документів (акти прийому-передачі, ліцензії, сертифікати).

### 3.2 Етапи переробки автомобільних шин за допомогою фізичних методів

Переробка шин в крихту для вторинного використання передбачає проходження декількох послідовних етапів:

1. Огляд шин для виявлення шипів, дисків та інших елементів, які не придатні для переробки

На першому етапі шини розташовують на спеціальних столах або конвеєрних лініях. Працівники або автоматизовані системи здійснюють огляд шин для виявлення шипів, дисків, каменів, металевих вставок та інших сторонніх предметів, що можуть пошкодити обладнання. Усі знайдені елементи видаляються вручну або за допомогою автоматичних інструментів. Таке сортування також дозволяє оцінити стан шин та виключити ті, які містять небезпечні дефекти або забруднення.

2. Подрібнення на сегменти

Після очищення шини подають у різальні верстати або гідравлічні дробарки, де гума розрізається на сегменти розміром приблизно 10–20 см. Сегментація значно полегшує наступні етапи механічної обробки

3. Видалення металевих елементів за допомогою магнітного пристрою

Сегменти пропускають через магнітні сепаратори. Магніт притягує сталеві елементи, які відокремлюються від гумової маси. Відокремлений метал збирається окремо та надалі направляється на вторинну переробку чорних металів.

4. Дроблення на фракції

Очищені від більшої частини металу сегменти надходять у дробарки тонкого подрібнення. На цьому етапі гума розбивається на дрібну крихту, розмір якої можна регулювати за допомогою сит або калібрувальних решіток. Регулюючи розмір сит у дробарці, отримують крихту різної фракції – від 1 мм до 5 мм.

## 5. Видалення текстильного і металевго корду

Додаткові механічні сепаратори відокремлюють залишки текстилю та дроту. Використовують повітряні та вібраційні сепаратори. Готова гумова крихта готова до сортування та використання.

## 6. Сортування

Крихту пропускають через систему сит або електромагнітних сортувальних ліній. Розподіл за розміром і типом матеріалу (гумова, металеві вклучення, текстиль).

## 7. Складування отриманих матеріалів.

Крихта зберігається в спеціальних бункерах або мішках. Метал та текстиль збирають окремо для вторинної переробки. Забезпечується контроль вологості та чистоти крихти.

Отже використання фізичного способу утилізації шин дозволяє виключити негативний вплив на екологію і отримати матеріали для вторинної переробки. [21]

### 3.3 Етапи переробки автомобільних шин за допомогою хімічних методів

Хімічні методи переробки спричиняють глибокі та незворотні зміни в структурі полімерів, що містяться у гумових відходах. Зазвичай вони проводяться за високих температур і полягають у термічному розкладанні (деструкції) полімерів у певному середовищі з утворенням продуктів різної молекулярної маси. До таких методів належить, зокрема, піроліз.

Хімічна переробка шин методом піролізу починається з того, що з покриття попередньо вилучають металокорд та інші комплектуючі елементи. Це робиться для того, щоб захистити обладнання від пошкоджень і отримати чистішу тверду фракцію на виході. Після механічного відокремлення металу очищена гумова частина надходить до герметичного реактора. У середині нього створюється безкисневе середовище, оскільки за відсутності кисню гума не згорає, а переходить у процес термічного розкладання. Реактор поступово

нагрівається до високих температур, через що полімерна структура гуми руйнується. Але варто пам'ятати, що навіть у контрольованих умовах частина летких сполук може потрапляти в атмосферу, що потребує додаткових систем очищення та контролю за викидами.

Усередині реактора створюються умови повної відсутності кисню. Це необхідно для того, щоб гума не вигорала, а саме розкладалася під дією високої температури. Коли реактор нагрівається до необхідних значень, полімерні ланцюги каучуку починають руйнуватися, і з гуми виділяється суміш газів. Частина цих газів при охолодженні переходить у конденсований стан — це так званий піролізний конденсат. Він збирається у спеціальні ємності та надалі піддається переробці з утворенням рідкого палива. Конденсат містить цінні вуглеводні, які можуть бути використані як енергетичний ресурс або як сировина для виробництва більш складних паливних продуктів.

Газова суміш, яка утворюється у процесі нагрівання, складається з конденсованих та неконденсованих компонентів. Конденсовані гази проходять через систему охолодження, де вони перетворюються на рідкий піролізний конденсат. Його збирають у спеціальних ємностях, після чого він може бути додатково очищений і використаний як рідке паливо. Неконденсовані гази зазвичай повертаються в реактор і спалюються безпосередньо під час роботи установки, забезпечуючи часткову енергонезалежність процесу.

На виході з реактора після завершення нагрівання й охолодження залишається тверда фракція — технічний вуглець. Це чорний порошкоподібний продукт, який має сорбційні властивості та використовується для очищення поверхонь від нафтопродуктів, поглинання масла та інших забруднень. Такий технічний вуглець може застосовуватись у промисловості, екологічних службах та на підприємствах, що працюють у сфері утилізації небезпечних відходів.

Рідка піролізна фракція, отримана з конденсованого газу, є нафтовмісним паливом. Вона використовується як альтернатива природному газу у різних печах і котлах, оскільки має високу теплотворну здатність. Крім того, це паливо може бути відправлене на додаткове очищення і перетворене в мазут або інші види важких паливних продуктів. Таким чином, піроліз забезпечує комплексне розкладання гумових відходів і створення корисних матеріалів, які замінюють традиційні енергоресурси.

Отже, хімічні способи переробки шин, зокрема піроліз, дозволяють отримувати корисні рідкі та тверді продукти, які можуть замінювати традиційні енергоресурси. Проте ці процеси пов'язані з високими температурами, утворенням газів та їх подальшим спалюванням, що неминуче справляє негативний вплив на атмосферне повітря. Таким чином, хоча метод і забезпечує відновлення цінних енергетичних ресурсів, він вимагає суворого контролю за викидами, щоб мінімізувати його екологічні наслідки. [22]

#### 3.4 Характеристика підприємств, що займаються переробкою відпрацьованих автомобільних шин

У середині 2020 року у Дніпрі відкрили перший завод з переробки автомобільних шин. (див. рис.3.1). Метою його створення стало зменшення екологічної шкоди від стихійних звалищ і спалювання старих шин адже в Україні до того часу утилізувався лише невеликий відсоток від загального обсягу (за повідомленнями — близько 8 %). Завод з'явився завдяки приватним інвестиціям із підтримкою місцевої влади — як екологічне підприємство, спрямоване на легальну та технологічно контрольовану переробку гумових покришок.

