

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра екології, хімії та технологій захисту довкілля

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

## БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

### «АНАЛІЗ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ У ВІННИЦЬКОМУ НАЦІОНАЛЬНОМУ ТЕХНІЧНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ»

Виконала: студентка групи ТЗД-216  
спеціальності 183 – «Технології захисту  
навколишнього середовища»  
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

«10» червня Мазур Д.Л.  
(прізвище та ініціали)

Керівник: завідувач кафедри ЕХТЗД, к.т.н., доцент

«10» червня Іщенко В. А.  
(прізвище та ініціали)

Рецензент: д.х.н., професор кафедри ЕХТЗД

«10» червня Ранський А.П.  
(прізвище та ініціали)

Допущено до захисту  
Завідувач кафедри ЕХТЗД  
к.т.н., доц. Іщенко В.А.  
(прізвище та ініціали)

«10» червня 2025 р.

Вінницький національний технічний університет

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії

Кафедра екології, хімії та технологій захисту довкілля

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Галузь знань 18 – Виробництво та технології

Спеціальність 183 – «Технології захисту навколишнього середовища»

Освітньо-професійна програма – Інженерна екологія та ресурсозберігаючі технології

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри ЕХТЗД  
к.т.н., доцент  
В.А. Іщенко  
(підпис)  
« 25 » березня 2025 р.

## **ЗАВДАННЯ**

**на бакалаврську кваліфікаційну роботу студентці**

Мазур Дарина Леонідівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема роботи:** «АНАЛІЗ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ У ВІННИЦЬКОМУ НАЦІОНАЛЬНОМУ ТЕХНІЧНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ»

**керівник роботи** Іщенко Віталій Анатолійович, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по ВНТУ від “ 20 ” березня 2025 року № 97

**2. Термін подання студентом роботи** “ 10 ” червня 2025 року

### **3. Вихідні дані до роботи**

Дані щодо типів і класів небезпеки відходів у навчальних закладах (рис. 1.1)

### **4. Зміст текстової частини**

1. Відходи навчальних закладів та їх переробка
2. Стан управління відходами у ВНТУ
3. Шляхи вдосконалення системи управління відходами у ВНТУ

### **5. Перелік ілюстративного матеріалу**

1. Типова структура утворення відходів у навчальному закладі

2. Карта джерел утворення відходів на території ВНТУ
3. Класифікація відходів за джерелами у ВНТУ
4. Морфологічний склад побутових відходів ВНТУ
5. Узагальнені дані щодо утворення відходів у ВНТУ

#### 6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|--------|-------------------------------------------|----------------|------------------|
|        |                                           | завдання видав | завдання прийняв |
|        |                                           |                |                  |

7. Дата видачі завдання « 25 » березня 2025 р.

#### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва та зміст етапу                                                                                         | Термін виконання |            | Примітки     |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------|--------------|
|       |                                                                                                              | початок          | закінчення |              |
| 1     | Аналіз утворення та переробки відходів у навчальних закладах.                                                | 25.03.2025       | 07.04.2025 | <i>Викон</i> |
| 2     | Дослідження стану управління відходами у Вінницькому національному технічному університеті.                  | 07.04.2025       | 27.04.2025 | <i>Викон</i> |
| 3     | Розробка систем вдосконалення управління відходами у Вінницькому технічному університеті                     | 12.05.2025       | 26.05.2025 | <i>Викон</i> |
| 4     | Підготовка висновків, додатків і переліку літератури. Оформлення пояснювальної записки та графічної частини. | 26.05.2025       | 05.06.2025 | <i>Викон</i> |
| 5     | Підготовка презентації та доповіді на захист БКР                                                             | 05.06.2025       | 10.06.2025 | <i>Викон</i> |

Студент

(підпис)

Мазур Д.Л.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Іщенко В. А

(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Бакалаврська кваліфікаційна робота складається з 80 сторінок формату А4, містить 13 рисунків, 3 таблиці, список використаних джерел з 22 найменувань.

Мета роботи – розробка практичних рекомендацій для вдосконалення системи поводження з відходами у ВНТУ на основі аналізу поточної ситуації та вивчення світового досвіду.

У роботі розглянуто питання управління відходами у Вінницькому національному технічному університеті. Проаналізовано класифікацію та джерела утворення відходів у навчальному закладі, сучасні методи їх збору, сортування, переробки та утилізації. Значну увагу приділено оцінці ефективності чинної системи управління відходами в університеті.

Результатом дослідження є комплекс заходів для оптимізації системи управління відходами та зниження антропогенного навантаження на довкілля у межах університету.

Ключові слова: відходи, управління, сортування, переробка, екологія, університет, вторинна сировина.

## **ABSTRACT**

The bachelor's qualification work consists of 80 A4 pages, contains 13 figures, 3 tables, a reference list of 22 sources.

The aim of the work is to develop practical recommendations for improving the waste management system at VNTU, based on an analysis of the current state and international best practices.

This work explores the issue of waste management at Vinnytsia National Technical University. It analyzes the classification and sources of waste generation within the university, as well as modern methods of waste collection, sorting, recycling, and disposal. Particular attention is paid to evaluating the effectiveness of the current waste management system at the university.

The research result is a set of measures for optimizing the waste management system and reducing the environmental impact within the university.

Keywords: waste, management, sorting, recycling, ecology, university, secondary raw materials.

## ВІДГУК

**наукового керівника на бакалаврську кваліфікаційну роботу  
студентки денної форми навчання групи ТЗД – 216 Мазур Дарини  
Леонідівни “Аналіз управління відходами у Вінницькому національному  
технічному університеті”**

Управління відходами є невід’ємною складовою екологічної безпеки. Університет є великою організацією із складною структурою, де утворюється велике різноманіття відходів. Варто відзначити, що в Україні фактично відсутні дослідження процесів управління відходами в навчальних закладах. Тому дослідження управління відходами у Вінницькому національному технічному університеті є надзвичайно актуальною задачею.

Робота містить аналіз відходів, які утворюються у навчальних закладах, а також світовий досвід організації системи управління відходами в університетах. Ретельно проаналізовано всі відходи, які утворюються у ВНТУ, – їх структуру, обсяги та способи поводження з ними. Вивчено існуючу систему поводження з відходами у ВНТУ, зокрема систему збору, обліку та передачі відходів. Крім того, запропоновані шляхи покращення системи управління відходами у ВНТУ.

Мазур Д.Л. вчасно і повністю виконала всі поставлені завдання, характеризується виключно з позитивного боку. В цілому бакалаврська кваліфікаційна робота виконана на високому рівні і має значну практичну цінність. Тому рекомендую оцінити роботу на оцінку «А».

Керівник роботи,  
зав. каф. ЕХТЗД, к.т.н., доцент



Віталій ІЩЕНКО

## РЕЦЕНЗІЯ

на бакалаврську кваліфікаційну роботу студентки денної форми навчання 4 курсу із спеціальності 183 “Технології захисту навколишнього середовища” Мазур Дарини Леонідівни на тему: “Аналіз управління відходами у Вінницькому національному технічному університеті”

Бакалаврська кваліфікаційна робота присвячена розробці практичних рекомендацій для вдосконалення системи поводження з відходами у ВНТУ на основі аналізу поточної ситуації та вивчення світового досвіду. Наслідком високого рівня утворення відходів та низьких показників їх використання як вторинної сировини є значні обсяги твердих відходів, що щорічно накопичуються в промисловості та комунальному секторі України, а далі потрапляють на звалища. Розвиток і впровадження системи перероблення, зокрема системи роздільного збирання побутових відходів, є складовою частиною підвищення ефективності використання природних ресурсів. Адже величезна кількість цінних матеріалів, що містяться у відходах, потенційно можуть бути введені у обіг в обробленому чи переробленому вигляді. Тому актуальність теми роботи не викликає сумнівів.

У першому розділі наведена класифікація відходів навчальних закладів, проаналізований світовий досвід організації системи управління відходами в університетах. Другий розділ присвячений стану управління відходами Вінницькому національному технічному університеті, зокрема розглянута існуюча система поводження з відходами. У третьому розділі обґрунтована необхідність вдосконалення системи управління відходами у ВНТУ, запропоновано комплекс заходів щодо її вдосконалення і наведені рекомендації щодо подальшого розвитку системи управління відходами в університеті, які можуть бути імплементовані поетапно без значних витрат.

Висновки відображають основні результати роботи, відповідають поставленій меті та завданням роботи.

Як недолік можна відзначити порівняно невелику кількість опрацьованих літературних джерел.

Робота має практичне значення, в цілому виконана на високому рівні і заслуговує оцінки «А».

Рецензент

д.х.н., професор каф. ЕХТЗД

Анатолій РАНСЬКИЙ

## ЗМІСТ

|                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП.....                                                                                             | 4  |
| 1 ВІДХОДИ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКАЛАДІВ ТА ЇХ ПЕРЕРОБКА .....                                                   | 5  |
| 1.1 Класифікація відходів навчальних закладів .....                                                    | 5  |
| 1.2 Методи управління побутовими відходами.....                                                        | 7  |
| 1.2.1 Методи роздільного збирання побутових відходів .....                                             | 7  |
| 1.2.2 Методи переробки побутових відходів .....                                                        | 8  |
| 1.3 Сортивання відходів для вторинного використання .....                                              | 16 |
| 1.4 Світовий досвід організації системи управління відходами в<br>університетах.....                   | 22 |
| 1.4.1 Європейський досвід .....                                                                        | 25 |
| 1.4.2 Досвід Північної Америки .....                                                                   | 25 |
| 1.4.3 Азійський досвід .....                                                                           | 26 |
| 1.4.4 Африканський досвід .....                                                                        | 26 |
| 2 СТАН УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ ВНТУ .....                                                                 | 27 |
| 2.1 Загальна характеристика ВНТУ .....                                                                 | 27 |
| 2.2 Джерела утворення відходів у Вінницькому національному технічному<br>університеті .....            | 28 |
| 2.2.1 Побутові та змішані відходи.....                                                                 | 31 |
| 2.2.2 Відходи навчального процесу .....                                                                | 32 |
| 2.2.3 Відходи науково-дослідної діяльності .....                                                       | 32 |
| 2.2.4 Електронні, офісні та технічні відходи .....                                                     | 33 |
| 2.2.5 Відходи харчування, прибирання та технічного обслуговування ....                                 | 34 |
| 2.3 Існуюча система поводження з відходами у Вінницькому<br>національному технічному університеті..... | 35 |
| 2.3.1 Система збору побутових та змішаних відходів .....                                               | 35 |
| 2.3.2 Система обліку та утилізації вторинної сировини .....                                            | 40 |
| 3 ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ У<br>ВНТУ .....                                     | 62 |
| 3.1 Обґрунтування необхідності вдосконалення системи управління<br>відходами у ВНТУ .....              | 62 |

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.2 Перспективи та напрямки розвитку системи управління відходами у ВНТУ .....               | 63 |
| 3.3 Комплекс заходів щодо вдосконалення системи управління відходами у ВНТУ .....            | 64 |
| 3.4 Оцінка очікуваних результатів впровадження комплексу заходів .....                       | 66 |
| 3.5 Рекомендації щодо подальшого розвитку системи управління відходами у ВНТУ .....          | 67 |
| ВИСНОВКИ .....                                                                               | 69 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....                                                             | 72 |
| ДОДАТОК А. ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ ..... | 74 |
| ДОДАТОК Б. ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА .....                                                        | 75 |

## ВСТУП

У сучасному світі питання управління відходами є однією з найбільш актуальних екологічних проблем. Зростаючі обсяги виробничих та побутових відходів, неправильне їх зберігання, переробка та утилізація призводять до серйозного забруднення навколишнього середовища. Особливо гостро це питання постає у регіонах з високою концентрацією промислових та навчальних закладів.

Забезпечення екологічної безпеки вимагає розробки та впровадження ефективних заходів управління відходами. Ці заходи включають мінімізацію утворення відходів, сортування, утилізацію, переробку, а також безпечне зберігання. Вінницький національний технічний університет (ВНТУ), як сучасний освітній та науковий центр, має можливість відігравати важливу роль у впровадженні інноваційних екологічних технологій і пропагуванні екологічної культури. Навчальні заклади, особливо такі великі наукові центри як ВНТУ, є значними утворювачами відходів.

Метою цієї роботи є розробка практичних рекомендацій для вдосконалення системи поводження з відходами у ВНТУ на основі аналізу поточної ситуації та вивчення світового досвіду.

В роботі маємо намір проаналізувати існуючі підходи до управління відходами у ВНТУ, оцінити їхню екологічну ефективність та запропонувати заходи для покращення екологічної безпеки. У роботі будуть розглянуті наукові підходи до управління відходами, досліджені приклади впровадження екологічних програм та визначені перспективні напрями їх удосконалення.

## **1 ВІДХОДИ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ ТА ЇХ ПЕРЕРОБКА**

### **1.1 Класифікація відходів навчальних закладів**

Відповідно до Закону України «Про управління відходами», відходи – це будь-які речовини, матеріали і предмети, що утворилися в процесі виробництва або споживання, не мають подальшого використання за місцем утворення і підлягають утилізації або видаленню [1].

Іншими словами, це ресурси, що втратили свою початкову цінність у результаті людської діяльності, але можуть бути джерелом вторинної сировини або підлягати знешкодженню.

Відходи класифікують за різними ознаками, що дозволяє ефективно управляти ними та розробляти відповідні методи утилізації, зберігання і переробки. Одним з основних критеріїв класифікації є агрегатний стан. За цією ознакою розрізняють тверді, рідкі та газоподібні відходи. Тверді включають побутові рештки, уламки будівельних матеріалів, використане обладнання тощо. Рідкі – це стічні води, залишки хімічних розчинів із лабораторій, мастила. Газоподібні відходи утворюються внаслідок горіння, вентиляції лабораторій або роботи котелень.

Ще одним важливим критерієм є джерело походження. Відходи бувають побутовими, промисловими, будівельними, сільськогосподарськими, медичними або електронними. У контексті навчальних закладів найчастіше маємо справу з побутовими (з аудиторій, гуртожитків), електронними (старі комп'ютери і принтери, батарейки), хімічними (залишки реактивів у навчальних лабораторіях) та органічними (залишки їжі з їдальні).

За рівнем небезпеки відходи поділяють на чотири класи: від I (надзвичайно небезпечні) до IV (малонебезпечні). До I класу належать речовини, які містять ртуть або сильнодіючі отруйні речовини. II клас включає акумулятори, деякі хімікати та електроніку. III клас – це помірно небезпечні відходи, як-от мастила, забруднені матеріали. IV клас охоплює найбільш

поширені побутові відходи (ПВ) – папір, пластик, органіка. На території ВНТУ переважають відходи III–IV класів, однак у деяких лабораторіях можуть бути наявні й відходи II класу, що потребують спеціального поводження.

Класифікація відходів також враховує можливість їх утилізації. Наприклад, папір, пластик, скло, метал можна сортувати й відправити на переробку, тоді як токсичні речовини або змішані матеріали часто підлягають спеціальному знешкодженню або захороненню. За здатністю до біологічного розкладу відходи поділяються на біорозкладні (харчові залишки, деревина, папір) і небіорозкладні (пластик, скло, електроніка).