Особливий акцент було зроблено на використанні сучасних механічних технологій, які дозволяють мінімізувати вплив на довкілля та отримувати вторинну сировину стабільної якості.



Рисунок 3.1 – Завод з переробки гумових покришок

З перероблених шин, за словами представників заводу, отримують кілька компонентів — гумову крихту, а також інші матеріали, які можна використовувати в лакофарбовій галузі або для дорожнього будівництва.

Запуск цього заводу став важливим екологічним кроком для міста: він дає реальну можливість переробляти старі автопокришки, замість того, щоб вони накопичувалися на звалищах або піддавалися спалюванню — із відповідним негативним впливом на довкілля. Це — позитивний приклад створення промислового циклу, який дозволяє зменшити кількість відходів і перетворити їх на корисну сировину. [23]

## 4 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ ВІДПРАЦЬОВАНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ШИН

### 4.1 Аналіз сучасних технологій переробки відпрацьованих автомобільних шин

Сучасні технології переробки шин поділяються на три основні групи: механічні, хімічні та термічні. Найбільш поширеним методом є механічне подрібнення, що ґрунтується на поетапному дробленні шини з подальшим відокремленням металевих кордунів та текстильних волокон. Ця технологія дозволяє отримувати гумову крихту різних розмірів, яка використовується у будівництві, виробництві покриттів, асфальтобетоні та інших галузях.

Другим напрямом є хімічні методи, найпоширенішим серед яких є піроліз. Він передбачає нагрівання шин у безкисневому середовищі з утворенням газоподібних, рідких і твердих продуктів. Піроліз надає можливість отримувати енергетично цінні матеріали, однак потребує складного технологічного обладнання та високого рівня контролю безпеки.

Окремий напрям становлять термічні методи - спалювання шин, які застосовуються для отримання теплової та електричної енергії. Процес відбувається у високотемпературних печах або на спеціальних енергетичних установках, де шини використовуються як альтернативне паливо. Термін переробки скорочується, а енергія, що виділяється під час горіння гуми, може бути використана для промислових потреб. Однак метод супроводжується утворенням димових газів, оксидів сірки, азоту та інших продуктів згорання, тому потребує потужних систем очищення та контролю викидів.

Порівняння цих технологій дає підстави для подальшого детального розгляду їх екологічних та матеріально-енергетичних аспектів.

## 4.2 Екологічна оцінка процесів переробки шин та їх вплив на довкілля

Екологічна оцінка технологій переробки відпрацьованих автомобільних шин є важливим інструментом визначення їхньої придатності до промислового застосування. Кожен метод має власні екологічні особливості, рівень впливу на повітря, ґрунтові та водні ресурси, а також рівень утворення побічних відходів.

У цьому підрозділі детально розглядаються три основні підходи до утилізації шин: механічна переробка, піроліз та спалювання з утилізацією енергії.

### 4.2.1 Екологічна оцінка спалювання шин з утилізацією енергії

Спалювання шин у спеціальних печах або енергетичних установках — це термічний спосіб утилізації, що широко застосовується на цементних заводах та котельнях.

#### Вплив на атмосферу

Спалювання створює найбільший обсяг викидів:

- оксиди азоту;
- сірчисті сполуки;
- вуглекислий газ;
- димові частинки;
- мікроелементи, які переходять у золу.

У разі недосконалої системи очистки можливі викиди хлористих і фтористих сполук та частинок металу. Тому такі установки повинні мати:

- електрофільтри;
- циклонні уловлювачі;
- фільтри тонкого очищення;
- системи контролю температури горіння.

### Вплив на воду та ґрунт

Спалювання може формувати золу, яка містить важкі метали та мінеральні домішки. Неправильне зберігання золи може забруднити ґрунт або потрапити у стічні води. Стічні води утворюються рідко, здебільшого під час промивання газоочисних апаратів.

### Утворення твердих відходів

Основний відхід — технічна зола, яка часто підлягає захороненню або змішуванню з будівельними матеріалами (якщо відповідає нормам). Обсяг твердих відходів становить 10–20% маси шин.

### Непрямий вплив

Перевагою є отримання енергії, яка частково замінює викопне паливо. Однак високі викиди CO<sub>2</sub> роблять цей метод одним із найбільш «вуглецевих».

Отже спалювання шин має найвищий прямий вплив на атмосферу, навіть при наявності систем очищення. Його застосування виправдане лише в енергетичних установках із повним контролем викидів.

## 4.2.2 Екологічна оцінка піролізу

Піроліз — це нагрівання шин у безкисневому середовищі з утворенням газу, рідини та твердих залишків. Це хімічний процес, екологічність якого залежить від якості обладнання та систем очищення.

### Вплив на атмосферу

Піроліз є менш проблемним у контексті забруднення повітря, але в процесі переробки:

- утворюються леткі органічні сполуки, пари олій, чадний газ;
- при відсутності очищення — характерний запах горілої гуми;
- токсичні аерозолі та дрібнодисперсні частинки — можуть утворюватися на виході з реактора або систем охолодження, якщо фільтрація недостатня;
- у разі витоків піролізного газу — загроза токсичного забруднення.

### Вплив на ґрунт і воду

Піроліз утворює рідкі продукти (піролізну олію), які можуть бути небезпечними:

- ризик витоків із резервуарів;
- потрапляння у ґрунт може спричинити локальне забруднення;
- у разі аварійної ситуації рідина може проникати у водоносні горизонти.

Періодичне промивання реактора створює стоки, які потребують спеціальної утилізації.

### Утворення твердих відходів

Піроліз залишає після себе вуглецевий порошок та золу:

- частково може використовуватися у промисловості;
- часто містить домішки, що потребують очищення або спеціального зберігання;
- неправильно зберігаючись, може розноситися вітром як дрібнодисперсний пил.

### Непрякий вплив (енергоспоживання)

Піроліз є енергомістким процесом, оскільки потребує нагрівання шин до високих температур (350–600 °C). Частина енергії компенсується піролізним газом, але повної автономності зазвичай не досягається.

Отже піроліз має помірно високі екологічні ризики, особливо при відсутності якісних газоочисних систем та герметичного обладнання.

## 4.2.3 Екологічна оцінка механічної переробки шин

Механічна переробка передбачає різання, дроблення та відокремлення металу й текстильного волокна без залучення хімічних реакцій або високотемпературних процесів.