Окрему увагу в рамках навчального закладу заслуговує функціональна класифікація відходів. Залежно від сфери утворення вони можуть бути адміністративними (офісні відходи, макулатура), навчальними (відпрацьовані лабораторні матеріали), побутовими (відходи з гуртожитків), інфраструктурними (будівельні залишки), а також спеціалізованими – наприклад, хімічні відходи або біологічні рештки в наукових лабораторіях (рис.1.1).



Рисунок 1.1 – Типова структура утворення відходів у навчальному закладі

Загалом, правильна класифікація відходів є основою побудови ефективної системи їх обліку, збору, зберігання, утилізації та переробки. Вона

дозволяє не лише зменшити екологічне навантаження на навколишнє середовище, а й оптимізувати витрати на поводження з відходами у межах університету.

Класифікація відходів – ключовий етап на шляху до ефективного управління ними. Вона дозволяє:

- Визначити джерела утворення відходів
- Розробити диференційовану систему збору
- Вибрати методи утилізації чи переробки
- Знизити навантаження на навколишнє середовище
- Раціоналізувати витрати на обслуговування системи поводження з відходами

У межах ВНТУ така класифікація допоможе створити інвентаризацію відходів та сформувану екологічно безпечну, економічно вигідну систему управління ними.

## **1.2 Методи управління побутовими відходами**

### **1.2.1 Методи роздільного збирання побутових відходів**

*Сутність роздільного збору:*

Роздільний збір ПВ передбачає сортування відходів на етапі їх утворення, що дозволяє значно скоротити кількість сміття, яке підлягає утилізації. Основні категорії відходів, які підлягають сортуванню: папір, пластик, метал, скло, органіка.

*Методи роздільного збору:*

#### **1. Контейнерний метод:**

- Передбачає встановлення контейнерів для різних типів відходів: папір, пластик, скло, метал, органіка.
- Переваги: простота впровадження, економія часу на сортування.

- Недоліки: потреба в свідомості населення та додаткових витратах на обладнання.

- Приклад: у Вінницькому національному технічному університеті можна впровадити систему з 5 контейнерів у кожному корпусі.

## 2. Пакетний метод:

- Роздача кольорових пакетів для різних видів відходів.

- Переваги: дешевше в реалізації, зручне для студентів.

- Недоліки: менша ефективність через ризик помилок при сортуванні.

- Вартість одного комплекту пакетів – близько 5 грн.

## 3. Сортувальні станції:

- Встановлення станцій для ручного сортування.

- Переваги: можливість максимального вилучення вторсировини.

- Недоліки: висока вартість впровадження (від 30 000 грн за станцію).

### *Застосування у ВНТУ:*

- Переробка пластику: створення виробів для потреб університету (наприклад, пластикові меблі, елементи для лабораторного обладнання).

- Компостування органіки: облаштувати компостери, отриманий компост використовувати для озеленення території.

- Реалізація вторинної сировини: продавати відсортовані матеріали, отримані кошти спрямовувати на екологічні ініціативи.

## 1.2.2 Методи переробки побутових відходів

Оброблення (перероблення) відходів – здійснення будь-яких технологічних операцій, пов'язаних із зміною фізичних, хімічних чи біологічних властивостей відходів, з метою підготовки їх до екологічно безпечного зберігання, перевезення, утилізації чи видалення.

Для практичного виконання вимог законодавства України про відходи та вирішення екологічних проблем із переробкою та утилізацією ПВ необхідно забезпечити виконання таких заходів:

- організація роздільного збору ресурсоцінних матеріалів;
- стимулювання суб'єктів господарської діяльності, що здійснюють роботи у сфері поводження з відходами;
- ліквідація стихійних сміттєзвалищ;
- контроль за використанням відходів;
- впровадження сучасних екологічно чистих технологій з перероблення та утилізації ПВ;
- навчання й виховання населення щодо збору вторинних матеріальних ресурсів [2].

Метою переробки є перетворення відходів у вторинну сировину, енергію або продукцію з певними споживчими властивостями.

Основними факторами, які обумовлюють вибір методів перероблення побутових відходів (ПВ), можуть бути:

- склад, властивості, кількість ПВ, методи їх збирання;
- місцеві умови – наявність місцевих підприємств, які можуть переробляти окремі компоненти ПВ;
- можливість використання корисних властивостей компонентів ПВ;
- капітальні та інші початкові витрати на впровадження та перероблення ПВ;
- експлуатаційні витрати на перероблення ПВ з урахуванням повернених сум вартості продуктів перероблення.

За своєю кінцевою метою методи переробки ПВ поділяють на:

- утилізаційні, які вирішують економічні завдання, а саме використання
- вторинних енергетичних ресурсів, та ліквідаційні, які призначені для
- дотримання санітарно-епідеміологічного благополуччя довкілля.

За технологічним принципом методи переробки відходів поділяють на біологічні, термічні та змішані, серед яких найбільш поширеними вважаються такі:

- складування на полігонах (ліквідаційний біомеханічний);
- спалювання (ліквідаційний термічний);
- біотермічне компостування (утилізаційний біологічний) з отриманням добрива чи біопалива;
- анаеробна ферментація (з отриманням біогазу);
- комплексне сортування з повторним використанням відібраних матеріалів.

Важливість проблеми поводження з відходами визначається через прийняття спеціальних Директив ЄС, у яких закріплено наступні принципи:

- зменшення кількості захоронень відходів на звалищах, які піддаються біологічному розпаду;
- надання переваги повторному використанню компонентів відходів;
- запобігання спалюванню відходів без використання теплоти;
- неконтрольоване видалення відходів на полігонах та звалищах [5].

### *Термічна обробка*

Під час утилізації та переробки твердих відходів використовують різні методи термічної обробки вихідних твердих матеріалів та отриманих продуктів: це різні прийоми піролізу, переплаву, випалу і вогневого знешкодження (спалювання) багатьох видів твердих відходів на органічній основі.

Як показує практика переробки ПВ на сміттєспалювальних заводах (ССЗ), найбільш перспективним є спосіб знешкодження відходів у два етапи:

1) аеробне біотермічне компостування органічної частини ПВ (біотермічний метод) з одержанням компосту (цінного органічного добрива) або біопалива;

2) піроліз некомпостованої частини побутових відходів, що включає гуму, пластмаси, дерево, шкіру тощо. Піроліз становить процес термічного розкладання відходів під дією високих температур за відсутності кисню, у результаті якого утворюється піролізний газ і твердий вуглецевий залишок.

Застосовуючи термін «піроліз» до термічного перетворення органічного матеріалу, мають на увазі не тільки його розпад, але і синтез нових продуктів.

Ці стадії процесу взаємно пов'язані й проходять одночасно з тією лише відмінністю, що кожна з них переважає в певному інтервалі температури або часу. Загальну схему піролізу можна подати таким чином:

тверді відходи +  $Q \rightarrow$  твердий залишок + рідкі продукти + гази  $\pm Q_i$ ,  
де  $Q$  – додаткове тепло,  $Q_i$  – вторинне тепло.

Але варто відрізнити піроліз від близького до нього процесу газифікації. Газифікація є термохімічним високотемпературним процесом взаємодії органічної маси або продуктів її термічної переробки з газифікуючими агентами, у результаті чого органічна частина або продукти її термічної переробки перетворюються на горючі гази. Як газифікуючі агенти застосовують повітря, кисень, водяну пару, діоксид вуглецю, а також їх суміші.

Процеси піролізу відходів набули більшого поширення, ніж газифікація.

Піролізу піддаються тверді побутові та близькі до них за складом промислові відходи, відходи пластмас, гуми (у тому числі автомобільні шини), інші органічні відходи [4].

Із санітарної точки зору процес піролізу володіє кращими показниками порівняно зі спалюванням. Кількість газів, що відходять, піддаються очищенню, набагато менша, ніж при спалюванні відходів.

Піролізні установки залежно від температурного режиму процесу поділяють на:

- низькотемпературні (450–500 °C), що характеризуються мінімальним виходом газу, максимальною кількістю смол, масел і твердих залишків;
- середньотемпературні (до 800 °C), що характеризуються збільшеним виходом газу та меншою кількістю смол та масел;
- вискотемпературні (понад 800 °C), що характеризуються максимальним виходом газу та мінімальною кількістю смолоподібних продуктів та твердого залишку.

Твердий залишок можна використати у промисловості (сажа, активоване вугілля тощо). Таким чином, деякі схеми піролізу відходів можуть бути безвідходними.

Високотемпературний піроліз порівняно з іншими методами має низку переваг:

- при ньому відбувається більш інтенсивне перетворення вихідного продукту;
- швидкість реакцій зростає з експоненціальним збільшенням температури, у той час як теплові втрати зростають лінійно;
- збільшується час теплового впливу на відходи.

Спалювання ПВ на сміттєспалювальному заводі дозволяє знешкодити їх з максимальним зменшенням обсягу (до 90 % від вихідного) і відповідає найвищим вимогам санітарії. Цей метод дозволяє заощадити десятки гектарів землі, забезпечити високий ступінь механізації та автоматизації, безвідходність виробництва, можливість повного використання продуктів спалювання.

Основне сміттєспалювальне обладнання – топкові пристрої з установками для дуття і парові котли. Тепло, яке виділяється у результаті спалювання відходів, утилізується в парогенераторах і у вигляді пари використовується для власних потреб заводу і для потреб прилеглих підприємств.

У результаті спалювання твердих побутових відходів, з використанням їх як енергетичної сировини, можна заощадити природний газ для одержання необхідної кількості теплової енергії. Шлак, що утворюється після спалювання відходів, і суха зола, уловлена в електричних фільтрах, використовуються у будівельному виробництві.

#### *Біотермічне аеробне компостування*

З біологічних методів у практиці поводження з ПВ найбільшого поширення набуло компостування або «аеробна ферментація» – це біохімічний процес розкладання органічної частини відходів мікроорганізмами за доступу кисню. У біохімічних реакціях взаємодіють

органічний матеріал, кисень та бактерії (сапрофітні аеробні мікроорганізми, присутні в ПВ у достатній кількості), а виділяються діоксид вуглецю, вода та тепло. Розмноження мікроорганізмів-деструкторів відходів можливе при певному співвідношенні вуглецю та азоту. Найкращий контакт між органічною речовиною та мікроорганізмами забезпечується при перемішуванні матеріалу. Внаслідок саморозігріву (до 60–70 °C) у процесі компостування відбувається знищення більшості хвороботворних мікроорганізмів, яєць гельмінтів, личинок мух.

У результаті закінченого процесу компостування маса біорозкладного матеріалу зменшується на кілька десятків відсотків і виходить твердий стабілізований продукт.

Виробництво компосту з органічних матеріалів було відоме ще в давнину. З цих відходів формували компостні ями (купи), які додатково зволожували у природних умовах. Отриманий компост вносили в ґрунт з метою поліпшення його структури та підвищення родючості. Однак варто зазначити, що через гетерогенний склад відходів компостування змішаних ПВ недоцільно, оскільки компост забруднюється склом і важкими металами (останні містяться у небезпечних комунальних відходах – відпрацьованих гальванічних елементах, люмінесцентних лампах тощо). Тому дуже важливим при компостуванні ПВ (як і при спалюванні) є попереднє видалення небезпечних комунальних відходів – відпрацьованих батарейок, люмінесцентних ламп, фарб, отруйних речовин, металів. На практиці ця проблема здебільшого вирішується за рахунок організації роздільного збору ПВ.

У сучасній промисловості найбільш поширеними є такі методи компостування:

- компостування у біобарабанах;
- тунельне компостування;
- у басейнах витримки.

Є приклади, коли на сміттєпереробних заводах тверді побутові відходи компостують разом з осадами стічних вод, при цьому з 1 млн т відходів

отримують в середньому 360 тис. т компосту.

На рис. 1.2 представлено один з варіантів механізованої системи спільного компостування твердих міських відходів і осадів стічних вод.

На першій стадії такої переробки ручним сортуванням видаляються скло, кольорові метали, великий металобрухт, будматеріали та інші некомпостні відходи. Жерстяна тара і дрібний брухт чорних металів видаляються електромагнітною сепарацією. Частина маси, що залишилася, подрібнюється і змішується з осадом стічних вод. Суміш компостується протягом 6 діб, потім перемелюється і висушується.

Спільне біотермічне знешкодження осадів стічних вод і твердих відходів дозволяє прискорити процес розкладання органічної речовини шляхом взаємозбагачення компонентами, що сприяють інтенсифікації процесу, зокрема, за рахунок поліпшення співвідношення вуглецю і азоту, підвищення пористості осадів стічних вод і відносного зменшення частки інертних включень у суміші (скла, піску тощо). Основними компонентами твердих побутових відходів є папір і харчові відходи, що відіграють головну роль у процесі біотермічного розкладання. Збільшення вмісту у твердих побутових відходах паперу веде до зменшення в них органічного азоту. Змішування твердих побутових відходів з осадами стічних вод сприяє збагаченню їх азотом і поліпшенню якості готового продукту.

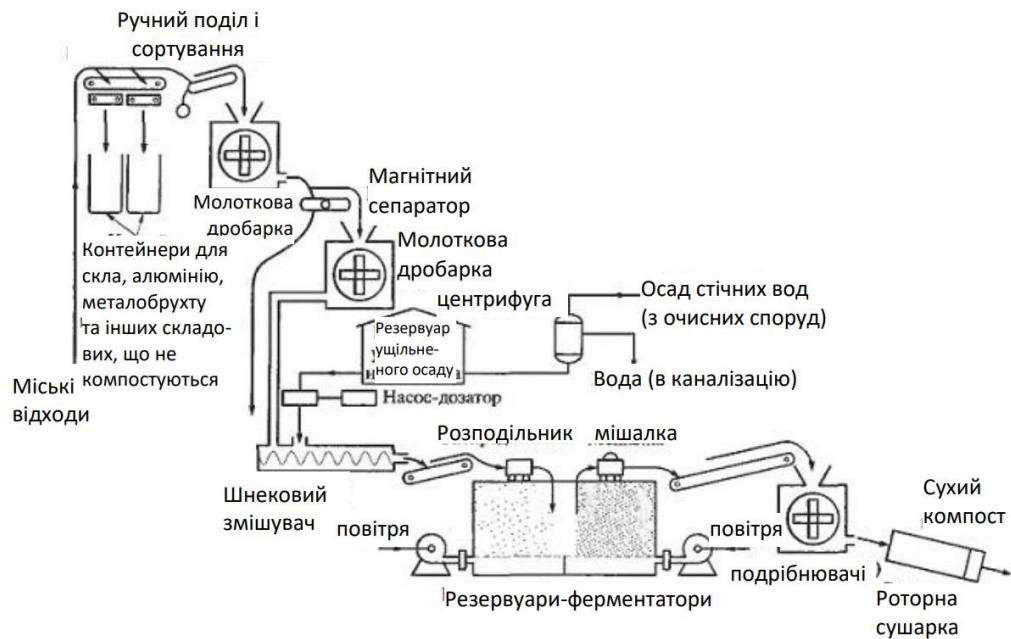


Рисунок 1.2 – Схема системи компостування твердих міських відходів та осадів стічних вод

Спільна переробка осадів стічних вод і твердих побутових відходів дозволяє скоротити необхідні площі для їх зберігання і число обслуговуючого персоналу. При цьому також скорочуються енергетичні витрати, оскільки знезараження осадів досягається в процесі компостування без застосування спеціальних пристроїв (камер дегельмінтизації, сушарок тощо).

Компости є сипким матеріалом, ефективним для використання як добрива і рекультиванта ґрунтів.

Під час визначення ефективності виробництва біопалива важливим є визначення як фінансової складової прибутку, так і нематеріального ефекту.

Зокрема, визначають чотири основні ефекти від запровадження виробництва та споживання біопалива: економічний, екологічний, енергетичний та соціальний.

Варто зауважити, що всі ефекти від запровадження виробництва та споживання біопалива тісно пов'язані між собою та часто є причинами та наслідками один одного.

### 1.3 Сортивання відходів для вторинного використання

Сортивання з вилученням тих чи інших цінних компонентів для вторинного використання видаленням шкідливих компонентів, виділення окремих фракцій, найбільш придатних технічно, екологічно і економічно для переробки тим чи іншим методом.

Впровадження сортувальних комплексів доцільно здійснювати паралельно із впровадженням роздільного збирання, враховуючи необхідність підвищення якості та вартості прийняття на перероблення окремих компонентів ПВ.

Роздільне збирання побутових відходів – збирання побутових відходів за окремими компонентами, включаючи сортування побутових відходів, з метою подальшого перероблення та утилізації.

Запровадження роздільного збору сміття сприятиме збільшенню кількості вторинної сировини і завантаженню вітчизняних переробних підприємств. Це дасть змогу на 30 % зменшити навантаження на сміттєзвалища та на 20 % збільшити обсяг вторинної сировини.

З 1 січня 2018 року в Україні заборонено захоронення неперероблених (необроблених) побутових відходів. Тобто всі відходи мають спершу сортувати за видами матеріалів та безпечністю компонентів для подальшої переробки, і лише залишок має направлятися на полігон [2].

Небезпечні відходи у складі ПВ збираються окремо від інших видів побутових відходів з урахуванням вимог, а також мають відокремлюватися на етапі збирання чи сортування та передаватися спеціалізованим підприємствам, що одержали ліцензії на здійснення операцій у сфері поводження з небезпечними відходами.

Сортування відходів – механічний розподіл відходів за їх фізикохімічними властивостями, технічними складовими, енергетичною цінністю, товарними показниками тощо з метою підготовки відходів до їх утилізації чи видалення.

Сортування відходів передбачає під собою процес цілеспрямованого розділення відходів відповідно до їх агрегатного стану, властивостей та матеріалів, з яких вони виготовлені, на окремі фракції. Так, відповідно до законодавства, у складі ПВ не мають бути присутні великогабаритні, ремонтні та небезпечні відходи – їх потрібно збирати окремо від інших відходів. Такі відходи повинні передаватися спеціальним підприємствам, які мають на це ліцензію, з метою їх подальшого знешкодження чи утилізації.

Безпечна частина ПВ своєю чергою має пройти процес розділення на ресурсоцінні фракції, а саме: папір, скло, метал, пластик, дерево, гума, які потрібно направляти спеціальним підприємствам, що здійснюють утилізацію цих відходів. Органічну частину можна використати як частину біомаси для отримання біопалива, а також для компостування. Так звана «непридатна» частина відходів, яку неможливо переробити, повинна або знешкоджуватись на сміттєспалювальних заводах, або направлятися на полігони для захоронення.

Тарифи на захоронення відходів повинні встановлюватися відповідно до чинного законодавства.

Сортування, будучи одним із важливих елементів системи поводження з відходами, дозволяє вирішити такі основні завдання:

- виділити зі складу відходів вторинну сировину;
- виділити потоки біорозкладних та небезпечних компонентів для подальшої переробки та знешкодження;
- мінімізувати обсяг залишків, що не піддаються утилізації для наступного захоронення.

Різні підходи до класифікації відходів базуються на таких ознаках: місце утворення відходів (галузь промисловості), стадія виробничого циклу, вид відходу, агрегатний стан, ступінь шкоди навколишньому середовищу та здоров'ю людини, напрям використання, ефективність використання, величина запасу та обсяги утворення, ступінь вивченості та розробленості технологій утилізації.

Отже, основною метою переробки відходів є максимальне використання ресурсного потенціалу відходів, зокрема отримання вторинної сировини.

Під сортуванням відходів розуміється «поділ відходів згідно з певними критеріями на складники, що якісно розрізняються».

Сортування відходів з подальшою переробкою окремих компонентів, як правило, є менш витратною технологією поводження з ПВ порівняно з іншими. Більше того, за певних умов вона може бути рентабельною в ринкових умовах. Разом з тим необхідно враховувати, що сортування не вирішує проблему всього обсягу ПВ – витягуються тільки матеріали певного складу і якості, а решта відходів («хвости»), що залишилися, вимагають подальшої утилізації [3].

Сортування може бути централізованим – на сміттесортувальному комплексі (іноді його називають промисловим) та децентралізованим (на джерелах утворення). Децентралізоване сортування здійснюється шляхом організації місцевих приймально-сортувальних пунктів, на яких силами 2–3 осіб здійснюється ручне сортування ПВ, що надходять від населення.

Підприємство сортування та перероблення твердих побутових відходів – комплекс споруд, обладнаний необхідною виробничою інфраструктурою (під’їзні колії, площадки маневрування, склади, внутрішня система вентиляції, пожежогасіння та інші комунікаційні системи) і укомплектований відповідним технологічним обладнанням, на території якого розташовано станцію сортування, а також цех перероблення твердих побутових відходів та їх компонентів.

Процес сортування може бути розглянутий як система, що складається із взаємопов’язаних елементів. До основних етапів сортування твердих комунальних відходів відносяться:

1. Підготовка ПВ. Тверді комунальні відходи проходять попередню обробку, під час якої відокремлюються великогабаритні відходи, скло, небезпечні відходи, дрібна фракція, а також розриваються пакети.

2. Основне сортування ПВ. З підготовленого потоку ПВ виділяється папір, картон, полімери та інші види вторинної сировини вручну або з використанням сенсорного обладнання, що дозволяє автоматизувати процес сортування.

3. Підготовка вторинної сировини для реалізації. Вторинна сировина додатково контролюється на відповідність вимог до якості та, за потреби, досортується. Папір, картон, полімери пресуються та упаковуються у кіпи, скло завантажується у транспортну тару.

4. Вилучення залишкового ресурсного потенціалу. Із залишків сортування виділяється потік матеріалів з високою теплотою згоряння для подальшої переробки в паливо, потік біорозкладних відходів для компостування, потік інертних матеріалів для використання у будівництві, а також небезпечні матеріали.

5. Обробка великогабаритних відходів. Великогабаритні відходи (меблі, дерево, вікна, двері, килими, матраци тощо) вручну розбирають або дроблять з використанням спеціального обладнання для вилучення вторинної сировини та зменшення обсягів матеріалів.

6. Обробка дрібної фракції. Дрібна фракція зазнає грохочення та інших методів з метою отримання вторинної сировини (наприклад, металу).

Технологічна схема типового сміттєсортувального комплексу (ССК) включає подачу ПВ, підготовку відходів перед сортуванням, відбір вторинної сировини та її пресування, відвантаження «хвостів» сортування.

Для сортування відходів (відбору вторинної сировини) використовується ручне сортування або сенсорне сортування, яке ще іноді називають автоматичним, автоматизованим.

Робота більшості сенсорних сортувальних установок заснована на розпізнаванні компонентів ПВ за допомогою рентгенівського або інфрачервоного випромінювання, або випромінювання у сфері видимого спектру. Крім високої продуктивності основною перевагою таких систем є можливість розпізнавання конкретних матеріалів, наприклад, визначення

різних видів пластикових відходів, які неможливо розділити при ручному сортуванні. Це системи, які використовують рентгенівське випромінювання, їх дія заснована на аналізі характеру проходження променів (рентгенівська трансмісія). У системах рентгенівської трансмісії використовуються випромінюючий пристрій і датчики, які визначають характеристики променів, що пройшли через матеріал (тобто компоненти відходів розпізнаються за щільністю та структурою). Конструкції подібних пристроїв відносно прості. Великою перевагою таких систем є те, що допускається наявність на відходах етикеток або забруднень, а також можливе розпізнавання темнозабарвлених матеріалів, наприклад чорних пластиків. Недоліком таких систем є висока небезпека випромінювання і те, що у деяких випадках матеріали можуть змінювати свої властивості (зміни забарвлення скла, зміни механічних властивостей полімерів). Крім того, якщо система не може правильно розпізнати матеріал (наприклад, склеєні разом два різних компоненти відходів), то такий матеріал видається як нецільовий.

Вся відсортована вторинна сировина має проходити контроль персоналом, так як можуть бути окремі випадки наявності сторонніх включень через злипання компонентів. Після перевірки вторинна сировина відправляється на прес та отримані кіпи піддаються обмотці. Пресування вторинної сировини сприяє зниженню витрат на його перевезення.

Автоматичне (сенсорне) сортування дозволяє виділяти фракції за хімічним складом, крупністю, забрудненістю, розділити суміші вторинної сировини за кольором, хімічним складом, наявністю домішок. При цьому технічна продуктивність автоматичного сортування вища за ручне залежно від виду матеріалу у 20–60 разів. Висока вартість капітальних вкладень у будівництво заводів повного автоматичного сортування ПВ окупається за рахунок зниження експлуатаційних витрат на сортування. Крім цього, до переваг систем автоматичного сортування відходів відносять високий відсоток відбору фракцій і високий ступінь чистоти вилучення матеріалів.

Аналіз сформованої світової практики поводження з ПВ дозволяє зробити висновок про те, що практично всі схеми поводження з відходами у більшості розвинених країн (ЄС, США, Канада, Японія тощо) включають роздільний збір відходів безпосередньо у місцях їх утворення (у домашніх господарствах, на виробництві, в офісних приміщеннях) та їх сортування. Роздільний збір ПВ у місцях їх утворення дозволяє отримати потік відходів, в якому цільові компоненти відходів перебувають у досить високій концентрації, але водночас у цьому потоці через погрішності і помилки, що допускаються населенням, можуть бути небажані або баластові компоненти, які доцільно видаляти в процесі наступного сортування. Практика свідчить, що добре організований роздільний збір не тільки значно підвищує ефективність сортування та визначає його рентабельність, але й суттєво полегшує всі наступні процедури поводження з відходами.

Організація сортування окремо зібраних відходів дозволяє більш ефективно організувати переробку відходів і підвищити окупність сміттесортувальних комплексів. Попередній поділ відходів дозволяє спочатку істотно скоротити потік відходів, що спрямовуються на сортування, а також зменшити обсяги неутилізованих залишків («хвостів»), які вивозяться після сортування на сміттесортувальному комплексі на поховання. При цьому в цілому організація роздільного збирання відходів дозволяє скоротити капітальні витрати на будівництво об'єктів, збільшити відсоток відбору вторинної сировини.

Вторинна сировина, відібрана з окремо зібраних відходів, маючи менший рівень забруднення, є більш цінною і вимагає менших витрат за подальшу переробку.

Крім того, при роботі на ССК попередньо роздільно зібраними відходами значно покращуються умови праці, оскільки біорозкладні і більшість небезпечних відходів (особливо колючо-ріжучі та інші травмонебезпечні) видаляються до надходження їх на ССК. Це дозволяє зменшити кількість та

продуктивність дорогих установок, необхідних для забезпечення безпеки праці; спростити керування роботою персоналу.

#### **1.4 Світовий досвід організації системи управління відходами в університетах**

Університет – це місце, куди щодня приходять тисячі студентів, викладачів і технічного персоналу, проводячи значну частину часу для навчальних і дослідницьких цілей. Окрім будівельних і демонтажних відходів, щодня на території університету генерується велика кількість твердих побутових відходів із таких джерел, як офіси, аудиторії, лабораторії, їдальні, гуртожитки та інші приміщення. У розвинених країнах управління твердими відходами в освітніх установах є невід’ємною частиною загального плану управління. У кількох попередніх дослідженнях було розглянуто практики управління ПВ (твердими побутовими відходами) в університетських кампусах. Недавнє дослідження в Школі інженерії університету Мої (Кенія) показало, що найбільшу частку (37%) усіх університетських відходів становили харчові, а загалом 62% – це матеріали, придатні до переробки [6]. De Vega (2008) дійшов висновку, що майже 65% ПВ університету можна переробити, і рекомендував впровадити ефективну програму для їхнього корисного використання, починаючи з сортування та переробки, ще до остаточного рішення про утилізацію [8]. Nagawieski виявив, що належні заходи управління можуть суттєво зменшити кількість відходів в Університеті Айдахо та знизити витрати на їх утилізацію [10].

Харчові відходи включають їжу, яку викинули як невикористану або частково використану. Вони можуть містити кілька видів продуктів: чайні пакетики та чашки, хліб, банки з-під соку, пляшки з водою, приготовані овочі тощо. Залежно від рівня життя, культури населення та харчових звичок, кількість харчових відходів значно відрізняється не лише між країнами або

штатами однієї країни, а й навіть між будинками в одному районі чи окрузі. За оцінками, 35% людської їжі щороку викидається

Ефективне управління твердими відходами вимагає повного розуміння складу потоку відходів, а також джерел і видів діяльності, які їх утворюють. Склад і властивості відходів значно варіюються залежно від джерела їхнього утворення. Оскільки відходи, що генеруються в університетах, можуть мати подібний вплив на навколишнє середовище, як і відходи малих міст, вони потребують сталих практик поводження з ними. Належне управління твердими відходами в університетському кампусі не лише сприятиме підвищенню обізнаності серед студентів і працівників, а й допоможе покращити ефективність роботи завдяки покращенню санітарних умов на робочих місцях через зменшення кількості відходів.

Характеристика відходів, що генеруються в університеті, є критично важливою для потреб переробки, захоронення, обробки й отримання енергії. Основна частина відходів утворюється в студентських їдальнях, офісах і лабораторіях, і переважна їх частина підлягає переробці: картон і папір (45%), пластик (28%), серветки (11%), харчові відходи (8%), а також незначна кількість інших матеріалів. Схожий розподіл відходів було зафіксовано в багатьох університетах (Smyth та ін., 2010). Дослідження Smyth та ін. (2010) показало, що 70% відходів у ЗВО можна ефективно обробити шляхом запровадження політик щодо зменшення, переробки та компостування відходів [6]. Інше дослідження, проведене Moqbel (2018) в університетах Йорданії, показало, що щонайменше 87% відходів, які генеруються на кампусах, можна переробити [7]. Крім того, дослідження виявило, що основними компонентами відходів були картон, пластик, папір, рослинні залишки та харчові відходи, що вимагає повномасштабної співпраці та ретельної системи поводження та сортування. Усвідомлення важливості переробки серед студентів і працівників університетів є ключовим фактором для впровадження ефективної програми управління ПВ. Дослідження в Університеті штату Мічиган показало, що зростання рівня обізнаності

студентів і персоналу сприяло суттєвому зменшенню обсягів твердих відходів і покращенню ставлення до переробки. В Інституті технологій Британської Колумбії (BCIT) у Бернабі було встановлено, що майже 30% загальної маси твердих відходів становили органічні відходи, придатні до компостування, а ще 25% – це змішаний папір [9]. Підвищення обізнаності спільноти кампусу вважається дуже важливим елементом у загальній системі управління відходами в університетах. Розуміння мотиваційних чинників щодо переробки й мінімізації відходів є важливим кроком для реалізації програм екологічної освіти та комунікації.