### Вплив на атмосферне повітря

Механічний процес не створює токсичних газів. Основний вплив — утворення гумового пилу під час подрібнення. Сучасні аспіраційні системи

забезпечують очищення повітря на 95–99%, тому робоча зона та навколишня територія не зазнають значного забруднення. Використання електродвигунів замість двигунів внутрішнього згорання знижує рівень шуму та відсутність димових газів.

#### Вплив на ґрунт і водні ресурси

Процес не потребує води, кислот, розчинників або мастил, які могли б потрапити у ґрунт. Єдиним можливим джерелом забруднення є недбале поводження з дрібними гумовими частками, та це повинно контролюватися, необхідна організація місць збору відходів та регулярне прибирання виробничої зони.

#### Утворення відходів

Усі фракції, отримані після подрібнення, є вторинною сировиною. Твердих відходів практично немає:

- гумова крихта → вторинні покриття;
- метал → металургія;
- текстиль → теплоізоляція або паливо на ТЕС.

#### Непряний вплив (енергоспоживання)

Механічна переробка споживає відносно невелику кількість електроенергії, тому її вуглецевий слід найнижчий серед усіх технологій.

Отже механічна переробка є найбільш екологічно безпечним методом, оскільки практично не створює токсичних викидів і має мінімальний вплив на довкілля.

### 4.3 Оцінка ресурсоефективності технологій переробки шин

Ресурсоефективність є одним із ключових критеріїв вибору екологічно безпечної технології переробки відпрацьованих автомобільних шин. Вона відображає, наскільки повноцінно та раціонально підприємство може використати всі матеріальні компоненти шини — гуму, металевий корд і текстильне волокно — та перетворити їх на корисні матеріали з подальшим

поверненням у виробничі цикли. Кожен із технологічних методів (механічний, піроліз і спалювання) має відмінну структуру ресурсного використання та різний коефіцієнт перетворення відходів у вторинну сировину.

Обсяги відходів, які повертаються у виробничий цикл

Механічна переробка забезпечує найвищий рівень повторного використання матеріалів. Майже всі фракції, отримані після подрібнення, мають промислову цінність. У середньому повторно повертається до 90–93 % маси шини у вигляді гумової крихти, металевго корду та текстильних волокон.

Піроліз має нижчий рівень ресурсного повернення. Під час процесу значна частина вихідної маси переходить у рідкі та газоподібні фракції, які використовуються переважно як паливо. Рівень повернення у виробничий цикл становить близько 50–65 %, оскільки піролізне паливо та газ не завжди можуть бути застосовані як сировина у виробництві.

Спалювання шин є найменш ресурсоефективним методом. Продуктом є лише зола та металеві залишки, які мають дуже обмежене застосування. У середньому повторно використовується лише 10–20 % маси шини.

Види продукції та рівень затребуваності

Механічна переробка забезпечує найбільш стабільний ринок збуту, оскільки гума крихта має різні сфери застосування:

- дорожнє будівництво (гумомодифікований асфальт),
- спортивні покриття,
- дитячі майданчики,
- гумові плити,
- прогумовані покрівельні матеріали.

Металевий корд завжди має попит у металургії, а текстиль використовується як теплоізоляційний матеріал або паливо.

Піролізна продукція має ринкову нестабільність. Піролізна олія використовується як низькоякісне паливо, а газ спалюється на місці.

Вуглецевий порошок потребує додаткової переробки для промислового використання.

Спалювання як процес формує мінімум продукції:

- зола (часто втрачається як відхід),
- металеві фрагменти.

Ринкової затребуваності практично немає.

#### 4.4 Можливості інтеграції у вже існуючу інфраструктуру

Спалювання шин у високотемпературних печах або котлах також важко інтегрувати у вже наявні виробничі потужності. Для цього потрібні окремі енергетичні установки та складні системи очищення димових газів від оксидів сірки, азоту, часток металів і пилу. Підключення таких установок до існуючої виробничої лінії часто неможливе без значного перепланування, модернізації або будівництва нових приміщень. Хоча цей метод дозволяє отримати енергію, він практично не повертає матеріали у виробничий цикл, що зменшує його загальну ефективність і економічну привабливість у порівнянні з механічною переробкою.

Піролізна переробка вимагає більш складного підходу до інтеграції. Для роботи потрібні герметичні реактори та системи очищення газів, а також спеціальні приміщення для зберігання рідких і газоподібних продуктів. Температурний режим у реакторі повинен контролюватися з високою точністю, а обладнання має бути повністю герметичним для запобігання витоків токсичних речовин. Через це піроліз складно впроваджувати на існуючих підприємствах без значних будівельних і технічних змін, що підвищує витрати на модернізацію та потребує залучення висококваліфікованого персоналу. Крім того, система утилізації та очищення продуктів піролізу повинна відповідати нормам безпеки, що створює додаткові вимоги до інфраструктури.

Механічна переробка старих шин є технологією, яка легко інтегрується у вже наявні виробничі підприємства. Обладнання для подрібнення, сортування та відокремлення металу та текстилю не потребує складних умов або високих температур, тому його можна розташовувати на вже існуючих майданчиках. Крім того, механічна переробка добре поєднується з іншими лініями виробництва, наприклад, з виготовленням гумових плит, асфальтобетонних сумішей або спортивних покриттів. Навіть невеликі заводи або локальні пункти прийому шин можуть ефективно використовувати ці технології без значного перепланування чи модернізації виробничих приміщень. Це робить механічну переробку гнучким і доступним рішенням, яке дозволяє поступово збільшувати обсяги переробки без великих капіталовкладень.

Таким чином, з точки зору можливості використання на наявних підприємствах, механічна переробка є найпростішою та найбільш гнучкою технологією. Вона дозволяє швидко інтегрувати процес переробки шин у виробничі лінії, ефективно використовувати отримані матеріали та поступово збільшувати обсяги без серйозних інфраструктурних змін. Піроліз і спалювання вимагають значних капіталовкладень, спеціалізованого обладнання та контролю, що робить їх менш доступними для широкого впровадження на існуючих заводах.

#### 4.5 Порівняльний аналіз екологічної та ресурсної ефективності методів переробки та обґрунтування оптимального варіанту

Механічна переробка, піроліз та спалювання шин мають суттєві відмінності як за екологічними, так і за ресурсними характеристиками. Порівняльний аналіз дозволяє визначити, який із методів є найбільш доцільним з точки зору збереження матеріалів, безпеки для довкілля та ефективності інтеграції у виробничі процеси.