Однією з ключових тем є впровадження концепції нульових відходів. Ця концепція спрямована на відповідальне виробництво, що виходить за межі простої переробки та компостування наприкінці життєвого циклу продукції. Для її реалізації на кампусі науковці й викладачі університетів можуть співпрацювати з місцевими підприємствами, які виготовляють пластикову продукцію, наприклад, щоб працювати над окремими видами непридатних до переробки матеріалів та шукати для них екологічно дружні альтернативи. Просування цього напрямку досліджень може слугувати науковим підґрунтям для вдосконалення різних типів неперероблюваних пластикових виробів, щоб у майбутньому зробити їх придатними до переробки. Це може стати екологічною ініціативою з боку університетів, спрямованою на усунення непридатних до переробки матеріалів та стимулювання вимог до кращого дизайну продукції з боку промисловості.

Оскільки IAU має великі зелені зони та кілька садів на території кампусу, а також враховуючи органічні відходи, що утворюються внаслідок харчування, настійно рекомендується створити компостну систему безпосередньо на території кампусу. Така система дозволить університету зменшити витрати на утилізацію харчових і зелених відходів, а також виробляти велику кількість високоякісного компосту. Застосування таких підходів сприятиме подальшому формуванню ефективної політики сталого розвитку університету. Запропоновані рекомендації базуються на цілях

сталого розвитку (ЦСР), встановлених Організацією Об'єднаних Націй, які передбачають скорочення втрат продовольства та запобігання безвідповідальному виробництву й споживанню ресурсів .

#### 1.4.1 Європейський досвід

##### *Міланський університет Бікокка (Італія)*

У 2016 році Університет Мілано-Бікокка впровадив проект "Fa la differenza!" ("Зроби різницю!"), спрямований на покращення системи роздільного збору відходів. Всі індивідуальні сміттєві баки були замінені на 500 "острівців" для сортування відходів, розташованих у спільних просторах. Це дозволило збільшити рівень роздільного збору відходів з 27% до 70%, зменшивши викиди парникових газів на 45% .

##### *Інститут Вищої Техніки (Португалія)*

Натхненний італійським досвідом, Інститут Вищої Техніки Лісабонського університету розпочав пілотний проект "Mecânica I Faz a Diferença" у 2019 році. Проект передбачав встановлення станцій для роздільного збору відходів та заходи з підвищення обізнаності спільноти щодо сталого розвитку .

#### 1.4.2 Досвід Північної Америки

##### *Університет Оттави (Канада)*

Університет Оттави бере участь у програмі RecycleMania, міжнародному змаганні серед університетів з метою підвищення рівня переробки відходів. У 2011 році університет посів перше місце серед канадських університетів та 14-те серед 180 університетів у категорії "мінімізація відходів".

##### *Університет Каліфорнії, Санта-Барбара (США)*

Bren Hall, відкритий у 2002 році, вважається одним із найбільш екологічно чистих лабораторних будівель у США. Будівля використовує енергоефективне освітлення, природне освітлення та перероблені матеріали в

інтер'єрі. Водні прилади мають високу ефективність, включаючи безводні пісуари та низькопоточкові крани .

#### 1.4.3 Азійський досвід

##### *Університет Гаджа Мада (Індонезія)*

Університет Гаджа Мада впровадив принципи "зеленого" інжинірингу для управління відходами, розробивши стандартні операційні процедури та обравши відновлювані технології переробки відходів. За методикою GreenMetric, університет отримав оцінку 10,50% з 18% у категорії управління відходами .

#### 1.4.4 Африканський досвід

##### *Ініціатива "Зелений кампус" (ПАР)*

Ініціатива "Green Campus Initiative" Університету Кейптауна спрямована на створення сталого та екологічно чистого кампусу. Проекти включають впровадження системи переробки відходів у резиденціях та проведення щорічного енергетичного змагання серед резиденцій.

## **2 СТАН УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ ВНТУ**

### **2.1 Загальна характеристика ВНТУ**

Вінницький національний технічний університет (ВНТУ) є одним із провідних технічних вищих навчальних закладів України. Університет був заснований у 1960 році та сьогодні має статус національного, що засвідчує його вагому роль у підготовці висококваліфікованих фахівців для різних галузей промисловості, економіки, енергетики, ІТ-сфери та екології [10].

Станом на сьогодні у ВНТУ навчається близько 6000 студентів, а в освітньому процесі задіяно понад 500 науково-педагогічних працівників, включаючи докторів наук, кандидатів наук, професорів, доцентів та молодих викладачів. Такий масштаб освітнього закладу передбачає значне функціональне навантаження на інфраструктуру та, відповідно, утворення значної кількості побутових, офісних, лабораторних та інших видів відходів .

Структурно університет включає 8 факультетів та інститутів, десятки кафедр, а також науково-дослідні інститути, лабораторії, навчальні центри та адміністративні підрозділи [11]. Матеріально-технічна база охоплює декілька навчальних корпусів, гуртожитки, їдальні, спортивні комплекси, бібліотеку, конференц-зали, лабораторні приміщення, а також сучасну комп'ютерну та сервісну інфраструктуру.

Університет має розгалужену інженерну систему – водопостачання, каналізацію, електропостачання, вентиляцію та опалення, – які потребують регулярного технічного обслуговування і супроводжуються утворенням технічних і будівельних відходів. Важливим джерелом відходів є освітній процес, під час якого використовуються витратні матеріали, папір, хімічні речовини (в лабораторіях), електронне обладнання тощо [15].

Життєдіяльність студентів у гуртожитках, а також щоденне функціонування їдалень, буфетів та автоматів з їжею генерує значні обсяги харчових, пластикових, скляних та упаковочних відходів. Крім того, до

структури відходів ВНТУ входять електронні відходи, зокрема старі комп'ютери, принтери, картриджі, освітлювальні прилади та інші елементи технічного забезпечення [11].

Варто також зазначити, що університет підтримує ряд екологічних ініціатив, серед яких тематичні екологічні тижні, наукові конференції з питань сталого розвитку, конкурси студентських проєктів на екологічну тематику. Це створює потенціал для підвищення екологічної свідомості як студентів, так і персоналу.

Таким чином, ВНТУ є не лише великим навчальним закладом, а й багатофункціональним комплексом із широкою сферою діяльності, яка супроводжується щоденним утворенням різноманітних відходів. Це обумовлює необхідність формування ефективної системи управління відходами, яка відповідатиме як екологічним вимогам, так і потребам сталого функціонування університетської інфраструктури [12].

## **2.2 Джерела утворення відходів у Вінницькому національному технічному університеті**

Діяльність закладу вищої освіти – це складний механізм, де щоденно взаємодіє велика кількість людей, обладнання, матеріалів і процесів. Усе це закономірно призводить до утворення різних видів відходів, кожен з яких має власну природу, склад, динаміку накопичення та потенційну небезпеку. У випадку Вінницького національного технічного університету (ВНТУ), якого характеризує багатoproфільність, технічна спеціалізація й активна наукова діяльність, джерела утворення відходів є не просто численними – вони структурно різноманітні та потребують комплексного підходу до аналізу [13].

У табл. 2.1 та рис. 2.1 наведені джерела утворення відходів у ВНТУ.

Таблиця 2.1 – Класифікація відходів за джерелами у ВНТУ

| <b>Джерело утворення</b> | <b>Типові відходи</b>                           | <b>Категорія</b> | <b>Клас небезпеки</b> |
|--------------------------|-------------------------------------------------|------------------|-----------------------|
| Лекційні аудиторії       | Папір, пластикові пляшки                        | Побутові         | IV                    |
| Лабораторії (хім/біо)    | Реагенти, хімікати, лабораторні залишки         | Хімічні/медичні  | II–III                |
| Гуртожитки               | Харчові залишки, ПЕТ-пляшки, упаковка           | Побутові         | IV                    |
| Їдальні, буфети          | Органіка, пластик, жир, залишки їжі             | Біорозкладні     | IV                    |
| Адміністративні офіси    | Макулатура, картриджі, лампи, батарейки         | Електронні       | III                   |
| Майстерні/ремонтні       | Металобрухт, деревина, фарби, будівельне сміття | Будівельні       | III–IV                |
| Комп'ютерні лабораторії  | Монітори, клавіатури, дроти, плати              | Електронні       | II–III                |

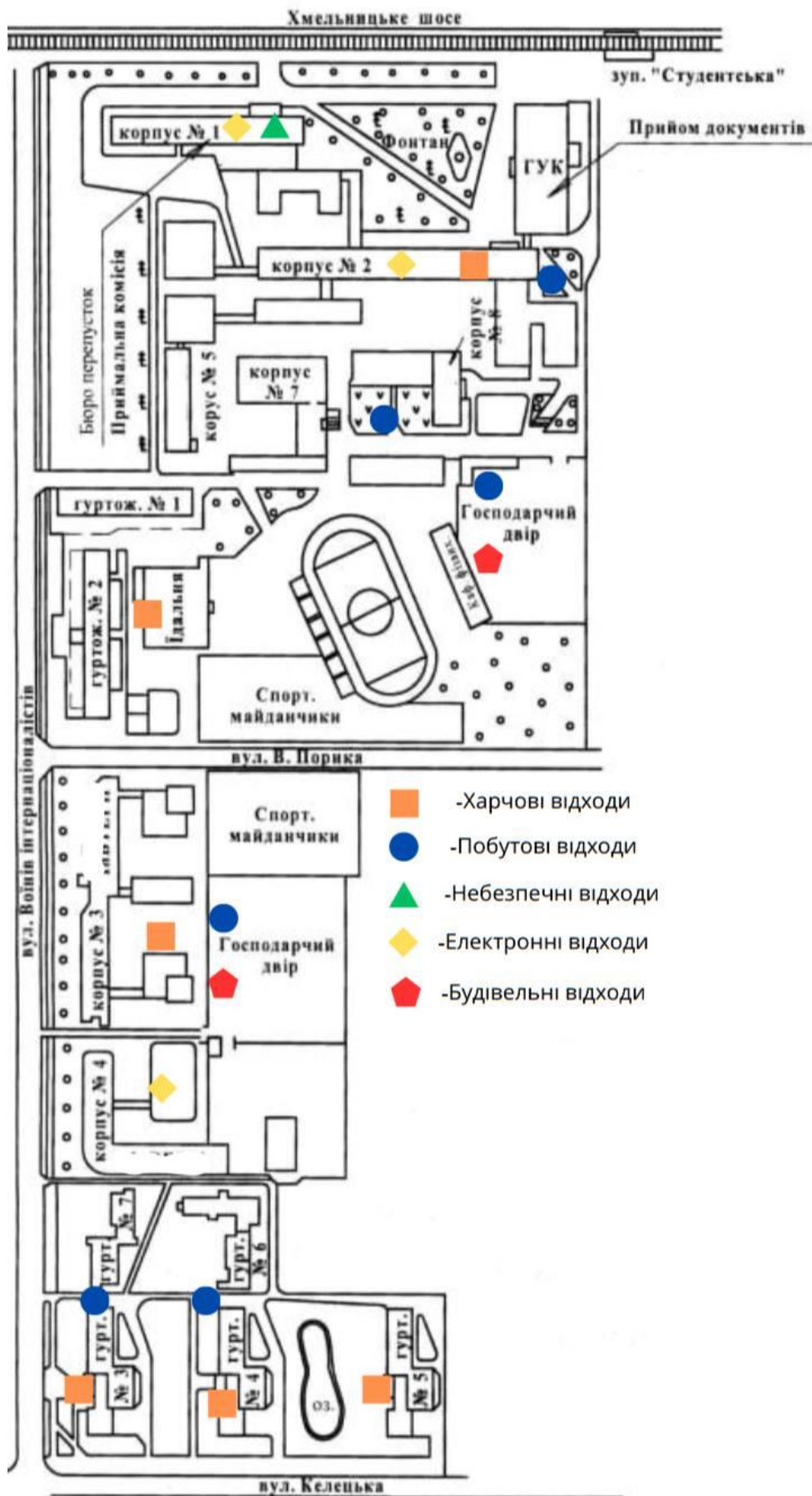


Рисунок 2.1 – Карта джерел утворення відходів на території ВНТУ

### 2.2.1 Побутові та змішані відходи

Побутові відходи – наймасовіший тип у системі життєдіяльності ВНТУ. Вони виникають у результаті щоденного перебування великої кількості людей у навчальних корпусах, гуртожитках, адміністративних приміщеннях. Основні компоненти:

- упаковки з-під їжі та напоїв;
- одноразовий посуд;
- серветки, паперові рушники;
- залишки продуктів харчування;
- поліетиленові пакети;
- дрібне сміття з урн та підвіконь.

Особливість цих відходів полягає в їхній повсюдності – вони утворюються буквально на кожному етапі щоденної активності. Через відсутність розвиненої системи сортування більшість побутових відходів збирається у спільні сміттєві контейнери, незалежно від складу. Це унеможливорює подальшу переробку пластика, паперу або органіки, хоча потенціал для цього є значним [14].

Важливо зазначити, що студенти в гуртожитках формують цілісну культуру поводження з відходами, яка нерідко базується на зручності, а не екологічній свідомості. Наприклад, використання одноразового посуду для економії часу є поширеним явищем, що збільшує кількість пластика в ПВ.

Проблемою є і сезонне коливання обсягу сміття: на початку навчального року, під час сесії чи масових заходів (ярмарки, фестивалі, хакатони) навантаження на систему вивозу значно зростає. При цьому штат обслуговування й кількість контейнерів залишаються стабільними, що викликає переповнення баків, порушення санітарних норм і погіршення візуального вигляду території.

### 2.2.2 Відходи навчального процесу

Навчальний процес у технічному університеті не обмежується аудиторними лекціями. У ньому активно застосовуються лабораторні заняття, практичні моделювання, курсове і дипломне проектування. Ці види діяльності генерують окрему категорію – освітні відходи. Сюди входять:

- використаний папір, чернетки, зошити, контрольні роботи;
- списане або застаріле методичне забезпечення;
- картриджі, маркери, непридатні ручки, файли;
- частково зіпсоване лабораторне обладнання або моделі.

Важливо підкреслити, що деякі спеціальності (механіка, енергетика, хімічна технологія, біоінженерія) використовують у навчальному процесі фізичні матеріали – дроти, метали, розчини, електронні елементи. Після занять ці ресурси не завжди підлягають повторному використанню й перетворюються на технічне сміття, іноді – навіть з ознаками небезпечності.

Ще одна проблема – неструктурованість збору таких відходів. Наприклад, після закінчення семестру часто залишаються залишки моделей, проєктів, макетів, які не мають подальшого використання, але не передбачено їх централізованого збирання або утилізації. Вони накопичуються у закритих приміщеннях, підвалах, іноді – просто утилізуються як побутове сміття.

### 2.2.3 Відходи науково-дослідної діяльності

Наукова діяльність у ВНТУ ведеться на більш ніж десятках кафедр та інститутів, зокрема у сфері ІТ, енергетики, екології, нанотехнологій, матеріалознавства. Результатом роботи в лабораторіях є не лише публікації, а й великий обсяг специфічних відходів, зокрема:

- відпрацьовані хімічні реагенти;
- залишки біологічних досліджень;
- матеріали для 3D-друку та прототипування;

- макети та модулі, що не пройшли тестування;
- деталі для схем, мікроплати, сенсори.

Ці відходи можуть мати підвищену токсичність або містити складні техногенні матеріали, такі як полімери, важкі метали, ізоляційні елементи. Наприклад, після пайки або хімічного синтезу залишаються дрібні фрагменти з олова, свинцю, ацетону або інших речовин, які не повинні потрапляти до каналізації або загального сміття.

На жаль, в українських університетах, включно з ВНТУ, відсутня уніфікована система поводження з науковими відходами, особливо в рамках міжкафедральних лабораторій. Більше того, більшість наукових відходів не обліковується офіційно – вони утилізуються в ручному режимі, на розсуд відповідального викладача або лаборанта. Це створює ризики для довкілля, а також порушує стандарти екологічної безпеки, визначені Законом України «Про відходи».

#### 2.2.4 Електронні, офісні та технічні відходи

Зі зростанням цифровізації університет усе більше покладається на електроніку: комп'ютери, мережеве обладнання, мультимедійні системи, сервери. З плином часу виникає потреба в оновленні парку техніки. Унаслідок цього з'являються:

- непридатні до використання ПК, принтери, сканери;
- старі клавіатури, миші, монітори;
- пошкоджені зарядні пристрої;
- зношені кабелі, розгалужувачі, адаптери;
- офісні меблі, які вийшли з експлуатації.

Більшість із цього підпадає під категорію WEEE – відходи електричного та електронного обладнання, які класифікуються як небезпечні, оскільки містять важкі метали (ртуть, кадмій, свинець), сплави, полімери. Відповідно до вимог законодавства, такі відходи мають вивозитися спеціалізованими

організаціями, але на практиці відбувається або довгострокове зберігання в підвалах, або неформальне вивезення на сміттєзвалища.

До цієї ж групи можна віднести офісні витратні матеріали – папір, конверти, зіпсовані файли, архівні документи, картриджі для принтерів. І хоча папір може бути зданий на переробку, в реальності він часто змішується з іншим сміттям і втрачає цінність як вторинна сировина.

#### 2.2.5 Відходи харчування, прибирання та технічного обслуговування

Заклади харчування (їдальні, буфети), гуртожитки, технічні служби університету – ще одне важливе джерело відходів. У цьому сегменті утворюються:

- залишки їжі (органіка);
- жир і відходи кулінарної обробки;
- поліетилен, алюмінієві контейнери;
- одноразовий посуд;
- засоби санітарії (від миючих засобів до паперових рушників);
- використані ганчірки, губки, інвентар для прибирання.

Такі відходи мають високий рівень біологічного навантаження, особливо у спекотний сезон. Якщо їх не вивозити своєчасно, вони швидко розкладаються, створюють неприємні запахи, приваблюють гризунів і комах. Особливо це стосується кухонних блоків і контейнерів біля гуртожитків.

Окрему групу складають відходи при ремонтах – будівельне сміття, старі вікна, плити, меблі. У періоди реконструкції їх накопичується багато, але жодної системи обліку або роздільного збору цих матеріалів не запроваджено.

## **2.3 Існуюча система поводження з відходами у Вінницькому національному технічному університеті**

Сучасна система управління відходами у Вінницькому національному технічному університеті є важливим елементом загальної стратегії екологічної безпеки та сталого розвитку закладу. Університет активно впроваджує заходи зі зменшення кількості відходів, їх роздільного збирання, повторного використання та належної утилізації. Комплексне поводження з відходами включає не лише щоденне обслуговування території, а й системну роботу зі збору вторинної сировини, небезпечних компонентів (зокрема ламп, батарейок), а також активне залучення студентів і персоналу до екологічної ініціативи. Вся система базується на довірчих відносинах із ліцензованими підприємствами, що здійснюють вивезення та переробку відходів згідно з чинним законодавством України.

### **2.3.1 Система збору побутових та змішаних відходів**

У Вінницькому національному технічному університеті функціонує стабільна та організована система збору побутових і змішаних відходів. Ця система охоплює всю територію навчального закладу, включно з навчальними корпусами, гуртожитками, адміністративними будівлями та іншими об'єктами.

На території ВНТУ встановлено 48 спеціалізованих сміттєвих баків (рис. 2.2) об'ємом 1 м<sup>3</sup> кожен. Контейнери розміщені з урахуванням логістики пересування працівників і студентів, що забезпечує зручний доступ та ефективне використання. Більшість баків призначені для змішаних побутових відходів, проте частина з них – для попередньо відсортованої сировини (папір, пластик, скло, метал) (рис.2.3)

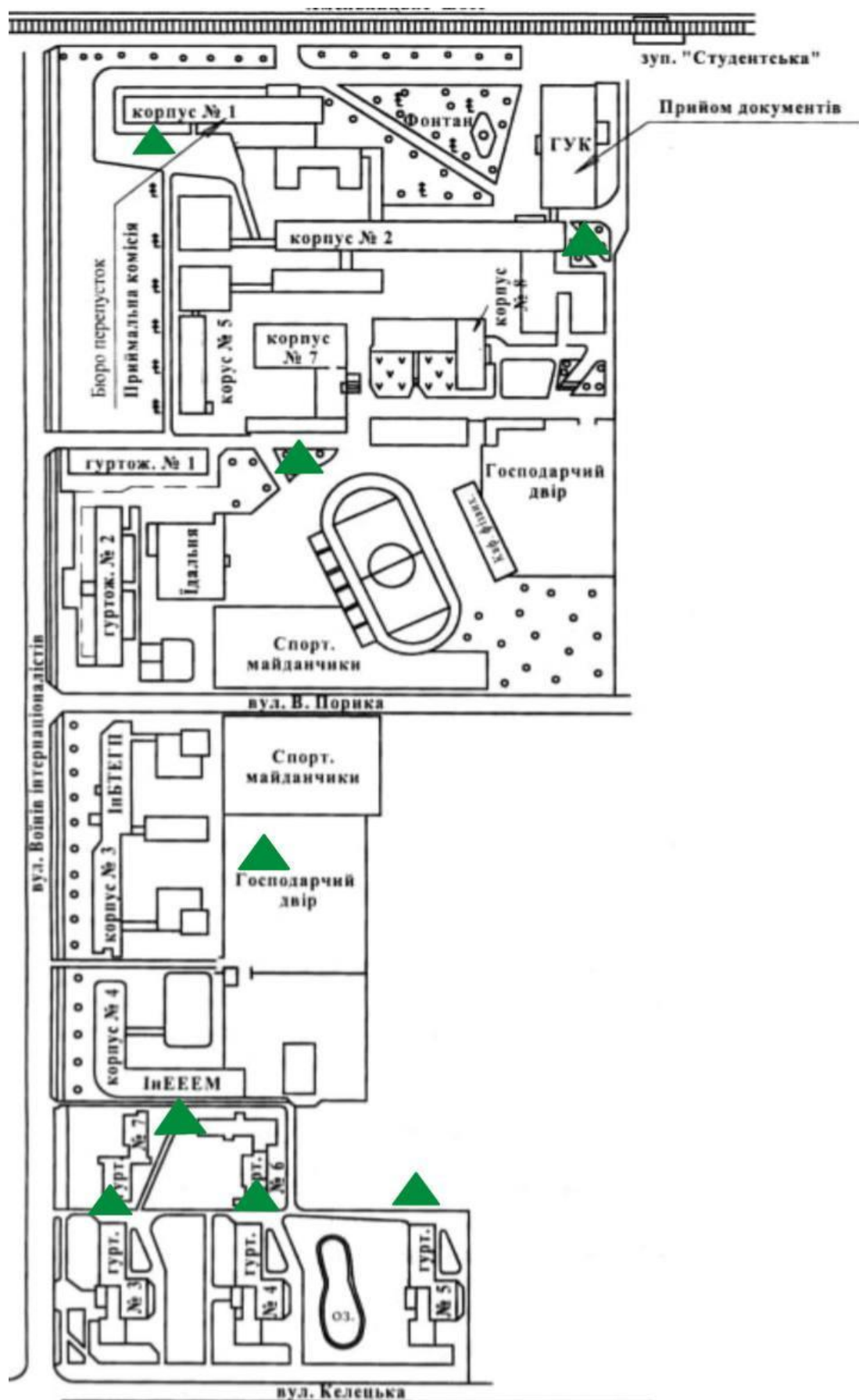


Рисунок 2.2 – Карта розташування сміттєвих баків на території університету



Рисунок 2.3 – Баки на території університету для попередньо відсортованої сировини

Вивезення відходів здійснюється щоденно спеціалізованим автотранспортом – КАМАЗ 52213, об’ємом кузова 35 кубічних метрів. Така частота обслуговування дозволяє уникати перевантаження баків, запобігати поширенню неприємних запахів та підтримувати належний санітарний стан території. Загалом, за рік з території університету вивозиться понад 12 тисяч кубометрів побутових відходів. Це відповідає навантаженню, яке є характерним для великих міських об’єктів, що функціонують безперервно. Такий обсяг вимагає чіткої логістики, стабільного обслуговування та екологічної відповідальності на всіх рівнях – від адміністрації до користувачів.

Особливої уваги заслуговує робота з опалим листям, якого на території університету щорічно утворюється близько 6,5 тисяч кубометрів. У зв’язку зі значною кількістю зелених насаджень та площею території університету, обсяги листя є суттєвими. Його збір здійснюється сезонно, з подальшим централізованим вивезенням. Це запобігає утворенню органічних накопичень,

які можуть негативно впливати на ґрунт, водостоки та загальну екологію території.

Загалом, система збору побутових та змішаних відходів у ВНТУ демонструє відповідальний підхід до екологічного менеджменту, а щоденне вивезення сміття та велика кількість контейнерів забезпечують ефективне управління навіть при значному обсязі відходів, характерному для великого освітнього закладу.

### *Морфологічний склад побутових відходів*

Для отримання реального уявлення про склад побутових відходів, які щодня утворюються в університеті, було проведено аналіз їх морфологічного складу. Для дослідження були відібрані відходи із контейнерів поблизу гуртожитків ВНТУ. Результати дозволяють сформулювати уявлення про домінуючі типи матеріалів, що потрапляють до контейнерів.

Таблиця 2.2 – Морфологічний склад побутових відходів ВНТУ

| Вид відходів        | Маса, кг |
|---------------------|----------|
| Харчові             | 56.5     |
| Папір               | 2.8      |
| Пакувальний картон  | 1.1      |
| Деревина            | 0.7      |
| Скло                | 4.7      |
| Метал               | 1.8      |
| ПЕТ-пляшки          | 1.5      |
| Пластикова упаковка | 11.9     |
| Інший пластик       | 0.9      |
| Текстиль            | 3.2      |
| Небезпечні відходи  | 0.7      |
| Електроніка         | 0.5      |
| Інше                | 6.7      |
| Всього              | 93.3     |

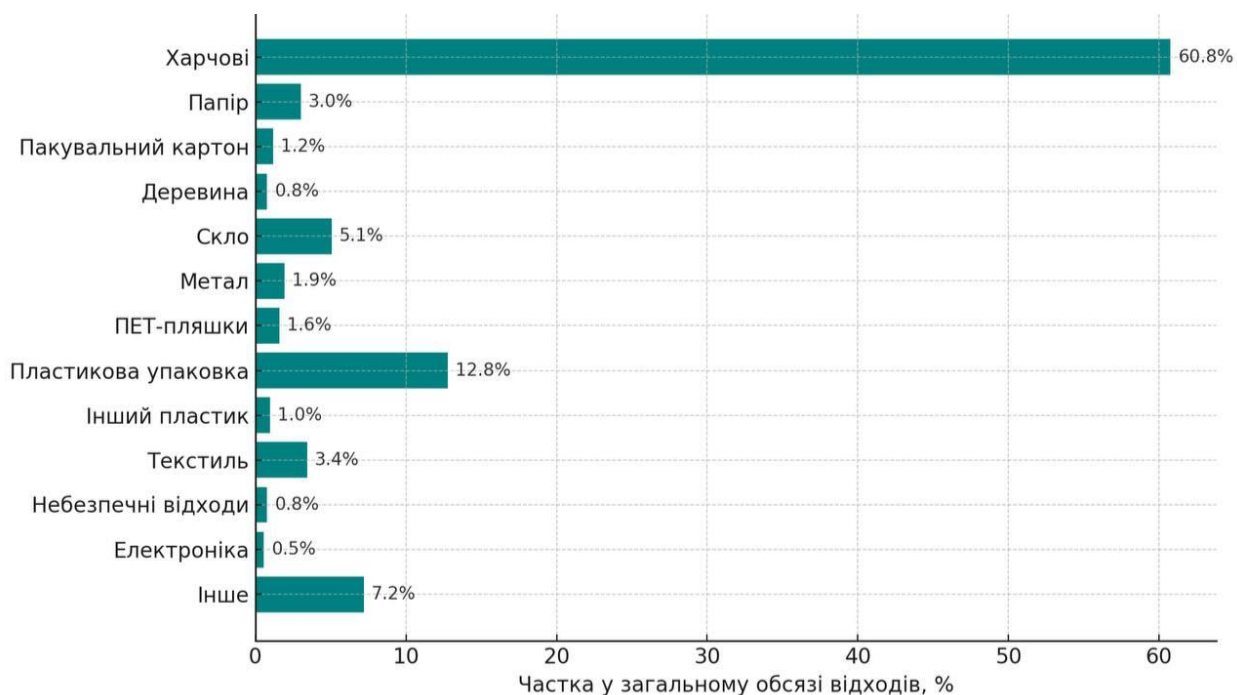


Рисунок 2.4 – Морфологічний склад побутових відходів ВНТУ

Загальна маса аналізованої вибірки становила 93,3 кг. Вона була сформована з трьох окремих контейнерів/пакувальних одиниць, що дозволило отримати усереднені показники на 1 м<sup>3</sup> змішаних відходів.

Отримані результати свідчать, що найбільшу частку становлять харчові відходи, полімерні упаковки, скло та папір. Присутність небезпечних фракцій (електроніка, лакофарбові залишки, енергоощадні лампи) вказує на низький рівень попереднього сортування, а отже, на необхідність удосконалення інфраструктури сортувальних точок та посилення контролю з боку персоналу.

Зібрані дані мають надзвичайно важливе значення для подальшого удосконалення системи управління відходами у ВНТУ. Вони дозволяють розробити морфологічну модель сміттового потоку, що може стати підґрунтям для визначення потреб у додаткових контейнерах, перегляду маршрутів вивезення, а також для запровадження навчальних і просвітницьких заходів серед студентів.

### 2.3.2 Система обліку та утилізації вторинної сировини

Організація системи обліку, збору та утилізації вторинної сировини у Вінницькому національному технічному університеті є важливим інструментом екологічного управління та проявом відповідального ставлення до природних ресурсів. ВНТУ реалізує системний підхід до поводження з усіма видами вторинних матеріалів, які утворюються внаслідок навчальної, адміністративної, господарської та побутової діяльності. Облік сировини ведеться централізовано, через звітність підрозділів, а подальше вивезення і переробка – через партнерські договори з профільними компаніями. Окрему роль у цій системі відіграє просвітницька функція – залучення студентів і працівників до практики сортування, збереження ресурсів та сталого поводження з відходами.

#### *Макулатура*

Загальна характеристика.