### Вплив на довкілля та утворення відходів

Механічна переробка має найменший негативний вплив на довкілля. Процес не виробляє токсичних газів, не потребує води та хімічних реагентів, а утворювані дрібні частки гуми легко контролюються аспіраційними системами. Твердих відходів практично немає, оскільки всі фракції шин — гумова крихта, метал та текстиль — використовуються повторно.

Піроліз, хоч і дозволяє отримувати енергетично цінні продукти, супроводжується ризиком утворення токсичних газів та летких органічних сполук, а також потребує систем очищення і герметизації обладнання. Рівень вторинного матеріалу, який реально повертається у виробництво, складає лише 50–65 %, а решта перетворюється на паливо, яке не завжди використовується як промислова сировина.

Спалювання шин створює найбільший прямий екологічний тиск через викиди CO<sub>2</sub>, оксидів азоту та сірки, димові частинки і мінімальну кількість вторинної сировини. Лише 10–20 % маси шини може бути повторно використана у вигляді золи чи металевих залишків, що робить цей метод найменш ресурсоефективним.

### Використання вторинної продукції

Механічна переробка дає широкий спектр корисних продуктів із стабільним попитом:

- гумова крихта для дорожнього будівництва та спортивних покриттів;
- металевий корд для металургії;
- текстиль для теплоізоляційних матеріалів або як паливо.

Піролізна олія та газ переважно використовуються як паливо, а вуглецевий порошок потребує додаткової обробки для промислового застосування. Спалювання забезпечує лише мінімальну кількість вторинних матеріалів, ринок для яких обмежений.

### Можливості інтеграції у виробничу інфраструктуру

Механічна переробка легко впроваджується на існуючих підприємствах без значних капіталовкладень, оскільки обладнання для дроблення та

сортування не потребує високих температур або спеціальних приміщень. Піроліз та спалювання вимагають складних систем очищення, герметичних реакторів та окремих енергетичних установок, що ускладнює їх інтеграцію та підвищує витрати на модернізацію.

Тож порівняємо ці технології за екологічними, економічними та ресурсними характеристиками, виходячи з їхнього впливу на довкілля, ефективності використання матеріалів та економічної доцільності.

Таблиця 4.1 – Оцінка технологій переробки автомобільних шин за екологічними, економічними та ресурсними характеристиками, виходячи з їхнього впливу на довкілля, ефективності використання матеріалів та економічної доцільності

Критерії	Спалювання	Піроліз	Механічна переробка
Вплив на довкілля та утворення відходів	Найвищий рівень екологічного забруднення: високі викиди CO <sub>2</sub> , оксидів азоту та сірки, димові частинки	Утворення токсичних газів. Потребує очищення та герметизації.	Мінімальний вплив: немає токсичних газів, води чи хімічних реагентів майже не потрібно.
Інтеграція у виробничу інфраструктуру	Потребує окремих енергетичних установок та систем очищення. Висока складність і великі витрати.	Потрібні герметичні реактори та складні системи очищення. Інтеграція середньої складності.	Легко інтегрується без значних капіталовкладень, не потребує високих температур чи спеціальних приміщень.

Продовження таблиці 4.1

Критерії	Спалювання	Піроліз	Механічна переробка
Ресурсна ефективність	10–20 % корисного залишку.	50–65 % корисного матеріалу.	До 90 % матеріалу повертається у вигляді цінної вторсировини.
Екологічна безпека	Найвищий негативний вплив: супроводжується значними викидами CO <sub>2</sub> та інших газів, характерних для згоряння органічних матеріалів.	Середній вплив: викидів менше, оскільки процес відбувається без доступу кисню. Основні ризики — леткі органічні сполуки у разі неповної герметичності.	Найменший негативний вплив: оскільки матеріал не спалюється, в основному створюється пил при подрібненні, який необхідно контролювати фільтрами.
Загальна доцільність	Найменш ефективний і найбільш шкідливий метод.	Проміжний варіант, однак зі значними екологічними та технічними обмеженнями.	Найбільш ефективний, екологічний та економічно вигідний метод.

Обґрунтування оптимального варіанту:

Механічна переробка шин є найбільш ефективним та безпечним методом з точки зору:

- екології — відсутність токсичних викидів, мінімальний вплив на повітря, ґрунт і воду;

- ресурсної ефективності — повернення до 90 % маси шин у вигляді промислово цінних матеріалів;
- економічної та виробничої доцільності — легка інтеграція у вже існуючу інфраструктуру без значних капіталовкладень.

Піроліз і спалювання, хоча й забезпечують отримання енергії, характеризуються високими ризиками для навколишнього середовища, нижчим рівнем корисного вторинного матеріалу та складністю інтеграції. Це робить їх менш стабільними та економічно вигідними для широкомасштабного використання.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ І ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

### 5.1 Загальні положення та нормативно-правова база

Основним нормативним актом, який регулює охорону праці в Україні, є Закон України «Про охорону праці» від 14 жовтня 1992 р. № 2694-ХІІ.

Цей Закон поширюється на всіх юридичних і фізичних осіб, які використовують найману працю, та на всіх працюючих.

Закон визначає охорону праці як систему правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних заходів і засобів, спрямованих на забезпечення належних, безпечних і здорових умов праці, запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням.

Законодавство про охорону праці включає Закон «Про охорону праці», Кодекс законів про працю України (КЗпП), інші закони, а також нормативно-технічні акти, санітарні, гігієнічні, пожежні та інші нормативи, які застосовуються на підприємствах залежно від виду діяльності.

Відповідно до Закону «Про охорону праці», роботодавець зобов'язаний створити на робочому місці умови праці, які відповідають вимогам безпеки, забезпечити безпеку технологічних процесів, обладнання, засобів індивідуального і колективного захисту, а також санітарно-побутові умови.

Працівник має право відмовитися від виконання дорученої роботи, якщо створилася ситуація, яка загрожує його життю чи здоров'ю, або життю та здоров'ю інших людей або довкіллю. У такому разі необхідно негайно повідомити керівника або роботодавця.

Для робіт з важкими або шкідливими умовами передбачені пільги та компенсації: лікувально-профілактичне харчування або аналогічні засоби, санітарно-оздоровчі перерви, скорочений робочий час, додаткові відпустки, підвищена оплата праці, пільгова пенсія — відповідно до законодавства. [24]

## 5.2 Оцінка потенційних професійних ризиків під час роботи з різними методами переробки

### Механічна переробка

При механічному подрібненні шин утворюється гумовий пил. Цей пил містить частинки гуми, можливо з додатковими хімічними домішками (від вулканізації, присадок тощо), які можуть бути шкідливими при вдиханні. [25]

У роботі з механічним обладнанням існує ризик травмування — під час подрібнення, сортування, відокремлення металевого кордуну чи текстильних волокон можливі порізи, удари, ураження від рухомих частин обладнання.

Якщо виробничі майданчики не обладнані належною аспірацією/вентиляцією, пил може поширюватися по приміщенню, створюючи постійне забруднення повітря на робочих місцях. У дослідженнях, що аналізують загальні ризики шинних відходів, зазначається, що гумові частинки та пил — потенційне джерело забруднення повітря й шкідливих викидів.

Висновок щодо механічної переробки: при правильній організації виробничого процесу (вентиляція, аспірація, засоби захисту) механічна переробка — найменш ризикова з точки зору токсичних викидів, але залишається ризик пилу та механічних травм.

### Піроліз

Процес піролізу шин (термічний розклад у безкисневому середовищі) генерує рідкі, газоподібні та твердотільні продукти. При цьому шини містять сірку та азот — при термічному розкладі ці гетероатоми можуть давати оксиди сірки ( $\text{SO}_2$ ), оксиди азоту ( $\text{NO}_x$ ), а також інші токсичні сполуки, залежно від умов.

Якщо системи очищення газів і фільтрації неналежні або їх немає — існує ризик викиду токсичних газів, летких органічних сполук, канцерогенних речовин (наприклад, ароматичних вуглеводнів, смол).

Піроліз — енергомісткий процес, що вимагає контролю температури, герметичності реактора та надійних систем вентиляції та очищення. Неналежна експлуатація може призводити до аварій, витоків гарячих газів, пожеж. У праці, присвяченій переробці шин в Україні, зазначається, що шини є вогнебезпечними і токсичними; у разі несанкціонованого або неправильного піролізу — складно гарантувати безпеку.

Тверді залишки піролізу (вуглецевмісний шлак, зола, металокорд) можуть містити токсичні домішки, які потребують належного поводження й утилізації.

Висновок щодо піролізу: піроліз дає змогу отримати енергетично/сировинно цінні продукти, але має значні професійні та екологічні ризики — викиди токсичних газів, небезпека нагріву, пожеж, потреба в герметичному обладнанні та системах очищення.

#### Спалювання шин

При спалюванні шин виділяються значні обсяги димових газів, часток, сажі, сірковмісних, азотовмісних та інших токсичних сполук, у тому числі канцерогени (бензопірен, діоксини), якщо горіння неповне або умов горіння не дотримано.

При спалюванні однієї тони шин, за даними деяких джерел, в атмосферу може потрапити велика кількість сажі і токсичних речовин, що створює сильне забруднення повітря. [1]

Дим і частинки, особливо при відкритому або неконтрольованому горінні, становлять високий ризик для здоров'я працівників і населення: подразнення дихальних шляхів, очей, шкіри; хронічні захворювання, ризик онкології.

Спалювання шин часто порушує екологічні стандарти та норми безпеки; навіть у промислових установках очищення газів може бути складним і дорогим — часто підприємства не мають достатніх систем для адекватної фільтрації.

Висновок щодо спалювання: цей метод має найвищий рівень ризику — як професійного (для працівників), так і екологічного; через великі токсичні викиди спалювання шин є найнебезпечнішим з розглянутих методів переробки.

### 5.3 Заходи безпеки та індивідуальний захист працівників

Для захисту працівників повинні використовуватись засоби індивідуального захисту — респіратори або протигази, захисні рукавички, відповідний захисний одяг, окуляри або захисні щитки, каски або інший захист голови, якщо передбачено ризики механічних ушкоджень.

У разі наявності забруднень повітря (пил, дим, гази) на виробництві необхідно підбирати респіратори за їх характеристиками: щоб фільтри відповідали типу забруднення, респіратор щільно прилягав до обличчя, були чітко інструктажовані строки заміни чи обслуговування. [26]

Для механічної переробки (дроблення, подрібнення) робочі зони повинні бути обладнані аспіраційною системою або вентиляцією для видалення гумового пилу й запобігання його накопиченню у зоні дихання працюючих.

Механічні вузли обладнання мають бути огорожені — рухомі частини, дробарки, сортувальні механізми, транспортери тощо — щоб зменшити ризик травматизму при обслуговуванні або випадковому контакті.

При використанні хімічних або термічних технологій (наприклад, піроліз, спалювання) необхідне застосування герметичних реакторів, систем газоочищення, вентиляції з видаленням токсичних продуктів, пилу, газів відповідно до норм вентиляції та промислової безпеки. [27]

Всі засоби індивідуального захисту та вентиляційні/аспіраційні системи повинні регулярно обслуговуватись, перевірятись на справність, а працівники — проходити інструктаж з правил їх використання.

#### 5.4 Організаційні та технічні заходи безпеки

Усі агрегати — дробарки, сортувальні лінії, транспортери, реактори чи печі — повинні експлуатуватися згідно з інструкцією з безпеки, і робота з ними допускається тільки після перевірки справності систем, наявності захисних огорожень і блокувань.

Устаткування, під час роботи якого можливе виділення пилу, газів або інших шкідливих речовин у повітря робочої зони — має бути обладнане місцевою вентиляцією або аспірацією. Пуск такої вентиляції має бути автоматично пов'язаний з пуском технологічного обладнання.

Частини обладнання, що рухаються або можуть становити механічну небезпеку (ротори, дробарки, транспортери, приймальні воронки), повинні бути огорожені; зони доступу до небезпечних вузлів мають бути чітко визначені, із запобіганням несанкціонованого доступу.

Струмopовідні дроти, електроустановки, кабелі та інші електричні компоненти повинні бути захищені від механічних пошкоджень, ізоляції, а також розташовані так, щоб виключати контакт працівників з оголеними проводами.

Перед початком і після завершення роботи, а також перед будь-яким технічним обслуговуванням — обладнання має бути знеструмлене, зупинене, і на ньому повинні бути вивішені плакати «Не вмикати! Працюють люди!», щоб не допустити випадкового запуску.

При роботі з піролізними печами — повинні бути встановлені системи контролю температури, герметичності, вентиляції, газоочищення; у випадку проведення робіт з газами чи токсичними продуктами — передбачені контролю повітряного середовища, аналізи, регулярні перевірки систем безпеки.