Макулатура – це паперові відходи, які втратили первинне функціональне призначення, проте можуть бути використані як вторинна сировина. Переробка макулатури дозволяє суттєво знизити антропогенне навантаження на довкілля – зокрема, зменшити обсяги вирубки лісів, знизити енерго- та водоспоживання, а також зменшити кількість викидів CO<sub>2</sub>. Таким чином, макулатура має не лише матеріальну, а й серйозну екологічну цінність.

Основні джерела утворення в університеті.

У межах ВНТУ макулатура утворюється в результаті повсякденної діяльності таких підрозділів:

- списані та застарілі книжки, журнали, періодичні видання з бібліотечних фондів;
- архівні документи бухгалтерії, адміністрації, діловодства;
- офісні роздруковки, чернетки, бланки, робочі матеріали;
- картонна упаковка зі складів, бібліотек, лабораторій і гуртожитків.

Стан справ у ВНТУ.

Макулатура є одним із наймасовіших видів вторинної сировини в університеті. Найбільші обсяги її надходять з бібліотеки, яка регулярно оновлює книжковий фонд. Наприклад, у 2022 році з бібліотеки було здано понад 9,4 тонни паперових відходів. Загалом за період 2021–2024 років було передано на переробку понад 29 тонн макулатури, зокрема:

- 2021 – 6604 кг
- 2022 – 9470 кг
- 2023 – 8550 кг
- 2024 – 5110 кг

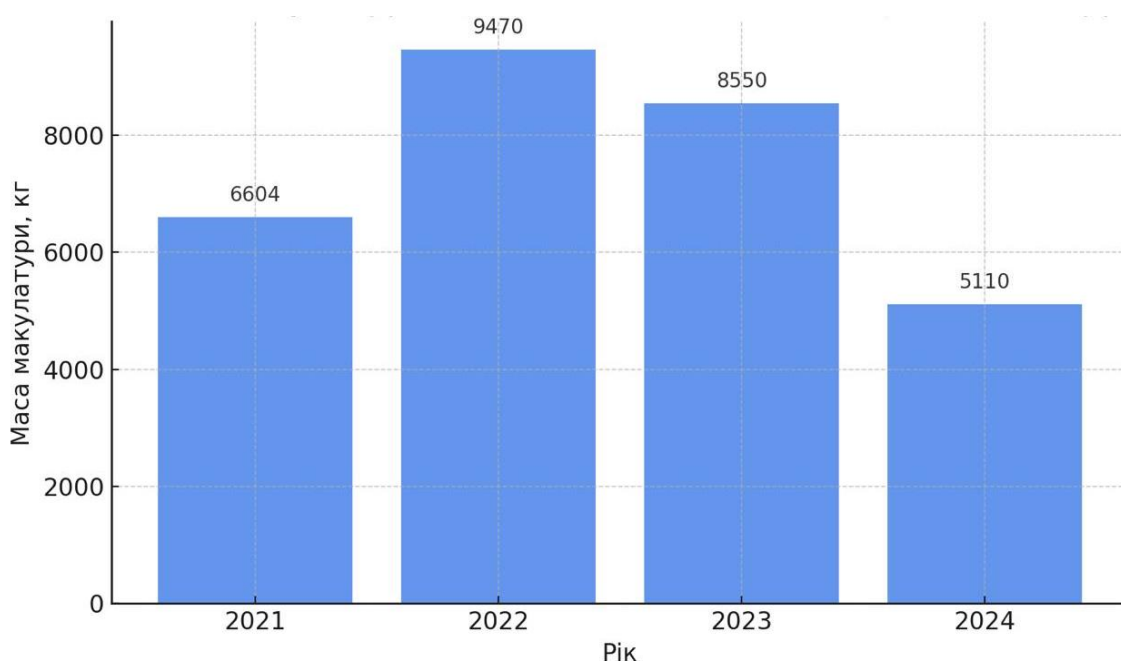


Рисунок 2.5 – Обсяги паперу, зданого бібліотекою ВНТУ

Організація збору та обліку.

В університеті функціонує внутрішня система збору паперових відходів. У ключових локаціях – бібліотеці, бухгалтерії, архівах, на складах – передбачені спеціальні контейнери або зони накопичення. Зібрані об'єми макулатури обліковуються шляхом внутрішніх звітів, які подаються у відповідні служби. Після цього відбувається централізоване вивезення

сировини відповідно до договорів з організаціями, які займаються переробкою паперу.

Етапи утилізації.

Передача макулатури на переробку передбачає такі ключові стадії:

1. Сортування – вилучення сторонніх матеріалів, попереднє розділення за типом паперу (офісний, газетний, картон тощо).
2. Подрібнення і пресування – для зменшення об'єму при транспортуванні.
3. Доставка на переробні комбінати, де сировина очищується, промивається та перетворюється на вторинну целюлозну масу.
4. Виготовлення нової продукції – пакувальні матеріали, гофрокартон, санітарно-гігієнічні товари, чорновики тощо.

Екологічна ефективність.

Використання макулатури як вторинної сировини дозволяє:

- знизити використання води до 70%,
- зменшити споживання електроенергії на 50%,

у порівнянні з виробництвом із первинної деревної сировини. Ці показники демонструють беззаперечну екологічну доцільність переробки паперу.

Роль ВНТУ як прикладу.

Системна практика збору та утилізації макулатури у ВНТУ є не лише засобом ефективного ресурсозбереження, а й прикладом екологічної відповідальності. Вона формує екологічну культуру серед студентства, викладачів і працівників, підвищує рівень усвідомленого споживання та реалізує положення міжнародних стандартів – зокрема, Цілей сталого розвитку ООН, зокрема Ціль 12 – «Відповідальне споживання та виробництво».

*Металобрухт*

Загальна характеристика.

Металобрухт – це відходи чорних та кольорових металів, які виникають у результаті зносу, демонтажу або заміни технічних елементів, конструкцій, приладів тощо. Його прийнято класифікувати за двома основними категоріями:

- брухт чорних металів – передусім залізо, сталь;
- брухт кольорових металів – мідь, алюміній, латунь, бронза та інші сплави.

Особливістю металобрухту є його висока ресурсна цінність: він піддається майже повній повторній переробці без втрати фізико-хімічних властивостей, що робить його ключовим компонентом у системах замкненого матеріального циклу.

Екологічний аспект.

Переробка металобрухту має надзвичайно важливе екологічне значення. Наприклад, повторне плавлення сталі дозволяє:

- скоротити енергозатрати до 70%;
- зменшити викиди парникових газів;
- зберегти поклади природних ресурсів, зокрема залізної руди, вугілля, бокситів.

Крім того, відмова від належної утилізації металевих відходів загрожує значним забрудненням довкілля. Метали, залишені на звалищах, з часом кородують і можуть виділяти небезпечні речовини (свинець, нікель, хром), які через ґрунтові води потрапляють у навколишнє середовище, отруюючи ґрунти та підземні водоносні горизонти.

Утворення металобрухту у ВНТУ.

У структурі Вінницького національного технічного університету металобрухт утворюється з різних джерел:

- списання морально і фізично застарілого лабораторного, навчального або виробничого обладнання;
- демонтаж старих металевих конструкцій, меблів, трубопроводів, решіток тощо;

- ремонт інженерних комунікацій (водопостачання, опалення, вентиляції);
- технічне обслуговування транспорту, агрегатів і вузлів на кафедрах, пов'язаних із машинобудуванням та електромеханікою.

Найбільші обсяги металобрухту були зафіксовані у 2022 році, зокрема:

- 6830 кг – зі столової;
- 5080 кг – з кафедри автомобілів та транспортного менеджменту.

Усього протягом 2021–2024 років університетом було зібрано та здано понад 30 тонн металобрухту.

Збір і передача на переробку.

Всі процеси, пов'язані з поводженням із металевими відходами, у ВНТУ координуються господарським відділом. Після демонтажу чи списання металеві елементи тимчасово акумулюються у визначених пунктах збору. Далі здійснюється:

1. зважування;
2. оформлення актів списання;
3. передача металу підприємствам відповідно до договорів з ліцензованими організаціями, які мають право здійснювати операції з металобрухтом.

Процес утилізації.

Зібраний металобрухт транспортується на спеціалізовані комбінати, де він проходить такі етапи:

1. Очищення – від фарби, мастил, домішок.
2. Сортування – на чорні й кольорові метали.
3. Різання або дроблення – для спрощення плавлення.
4. Плавлення – у доменних або електричних печах.
5. Формування продукції – у вигляді зливків або форм, які використовуються у машинобудуванні, будівництві, електротехнічному виробництві тощо.

Значення для університету та довкілля.

Налагоджена система поводження з металобрухтом у ВНТУ є прикладом ефективного екологічного менеджменту. Вона дозволяє:

- оптимізувати витрати на оновлення матеріально-технічної бази;
- отримувати прибуток від реалізації вторинної сировини;
- знижувати рівень забруднення довкілля;
- підвищувати екологічну відповідальність персоналу та студентів.

Таким чином, поводження з металевими відходами в університеті не лише вирішує проблему їх утилізації, а й слугує платформою для просування принципів сталого розвитку.

#### *Відпрацьовані джерела світла (лампи)*

У Вінницькому національному технічному університеті постійно утворюється значна кількість відпрацьованих джерел освітлення – це насамперед люмінесцентні, енергозберігаючі, компактні лампи типу КЛБ 9, а також сучасні світлодіодні (LED) лампи. Вони встановлюються у навчальних корпусах, гуртожитках, лабораторіях, адміністративних приміщеннях, спортивному комплексі, бібліотеці та на території кампусу. Джерелом їх утворення є планова заміна внаслідок завершення експлуатаційного ресурсу.

#### *Загальна характеристика та будова*

Лампи різних типів мають схожу функціональну будову: корпус (скляний або пластиковий), електроди або напівпровідники, люмінофорне покриття, елементи пайки та іноді – вмонтовані електронні компоненти.

- Люмінесцентні та енергозберігаючі лампи є газорозрядними й містять ртуть, що випромінює ультрафіолет при електричному розряді; цей УФ світло перетворюється в видиме завдяки люмінофору.

- LED-лампи працюють за принципом електролюмінесценції, в основі якої – напівпровідникові кристали, що випромінюють світло при проходженні струму. Вони також містять електронні плати, пластикові чи алюмінієві теплообмінники, дифузори й елементи пайки зі свинцем, сріблом, оловом тощо.

#### *Екологічна небезпека*

Основну загрозу для довкілля становить вміст токсичних речовин:

- У люмінесцентних і енергозберігаючих лампах – ртуть (3–50 мг), яка є небезпечним важким металом. Її випаровування може викликати ураження нервової, дихальної, ендокринної та інших систем організму.

- Світлодіодні лампи містять важкі метали (свинець, кадмій, нікель, арсен), які при неправильному поводженні потрапляють у ґрунт і воду, накопичуються в біосистемах та є джерелом електронних відходів (e-waste).

Неправильне захоронення або спалювання ламп призводить до хімічного забруднення навколишнього середовища, біоаккумуляції токсинів та порушення екосистем.

Система збору та поводження у ВНТУ

Університет має чітко налагоджену систему обліку, збору, зберігання та передачі використаних ламп.

- Після виходу з ладу лампи знімаються персоналом, реєструються, накопичуються в захищеній тарі (контейнери, коробки) й зберігаються у відповідних приміщеннях.

- Коли утворюється партія, її передають ліцензованим підприємствам, що спеціалізуються на переробці світлотехнічних та електронних відходів.

Процес утилізації

На підприємствах утилізація проходить у кілька стадій:

- лампи подрібнюють у герметичних установках,
- ртуть або важкі метали вилучаються через конденсацію або сепарацію,
- скло, пластик і метал направляються на вторинну переробку,
- залишки люмінофора проходять термічну або хімічну дезактивацію.

Для LED-ламп: електроніку сортують, корпусні частини (алюміній, пластик) направляють на вторинну сировину, токсичні елементи – на спеціалізовану нейтралізацію.

Кількісні показники

У 2021–2023 роках ВНТУ передав на утилізацію:

- 560 люмінесцентних ламп (2021),

- 1500 – у 2022,
- 1846 – у 2023.

Крім того, у 2023 році здано 105 LED-ламп, а в 2024 – придбано 2156 нових, що свідчить про масштабне оновлення освітлення. У 2021 році також здано 440 енергозберігаючих ламп і 49 ламп типу КЛБ 9.

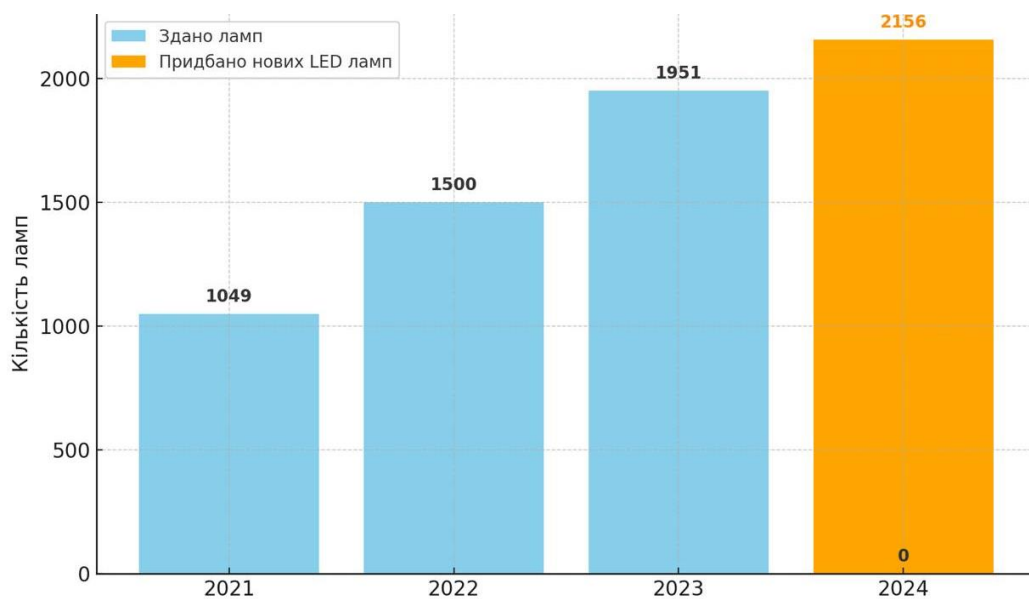


Рисунок 2.6 – Кількість ламп, зданих на утилізацію та придбаних у ВНТУ

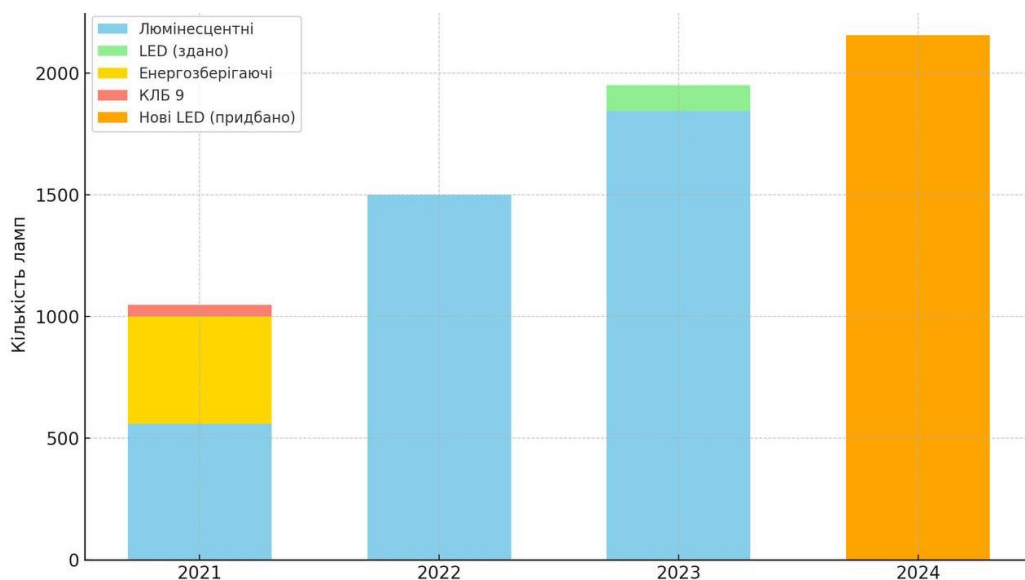


Рисунок 2.7 – Типи ламп, зданих на утилізацію та придбаних у ВНТУ

### Екологічне та практичне значення

Належне поводження з лампами є важливою складовою екологічної політики ВНТУ.

- Це дозволяє запобігти забрудненню довкілля ртуттю та важкими металами,
- зменшити кількість відходів, що потрапляють на полігони,
- забезпечити повторне використання матеріалів (метал, скло, пластик),
- сприяє вихованню екологічної свідомості серед студентів і працівників.

Університет демонструє системний підхід до управління небезпечними освітлювальними відходами, що відповідає принципам “зеленої освіти” та сталого розвитку, а також знижує екологічні ризики для регіону.

### *Відпрацьовані шини*

Відпрацьовані шини – це специфічний вид твердих відходів, що утворюються в результаті зносу протектора або пошкодження гумових покриттів транспортних засобів. Вони складаються з вулканізованої гуми, армованої сталевим кордом і поліефірними волокнами, з додаванням таких компонентів, як сажа, сірка, цинк, присадки та інші хімічні речовини. Через складну багатокомпонентну структуру шини відносяться до складноперероблюваних відходів.

### Екологічна небезпека

Внаслідок надзвичайно довгого строку розкладу (до 100 років) шини становлять серйозну загрозу для довкілля. При захороненні вони перешкоджають ущільненню полігонів, сприяють застою води в порожнинах, що створює умови для розмноження комах і гризунів. Ще більш небезпечним є їхнє спалювання у відкритому повітрі, в результаті чого вивільняються високотоксичні речовини – діоксини, фурани, поліароматичні вуглеводні, важкі метали. Це забруднює повітря і негативно впливає на здоров'я людини та стан атмосфери.

### Утворення шин у ВНТУ

У Вінницькому національному технічному університеті шини утворюються внаслідок експлуатації автопарку – зокрема, автомобілів навчального призначення, технічного транспорту, а також спецзасобів, які перебувають на балансі кафедри автомобілів. Крім того, використані шини надходять із лабораторій транспортного факультету, де вони застосовуються як навчальні матеріали.

#### Кількісні показники

У період з 2021 по 2024 рік університет здав на утилізацію понад 900 кг шин, зокрема:

- у 2021 році – 500 кг,
- у 2022 році – 231,2 кг,
- у 2024 році – 199,3 кг.

Також у 2024 році на складі було зафіксовано 482 одиниці шин, які ще не передано на переробку. Це свідчить про необхідність систематизації процесу передачі таких відходів для подальшої утилізації.

#### Система збору та передача шин

Після списання відпрацьовані шини передаються через господарський відділ ВНТУ. Тимчасове зберігання здійснюється у спеціально призначених приміщеннях складу, де вони накопичуються до формування необхідного обсягу для передачі підприємствам, які мають ліцензію на їхню утилізацію.

#### Методи утилізації

В Україні застосовують три основні способи переробки шин:

1. Механічна переробка – подрібнення з отриманням гумової крихти, яку використовують для виготовлення покриттів дитячих майданчиків, дорожнього покриття, шумоізоляційних матеріалів.

2. Піроліз – термічний розклад шин у безкисневому середовищі з утворенням піролізного газу, рідкого пального та технічного вуглецю.

3. Енергетична утилізація – спалювання шин у спеціалізованих печах цементних заводів з отриманням енергії.

#### Екологічне значення утилізації для ВНТУ

Організована система поводження з шинами дозволяє університету мінімізувати ризики займання та викиду токсичних сполук, а також запобігає утворенню осередків антисанітарії на території. Крім того, переробка шин сприяє зменшенню кількості відходів на полігонах та є внеском ВНТУ у розвиток циркулярної економіки, що передбачає повторне використання ресурсів та зменшення екологічного сліду.

### *Відпрацьовані мастила*

Відпрацьовані мастила (оливи) – це мінеральні, синтетичні або напівсинтетичні речовини, які втратили свої мастильні властивості внаслідок тривалої експлуатації в різних технічних системах, зокрема двигунах, гідросистемах, трансмісіях тощо. Після використання вони містять домішки продуктів згоряння, важкі метали, сірчані сполуки, смоли, поліциклічні ароматичні вуглеводні, продукти окиснення та інші токсичні компоненти. Через це мастила класифікуються як небезпечні відходи.

### *Екологічна загроза*

Навіть незначна кількість мастила, потрапивши у навколишнє середовище, може спричинити масштабне забруднення. Один літр відпрацьованої оливи здатен забруднити до мільйона літрів води. Утворена масляна плівка на поверхні водойм блокує доступ кисню, що згубно впливає на водні екосистеми. Крім того, при потраплянні до ґрунту мастила проникають у глибокі шари й можуть забруднювати підземні води десятиліттями.

### *Джерела утворення у ВНТУ*

У ВНТУ відпрацьовані мастила виникають внаслідок проведення технічного обслуговування транспортних засобів та обладнання. Основними джерелами їх утворення є кафедра автомобілів, транспортний відділ і навчальні майстерні, де мастила застосовуються для змащування вузлів і механізмів, а також у рамках навчального процесу під час демонстрацій та лабораторних занять.

У 2021–2022 роках університет передав на утилізацію 88 кг і 18 літрів відпрацьованих мастил відповідно. Це свідчить про налагоджену систему обліку й поводження з цим видом небезпечних речовин.

#### Система збору та передача мастил

Після зливу використані оливи збираються у спеціальні герметичні контейнери, виготовлені з металу або полімеру, стійкого до нафтопродуктів. Зберігання відбувається у спеціально визначених приміщеннях до моменту накопичення потрібного об'єму для передачі ліцензованим підприємствам.

#### Методи утилізації

Основні технології переробки відпрацьованих мастил включають:

1. Фізико-хімічне очищення – видалення домішок, води, смол та інших забруднень.
2. Регенерація – відновлення мастильних властивостей з подальшим повторним використанням.
3. Енергетичне використання – безпечне спалювання з утилізацією теплової енергії.
4. Піроліз – термічний розклад із виділенням горючих компонентів.

#### Екологічне значення для ВНТУ

Університет, дотримуючись вимог екологічної безпеки щодо мастил, знижує ризик забруднення навколишнього середовища, сприяє впровадженню принципів сталого розвитку й підвищує екологічну відповідальність серед студентів та працівників. Організоване поводження з відпрацьованими мастилами є складовою екологічної політики ВНТУ та свідченням його активної позиції у сфері охорони довкілля.

#### *Відходи і брухт вузлів*

Відходи і брухт вузлів – це залишки технічних елементів, що втратили функціональність або були демонтовані під час ремонту, оновлення обладнання чи навчального процесу. До цієї категорії належать металеві компоненти верстатів і пристроїв, елементи електропроводки, електронні

плати, з'єднання, фрагменти механізмів із лабораторних установок. Такі відходи є типовими для технічних і інженерних закладів освіти.

#### Екологічна характеристика

Цей вид відходів часто містить потенційно небезпечні компоненти: важкі метали, рештки технічних мастил, пластик з ПВХ чи силікону. Їх захоронення без попереднього сортування може спричинити забруднення ґрунтів та вод хлорованими сполуками, органічними токсинами й металами. Особливу загрозу становлять електронні елементи, які належать до категорії e-waste.

#### Утворення у ВНТУ

У Вінницькому національному технічному університеті ці відходи утворюються внаслідок:

- списання та ремонту лабораторного обладнання;
- оновлення навчальних стендів;
- практичних занять на технічних кафедрах;
- демонтажу під час ремонтів будівель і приміщень.

За 2021–2024 роки університет зібрав і передав на переробку таку кількість відходів вузлів:

- 2021 – 1151 кг
- 2022 – 357,82 кг
- 2023 – 501,44 кг
- 2024 – 1166,05 кг

Це свідчить про систематичну роботу з управління техногенними відходами.

#### Організація збору та обліку

Відбір і накопичення відходів вузлів здійснюється на рівні лабораторій і кафедр. Після списання елементи передаються до центрального складу, де проводиться зважування, облік і підготовка до передачі. Вся передача оформлюється актами й супровідною документацією, відповідно до внутрішніх процедур ВНТУ.

#### Утилізація та переробка

Після сортування відходи вузлів поділяють на:

- металеві компоненти – передаються як металобрухт;
- електроніка – вивозиться як електронні відходи (e-waste);
- пластик – переробляється або спалюється на спеціалізованих підприємствах з очищенням викидів.

Значення для університету та довкілля

Організоване поводження з вузлами знижує рівень змішаних побутово-технічних відходів, сприяє повторному використанню ресурсів і зменшує екологічне навантаження на навколишнє середовище. Практика вторинного використання матеріалів у ВНТУ відповідає сучасним принципам сталого розвитку й підвищує екологічну свідомість студентів.

#### *Відпрацьовані акумулятори*

Відпрацьовані акумулятори – це особливо небезпечний тип відходів, що утворюється у результаті втрати працездатності електрохімічних джерел живлення. Найпоширенішими є свинцево-кислотні акумулятори та портативні батареї (літій-іонні, нікель-кадмієві тощо). Вони складаються зі свинцевих або металевих електродів, кислотного або лужного електроліту та пластикового корпусу.

Екологічна небезпека

Акумулятори містять високотоксичні речовини: свинець, кадмій, нікель, кобальт, сірчану кислоту. Навіть одна необроблена батарея може забруднити 20 м<sup>2</sup> ґрунту або до 1000 літрів води. Руйнування корпусу спричиняє витік електроліту, окислення металів, виділення токсичних парів і сполук, що загрожують здоров'ю людей та екосистемам.

Утворення у ВНТУ

У ВНТУ відпрацьовані акумулятори утворюються:

- внаслідок експлуатації службового транспорту (свинцево-кислотні акумулятори);

- у комп'ютерних класах, лабораторіях, при списанні техніки (портативні батареї).

У 2021 році на утилізацію було здано 246 кг портативних акумуляторів. У 2024 році – 83,6 кг свинцево-кислотних батарей. Це свідчить про системну роботу зі збору небезпечних джерел живлення.

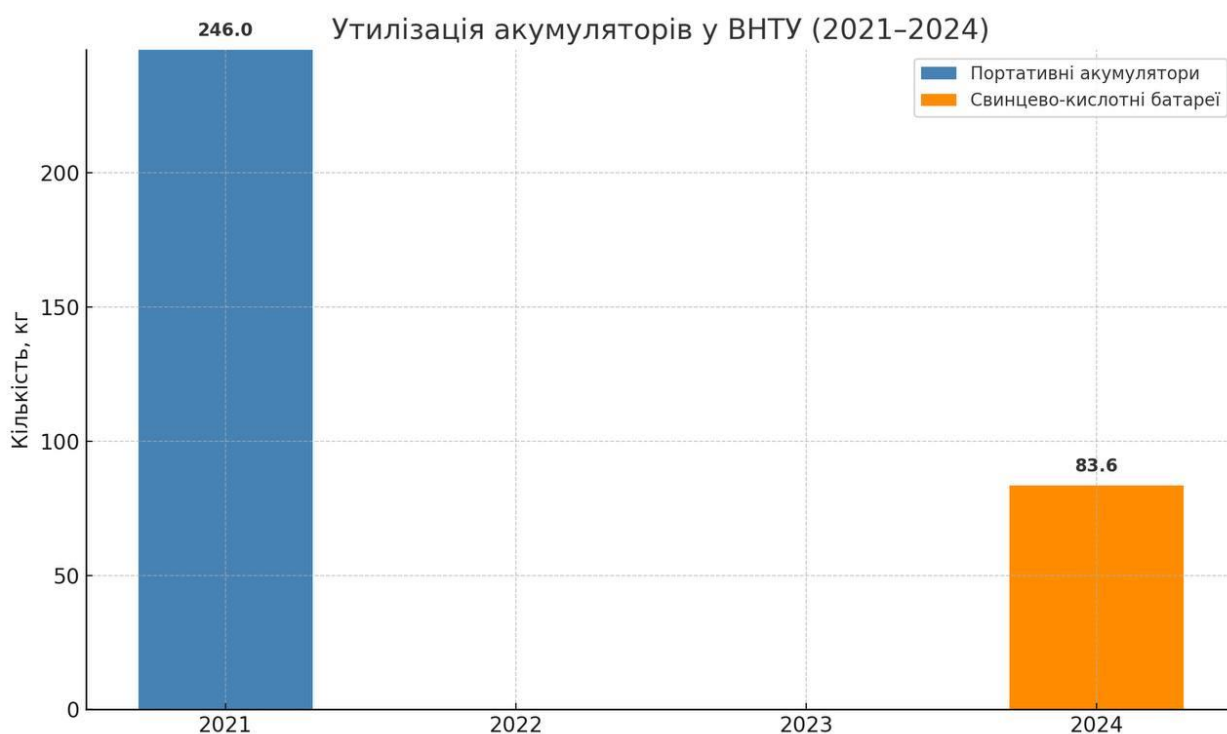


Рисунок 2.8 – Утилізація акумуляторів у ВНТУ

### Організація збору та зберігання

Після завершення терміну служби акумулятори зберігають в герметичних контейнерах, що перешкоджають витоку речовин. Збір здійснюється через господарський відділ, з оформленням актів та передачею партій на утилізацію спеціалізованим організаціям з ліцензією на поводження з небезпечними відходами.

### Методи утилізації

- Свинцево-кислотні акумулятори: злив і нейтралізація електроліту, подрібнення корпусу, переплавлення свинцю, рециклінг пластику.

- Портативні батареї: розбирання, вилучення металів (літій, кобальт, кадмій), знешкодження електроліту, повторне використання металів у виробництві.

Роль ВНТУ у збереженні довкілля

Відмова від захоронення акумуляторів і забезпечення їх безпечної утилізації дозволяє уникнути масштабного хімічного забруднення. Така практика ВНТУ підтримує державну політику з управління електронними та небезпечними відходами, демонструє екологічну відповідальність і сприяє формуванню культури поводження з елементами живлення в освітньому середовищі.

*Відпрацьовані камери*

Загальна характеристика

Камери – це внутрішні гумові оболонки з вентилем, які встановлюються всередину шин транспортних засобів. Вони виготовлені з технічної гуми на основі бутилкаучуку, до складу якої входять сірка, сажа, стабілізатори, антисептики. У процесі експлуатації камери втрачають герметичність, зазнають механічних пошкоджень або старіння, після чого потребують заміни.