Системи аспірації, вентиляції та газоочистки повинні проходити регулярний технічний огляд та планове обслуговування; несправне обладнання не повинно використовуватись, а недоліки — усуватись негайно.[28]

## 5.5 Навчання та інструктаж працівників

Працівники, які приймаються на підприємство (або залучаються до робіт з переробки шин), перед допуском до роботи повинні пройти вступний інструктаж з охорони праці. [29]

Перед початком роботи на конкретному робочому місці (механічне подрібнення шин, піроліз, спалювання або сортування) має бути проведений первинний інструктаж на робочому місці з урахуванням специфіки роботи — зокрема ознайомлення з усіма ризиками (пил, хімічні речовини, висока температура, гази), правилами техніки безпеки та використання засобів захисту. [30]

Надалі, працівники мають проходити повторний або періодичний інструктаж/перевірку знань з охорони праці — як того вимагає законодавство для підприємств із підвищеним ризиком або при змінах технологій.

У програмах інструктажів повинні бути передбачені питання щодо роботи з пилом, хімічними речовинами, токсичними газами, високими температурами або гарячими поверхнями (що характерно для переробки шин методом піролізу або спалювання), правила дій у разі аварійних ситуацій та поводження з відходами. (Це логічне продовження норм загальної охорони праці + практика для «небезпечних виробництв».)

Працівники повинні бути навчені наданню першої медичної допомоги (долікарській допомозі) на випадок опіків, отруєнь, інгаляції токсичних газів або травм — це має бути частина інструктажу або окреме навчання/тренінг, особливо для робіт із піролізом або спалюванням шин, де є високі ризики.

Всі інструктажі та навчання повинні документуватися — зберігатися відповідні журнали реєстрації інструктажів: з датами, підписами працівника і особи, яка проводила інструктаж, описом пройденого курсу. [31]

## 5.6 Контроль та облік умов праці

На підприємстві повинна здійснюватися систематична атестація робочих місць за умовами праці — особливо на ділянках, де відбувається переробка шин (механічне дроблення, піроліз, спалювання), оскільки технологічний процес, сировина або матеріали можуть бути джерелом шкідливих або небезпечних виробничих факторів. [32]

Результати цієї атестації оформлюються у відповідні документи (карти умов праці / акти), вони використовуються для визначення категорій умов праці, прав працівників на пільги або компенсації та для розробки заходів щодо поліпшення умов праці.

Повинен вестися облік шкідливих і небезпечних факторів — шуму, пилу, концентрацій хімічних речовин чи газів, вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони, а також інших параметрів, що впливають на здоров'я працівників. Ці дані мають регулярно перевірятись лабораторно або інструментально згідно з вимогами норм охорони праці. (Атестація робочих місць фінансує роботодавець.)

Періодично (або при зміні умов праці / технологій) повинні проводитися повторні атестації / перевірки умов праці, щоб переконатися, що заходи безпеки та системи захисту залишаються ефективними, та оновити картування факторів ризику. [33]

Працівники, зайняті у шкідливих чи небезпечних умовах (до яких належать роботи з переробки шин, особливо піроліз чи спалювання), повинні проходити попередні (при прийнятті на роботу) і періодичні медичні огляди. Це передбачено для осіб, які працюють в умовах шкідливих і небезпечних виробничих факторів. [34]

Медичні огляди мають оформлятися документально — видається медична довідка або відповідний висновок після огляду, результати зберігаються на підприємстві. [35]

За результатами медичних оглядів та контролю умов праці — якщо виявлено шкідливі фактори або негативний вплив на здоров'я — роботодавець зобов'язаний вживати заходів для усунення або зменшення шкідливості, а у випадку необхідності — переводити працівника на іншу роботу або надавати додаткові засоби захисту чи компенсації. [36]

### 5.7 Заходи при аварійних ситуаціях

На підприємстві має бути розроблена і затверджена інструкція з дій на випадок надзвичайних ситуацій чи аварій — пожежі, витоку газів, аварій піролізного обладнання чи печей. Така інструкція має передбачати відповідальних осіб, порядок повідомлення, етапи реагування, евакуацію і ліквідацію аварії. [37]

Шляхи евакуації, аварійні виходи, план (схема) евакуації мають бути чітко позначені, утримуватися вільними, їхнє розташування — відповідати вимогам для безпечного та оперативного виходу працівників.

Під час аварії або пожежі — всі роботи, крім робіт з ліквідації аварії, мають бути негайно зупинені; обладнання, при необхідності — відключене від електроживлення (окрім систем протипожежного захисту), зупинені транспортуючі механізми, припинена подача палива/реагентів, вентиляція або пов'язане обладнання — де потрібно.

При надходженні сигналу про пожежу або аварію повинна бути автоматична або ручна система оповіщення працівників і виклику підрозділів пожежної охорони / аварійних служб. Повинні бути вказані телефони екстрених служб та триматися плани зв'язку. [38]

В разі витоку токсичних газів або продуктів піролізу — передбачити заходи герметизації, ізоляції зони, евакуації персоналу, провітрювання приміщень, організацію збору та нейтралізації шкідливих речовин відповідно до нормативів для відходів. Це має бути закріплено в документації як частина аварійного плану та системи управління відходами.

Після ліквідації аварії — має бути перевірка стану обладнання, інженерних систем, вентиляції/газоочистки, оцінка чи немає пошкоджень, витоків, залишків токсичних речовин або золи; якщо такі є — вони мають бути зібрані, герметично упаковані і передані на утилізацію відповідно до норм для відходів.

Персонал має бути проінструктований щодо дій у надзвичайних ситуаціях — евакуації, користування засобами пожежогасіння, засобами індивідуального захисту, первинними засобами ліквідації аварій. Інструктаж повинен відбуватись перед допуском до роботи і періодично повторюватись.

[37]

## ВИСНОВКИ

Сучасне суспільство виробляє велику кількість відходів, серед яких відпрацьовані автомобільні шини займають значну частку через тривалий період розкладу в природі та потенційне забруднення довкілля. Виконавши аналіз ситуації у сфері поводження, переробки та утилізації відпрацьованих автомобільних шин в Україні можна зробити наступні висновки:

- Класифікація автомобільних шин та систематизація сучасних технологій їх утилізації дозволили краще зрозуміти особливості та властивості цих відходів. Це важливо для визначення оптимальних методів переробки з урахуванням екологічної безпеки та ефективності.
- Дослідивши сучасний стан утилізації шин у місті, було виявлено низку проблем, зокрема недостатню кількість інфраструктури для збору та переробки, часткове застосування механічної переробки та обмежене використання сучасних технологій, таких як піроліз. Це призводить до накопичення шин на спеціальних майданчиках та потенційного забруднення навколишнього середовища.
- Аналіз фізико-географічних умов досліджуваної території показав, що рельєф, кліматичні особливості та розташування промислових зон можуть впливати на поширення забруднення та ефективність реалізації технологій утилізації. Врахування цих умов є необхідним для планування безпечного розміщення пунктів збору та переробки шин.
- Аналіз екологічних наслідків показав, що неправильне поводження з відпрацьованими шинами може спричинити забруднення ґрунтів та водних об'єктів, підвищення ризику пожеж і негативний вплив на здоров'я людей і флору та фауну.
- Порівняльний аналіз технологій переробки шин показав, що механічна переробка є найбільш екологічно безпечною та доступною для України на початковому етапі, а піроліз дозволяє повністю перетворювати

гумові відходи на корисні продукти, мінімізуючи негативний вплив на довкілля.

- Розробка заходів з охорони праці при реалізації запропонованих технологічних рішень дає змогу зробити такі висновки:

- Планування та дотримання заходів з охорони праці дозволяє знизити ризики травм і нещасних випадків під час утилізації та переробки шин, забезпечуючи безпечне робоче середовище.

- Реалізація цих заходів сприяє збереженню здоров'я працівників, підвищенню продуктивності та економічній ефективності підприємств, які займаються збором та переробкою шин.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Використані автомобільні шини: в чому небезпека URL: <https://ecolog-ua.com/news/vykorystani-avtomobilni-shyny-v-chomu-nebezpeka> . Загол. з екрана.
2. Конструкція шини URL: <https://vianor.ua/nformats-ia-pro-shinu/dan-pro-shinu/konstrukts-ia-shini/> . Загол. з екрана.
3. Небезпека відпрацьованих автомобільних шин URL: [https://svyat.kyivcity.gov.ua/news/nebezpeka-vidpratsovanikh-avtomobilnikh-shin?utm\\_source](https://svyat.kyivcity.gov.ua/news/nebezpeka-vidpratsovanikh-avtomobilnikh-shin?utm_source) . Загол. з екрана.
4. Переробка шин URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BA%D0%B0\\_%D1%88%D0%B8%D0%BD](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BA%D0%B0_%D1%88%D0%B8%D0%BD) . Загол. з екрана.
5. Старі шини забруднюють водойми URL: <https://zertifizierte-altreifenentsorger.de/uk/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%82%D1%8F/%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B0-%D1%88%D0%BA%D0%BE%D0%B4%D0%B0/%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B0-%D1%88%D0%BA%D0%BE%D0%B4%D0%B0-%D0%A0%D0%B5%D0%B9%D0%BD%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%B4-%D0%9F%D1%84%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D1%86/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%80%D1%96-%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B8-%D0%B7%D0%B0%D0%B1%D1%80%D1%83%D0%B4%D0%BD%D1%8E%D1%8E%D1%82%D1%8C-%D0%93%D0%B0%D0%B9%D0%B1%D0%B0%D1%85-%D0%BD%D0%B0->

- %D0%BF%D1%96%D0%B2%D0%B4%D0%BD%D1%96-%D0%90%D0%B9%D1%84%D0%B5%D0%BB%D1%8F/ . Загол. з екрана.
6. Шини URL: <https://ueco.com.ua/tires> . Загол. з екрана.
7. Три ключові зміни щодо поводження зі зношеними шинами URL: <https://ecolog-ua.com/news/try-klyuchovi-zminy-shchodo-povodzhennya-zi-znoshenyumu-shynamy> . Загол. з екрана.
8. Куди здати старі шини на переробку: утилізація відпрацьованих покришок URL: [https://ascania-shina.com/ua/articles/kuda-sdat-starye-shiny-na-pererabotku?srsltid=AfmBOopf-6cZeaP5l\\_rAOsHv5qI6zsbR15NQpcLWWX6pnc3wUt4\\_tpv8](https://ascania-shina.com/ua/articles/kuda-sdat-starye-shiny-na-pererabotku?srsltid=AfmBOopf-6cZeaP5l_rAOsHv5qI6zsbR15NQpcLWWX6pnc3wUt4_tpv8) . Загол. з екрана.
9. Країна вживаних шин. Як впоратися з небезпечними відходами в Україні URL: <https://ecolog-ua.com/news/krayina-vzhyvanyh-shyn-yak-vporatysya-z-nebezpechnymu-vidhodamy-v-ukrayini%20%20> . Загол. з екрана.
10. Звалище автомобільних шин URL: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/u-lvovi-pustiri-peretvorili-na-zvalishhe-z-avtomobilnih-shin-plastiku-ta-inshogo-perotrebu/> . Загол. з екрана.
- 11.Що таке масло для піролізу перероблених шин? URL: <https://www.solutionsforewaste.com/uk/product/analysis-of-tire-pyrolysis-oil/> . Загол. з екрана.
- 12.Укладання покриття з гумової крихти URL: <https://b-cool.com.ua/ua/p722244200-montazh-pokrytij-rezinovoj.html> . Загол. з екрана.
13. Гумова Мульча URL: <https://www.tirerecycling.com.ua/uk/rubber-mulch> . Загол. з екрана.
14. Екологічна черепиця Euroshield, виготовлена з перероблених шин URL: [https://inhabitat.com/euroshield-eco-friendly-roof-shingles-made-from-recycled-tires/?utm\\_source](https://inhabitat.com/euroshield-eco-friendly-roof-shingles-made-from-recycled-tires/?utm_source) . Загол. з екрана.
- 15.Що таке продукт, виготовлений шляхом переробки шин? URL: <https://ua.xyt-recycling.com/info/what-is-product-make-by-recycle-tyre-83495163.html> . Загол. з екрана.

16. Дніпро (місто) URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%BD%D1%96%D0%BF%D1%80%D0%BE\\_\(%D0%BC%D1%96%D1%81%D1%82%D0%BE\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%BD%D1%96%D0%BF%D1%80%D0%BE_(%D0%BC%D1%96%D1%81%D1%82%D0%BE)) . Загол. з екрана.
17. Карта міста Дніпро URL: [https://www.google.com/maps/place/%D0%94%D0%BD%D1%96%D0%BF%D1%80%D0%BE,+%D0%94%D0%BD%D1%96%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0+%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C,+49000/@48.4568475,34.8350341,11z/data=!4m6!3m5!1s0x40d35.046183!16s%2Fm%2F0jw9kdg?hl=uk&entry=tту&g\\_ep=EgoyMDI1MTEyMy4xIKXMDSOA SAFQAw%3D%3D](https://www.google.com/maps/place/%D0%94%D0%BD%D1%96%D0%BF%D1%80%D0%BE,+%D0%94%D0%BD%D1%96%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0+%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C,+49000/@48.4568475,34.8350341,11z/data=!4m6!3m5!1s0x40d35.046183!16s%2Fm%2F0jw9kdg?hl=uk&entry=tту&g_ep=EgoyMDI1MTEyMy4xIKXMDSOA SAFQAw%3D%3D) . Загол. з екрана.
18. Екологічний паспорт м. Дніпро URL: <https://dniprorada.gov.ua/upload/editor/%D0%95%D0%BA%D0%BE%D0%B%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9%20%D0%BF%D0%B0%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82.PDF> . Загол. з екрана.
19. Географія Дніпропетровської області URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D1%96%D1%8F\\_%D0%94%D0%BD%D1%96%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%BE%D1%97\\_%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%96](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D1%96%D1%8F_%D0%94%D0%BD%D1%96%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%BE%D1%97_%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%96) . Загол. з екрана.
20. Рослинність та тваринний світ Дніпропетровської області URL: <https://sites.google.com/view/ostapko/%D1%80%D0%BE%D1%81%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B8-%D1%96-%D1%82%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%BD%D0%B8-%D0%B4%D0%BD%D1%96%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%BE%D1%97->

- %D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%96 . Загол. з екрана.
21. Утилізація шин URL: <https://xn--80ancaco1ch7azg.xn--j1amh/uk/utilizatsiya-othodov/utilizatsiya-shin/> . Загол. з екрана.
22. Утилізація шин URL: <https://ecological.investments/shini/> . Загол. з екрана.
23. У Дніпрі відкрилося підприємство з переробки шин URL: [https://www.youtube.com/watch?v=xKCgRs\\_BQf8](https://www.youtube.com/watch?v=xKCgRs_BQf8) \ . Загол. з екрана.
24. ЗАКОН УКРАЇНИ Про охорону праці URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/2694-12?utm\\_source](https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/2694-12?utm_source) . Загол. з екрана.
25. Екологічні проблеми виробництва шин та їх утилізації URL: [https://zsfoe.org/?p=3873&utm\\_source](https://zsfoe.org/?p=3873&utm_source) . Загол. з екрана.
26. Засоби індивідуального захисту працівників URL: [https://pro-op.com.ua/article/130-zasobi-ndividualnogo-zahistu-pratsvnikv-na-virobnitstv?utm\\_source](https://pro-op.com.ua/article/130-zasobi-ndividualnogo-zahistu-pratsvnikv-na-virobnitstv?utm_source) . Загол. з екрана.
27. Про затвердження Правил з безпечної експлуатації систем вентиляції у хімічних виробництвах URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/z0988-09?utm\\_source](https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/z0988-09?utm_source) . Загол. з екрана.
28. Про затвердження Правил охорони праці під час дроблення і сортування, збагачення корисних копалин і огрудкування руд та концентратів URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/z0666-18?utm\\_source](https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/z0666-18?utm_source) . Загол. з екрана.
29. Інструктажі з питань охорони праці: види, особливості проведення URL: [https://artemrada.gov.ua/articles/32096?utm\\_source](https://artemrada.gov.ua/articles/32096?utm_source) . Загол. з екрана.
30. Інструктажі з охорони праці: хто проводить, види та періодичність URL: [https://lviv.dsp.gov.ua/instruktazhi-z-okhorony-pratsi-khto-provo/13758/?utm\\_source](https://lviv.dsp.gov.ua/instruktazhi-z-okhorony-pratsi-khto-provo/13758/?utm_source) . Загол. з екрана.
31. Інструктажі з охорони праці URL: [http://op.rv.ua/article/instruktazhi-z-okhorony-praci?utm\\_source](http://op.rv.ua/article/instruktazhi-z-okhorony-praci?utm_source) . Загол. з екрана.
32. Про Порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/442-92-%D0%BF?utm\\_source](https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/442-92-%D0%BF?utm_source) . Загол. з екрана.

33. Атестація робочих місць за умовами праці медичних працівників установ охорони здоров'я URL: [https://pd.dsp.gov.ua/hihiena-pratsi-2/atestatsiia-robochykh-mists-za-umovamy-pratsi-medychnykh-pratsivnykiv-ustanov-okhorony-zdorov-ia/?utm\\_source](https://pd.dsp.gov.ua/hihiena-pratsi-2/atestatsiia-robochykh-mists-za-umovamy-pratsi-medychnykh-pratsivnykiv-ustanov-okhorony-zdorov-ia/?utm_source) . Загол. з екрана.
34. Кодекс законів про працю України URL: <https://i.factor.ua/ukr/law-40/section-211/article-31611/> . Загол. з екрана.
35. Порядок обов'язкових медичних оглядів працівників певних категорій URL: [https://medplatforma.com.ua/news/105508-moz-zatverdylo-novyj-poriadok-oboviazkovykh-medychnykh-ogliadiv-pratsivnykiv-pevnykh-kategorii?utm\\_source](https://medplatforma.com.ua/news/105508-moz-zatverdylo-novyj-poriadok-oboviazkovykh-medychnykh-ogliadiv-pratsivnykiv-pevnykh-kategorii?utm_source) . Загол. з екрана.
36. Стаття 17. Обов'язкові медичні огляди працівників певних категорій URL: [https://protocol.ua/ua/pro\\_ohoronu\\_pratsi\\_statyya\\_17/?utm\\_source](https://protocol.ua/ua/pro_ohoronu_pratsi_statyya_17/?utm_source) . Загол. з екрана.
37. Про затвердження Правил технічної експлуатації об'єктів оброблення відходів URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/z1200-25?utm\\_sourcet](https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/z1200-25?utm_sourcet) . Загол. з екрана.
38. Організаційні заходи щодо забезпечення пожежної безпеки на підприємстві URL: [https://www.pfu.gov.ua/lg/358349-358349/?utm\\_source](https://www.pfu.gov.ua/lg/358349-358349/?utm_source) . Загол. з екрана.