Екологічна небезпека

Камери, як і шини, належать до важкоперероблюваних полімерних відходів. При спалюванні гуми вивільняються токсичні речовини – діоксини, фурани, поліциклічні ароматичні вуглеводні. Захоронення камер на сміттєзвалищах призводить до порушення водообміну в ґрунтах і створює сприятливі умови для розвитку цвілі, бактерій і комах. Волога, що накопичується всередині камер, також може сприяти розмноженню комарів і гризунів.

Джерела утворення у ВНТУ

У ВНТУ камери використовуються:

- на навчальному транспорті;
- у технічних засобах кафедри автомобілів;

- у лабораторному обладнанні, яке моделює реальні умови експлуатації колісної техніки.

У 2024 році університет передав на утилізацію 17,5 кг відпрацьованих камер, що підтверджує наявність системного підходу до поводження з цим типом відходів.

#### Збір та утилізація

Виведені з експлуатації камери збираються у господарському відділі. Після накопичення відповідної кількості відходів, їх передають на утилізацію за договорами з ліцензованими організаціями. Основні методи переробки:

- механічне подрібнення – отримання гумової крихти;
- повторне використання у виробництві підлогових покриттів, гумових плиток, покриттів для дитячих майданчиків;
- використання в дорожньому будівництві – як добавка до асфальтобетону.

#### Екологічне значення

Своєчасне вилучення камер із загального потоку відходів дозволяє запобігти їх неконтрольованому накопиченню та мінімізувати ризики займання і біологічного зараження. Переробка камер сприяє зменшенню навантаження на полігони та є частиною циркулярної економіки, що підтримується практикою ВНТУ.

### *Абразивні круги (шліфувальні, відрізні)*

#### Загальна характеристика

Абразивні круги – це спеціалізовані інструментальні вироби, виготовлені на основі карбіду кремнію, електрокорунду, оксиду алюмінію та зв’язувальних матеріалів. Вони застосовуються для різання, шліфування, полірування металів та інших твердих поверхонь. Після втрати робочих властивостей утворюють окрему категорію твердих промислових відходів.

#### Екологічна небезпека

Зношені абразивні круги можуть містити:

- залишки металу, що шліфувався;
- мікрочастинки абразиву, здатні викликати запалення дихальних шляхів при вдиханні пилу;
- тверді частини з високим потенціалом травматизму, що робить їх непридатними для викидання у звичайні побутові контейнери.

При неправильному зберіганні або захороненні існує ризик забруднення ґрунтів мікрочастинками важких оксидів, а також можливість механічних пошкоджень персоналу.

Джерела утворення у ВНТУ

Абразивні круги використовуються в:

- навчальних майстернях;
- лабораторіях кафедр механічного, машинобудівного профілю;
- під час виконання практичних і дослідницьких робіт із обробки матеріалів.

За звітними даними:

- у 2022 році було здано на утилізацію 5 кг кругів;
- у 2024 році – 11,302 кг.

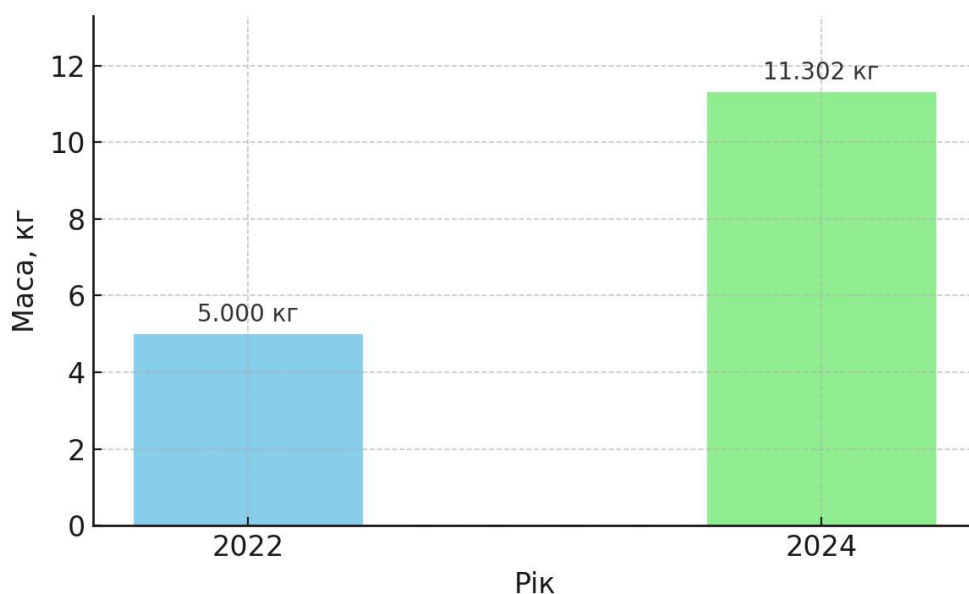


Рисунок 2.9 – Кількість зданих на утилізацію шліфувальних кругів

### Система збору та утилізації

Після списання відпрацьовані круги тимчасово зберігаються у визначених зонах майстерень. Подальший облік і підготовка до передачі здійснюються через господарський відділ університету. Круги передаються спеціалізованим підприємствам для вторинного використання.

#### Методи переробки

1. Механічне подрібнення – до стану мінеральної фракції.
2. Використання як добавки до будівельних сумішей:
  - у бетон для підвищення абразивної стійкості;
  - в асфальтобетон як зносостійкий компонент;
  - у виробництві плитки, дорожніх елементів.

#### Екологічне значення

Вилучення абразивних кругів із загального потоку твердих відходів мінімізує ризики для персоналу та навколишнього середовища. Утилізація цього матеріалу дозволяє зменшити навантаження на кар'єри, забезпечуючи ресурсозбереження за рахунок повторного використання мінеральних компонентів. Такий підхід відповідає принципам циркулярної економіки, що реалізуються у ВНТУ [21].

### *Електроди*

#### Загальна характеристика

Відходи електродів – це залишки зварювальних стрижнів, які не були повністю використані або зламалися в процесі роботи. Електроди складаються з металевого сердечника (найчастіше зі сталі або чавуну) та покриття, що містить флюси, оксиди металів, зокрема титану, марганцю, кальцію.

#### Екологічний вплив

Залишки електродів становлять потенційну небезпеку через:

- наявність важких металів у покритті;
- утворення токсичного пилу при механічному стиранні;

- окисні залишки після зварювання, що можуть потрапляти в ґрунт і накопичуватись у біосфері.

У неконтрольованих умовах зберігання та утилізації ці матеріали можуть забруднювати довкілля токсичними сполуками, що знижують родючість ґрунтів та загрожують здоров'ю людини.

#### Стан у ВНТУ

Електроди використовуються на кафедрах технічного профілю, у навчально-виробничих майстернях, під час проведення зварювальних практик. За роками здано:

- у 2022 році – 0,2 кг,
- у 2024 році – 2,85 кг.

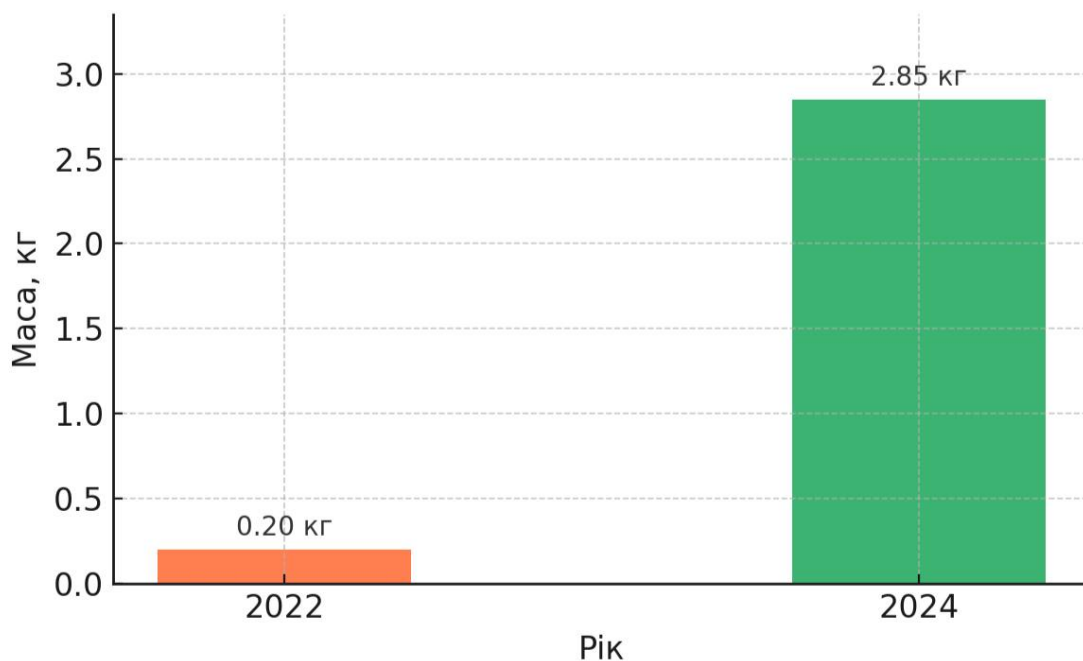


Рисунок 2.10 – Маса утворених залишкових електродів

Це свідчить про налагоджену систему збору та утилізації навіть малих обсягів спеціалізованих технічних відходів.

#### Утилізація

Після збору зламані та відпрацьовані електроди:

1. Сортиуються за типом металевого сердечника.
2. Метал передається на металобрухт.

3. Покриття, що відпало, потрапляє до відходів неорганічного походження, які обліковуються окремо.

Таким чином, здійснюється часткове повернення ресурсів у виробничий цикл та мінімізація токсичного навантаження на довкілля.

### *Гілки та обрізки дерев*

#### Загальна характеристика

Це біологічні відходи, що утворюються внаслідок санітарного догляду за зеленими насадженнями на території університету: обрізання гілок, кронування, ліквідація аварійних дерев. До цієї категорії належать:

- сухі та пошкоджені гілки,
- деревні обрізки, сучки, листя (сезонні),
- фрагменти стовбурів невеликих дерев після знесення.

#### Обсяги утворення

Зазвичай обрізки та гілки накопичуються 2–3 рази на рік. Кожен раз вивозиться приблизно 5–6 вантажних причепів, об'ємом 13 м<sup>3</sup> кожен, тобто щорічно утворюється до 234 м<sup>3</sup> деревних біовідходів.

#### Утилізація

1. Механічне подрібнення – гілки переробляються на щепу для мульчування клумб, створення біоізоляції.
2. Компостування – за наявності відповідних умов деревина може використовуватись як структурний компонент органічного компосту.
3. Промислова переробка – частина відходів передається організаціям, які виробляють паливні брикети або деревне вугілля.

#### Екологічне значення

Збір і контрольована утилізація деревних відходів запобігає їх стихійному спаленню або гниттю, що могли б спричинити викиди CO<sub>2</sub>, метану та фітопатогенів. Крім того, повторне використання деревини як біоресурсу сприяє впровадженню принципів сталого розвитку на рівні освітнього закладу.

Таблиця 2.3 – Узагальнені дані щодо утворення відходів у ВНТУ

| Тип відходів                                  | Середня маса на рік (кг) |
|-----------------------------------------------|--------------------------|
| Гілки та обрізки дерев                        | 23400                    |
| Побутові відходи                              | 1398,67                  |
| Макулатура                                    | 1122,4                   |
| Відходи та брукт вузлів                       | 794,08                   |
| Акумуляторні батареї (портативні)             | 246                      |
| Пластик                                       | 167,43                   |
| Скло                                          | 155,28                   |
| Метал                                         | 131,43                   |
| Відпрацьовані акумулятори (свинцево-кислотні) | 83,6                     |
| Відпрацьовані мастила                         | 53                       |
| Камери                                        | 17,5                     |
| Шини                                          | 12,9                     |
| Абразивні круги                               | 8,15                     |
| <b>Всього</b>                                 | <b>2590</b>              |

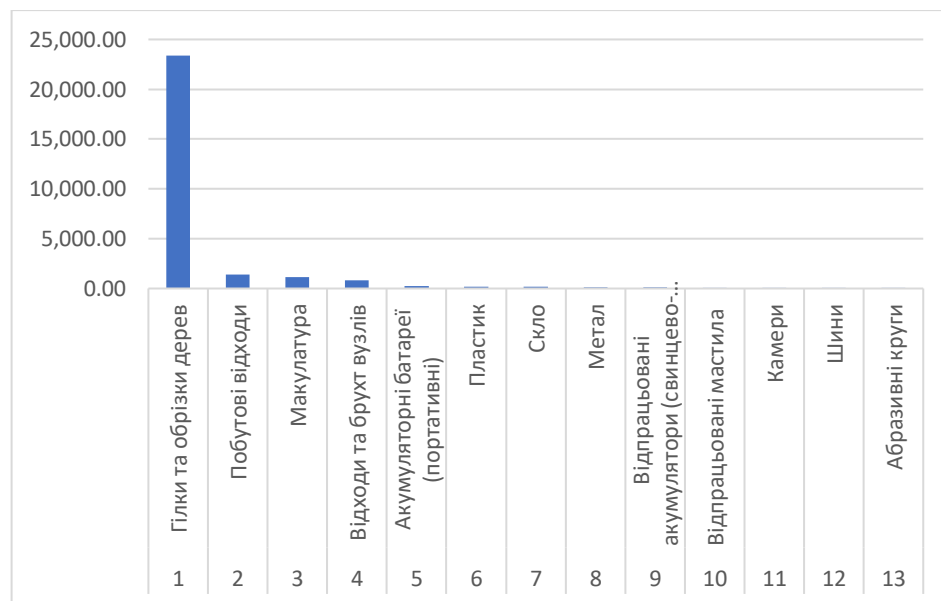


Рисунок 2.11 – Утворення відходів у ВНТУ

### **3 ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ У ВНТУ**

#### **3.1 Обґрунтування необхідності вдосконалення системи управління відходами у ВНТУ**

Ефективне управління відходами у закладах вищої освіти є критично важливим аспектом сталого розвитку освітнього середовища. Вінницький національний технічний університет як один із провідних технічних університетів України зобов'язаний демонструвати приклад екологічно відповідальної поведінки, раціонального ресурсокористування та імплементації принципів циркулярної економіки [16].

Однак результати аналізу, здійсненого у другому розділі цієї роботи, засвідчили наявність системних проблем, які стримують ефективність поводження з відходами в університеті. Насамперед йдеться про фрагментарний характер збирання вторинної сировини, відсутність інтегрованої інфраструктури для сортування, а також низький рівень залученості студентів і персоналу до екологічних ініціатив. Спостерігається нестача інформаційної підтримки, відсутність централізованого обліку потоків відходів, що унеможливорює контроль за їх обсягами та напрямками подальшого використання.

Окрім цього, проблема посилюється відсутністю єдиної стратегії або внутрішнього положення щодо управління відходами у ВНТУ. У результаті заклад стикається з фінансовими витратами на вивезення змішаного сміття, втрачає можливість отримання доходу від реалізації вторсировини, а також не використовує свій потенціал як майданчика для практичного формування екологічної свідомості у молоді.

На тлі сучасних екологічних викликів, глобального тренду на діджиталізацію екологічного менеджменту, а також дедалі жорсткіших нормативних вимог у сфері поводження з відходами, удосконалення чинної

системи у ВНТУ є не лише актуальним, а й стратегічно необхідним кроком [17]. Важливо не обмежуватись поодинокими заходами – натомість має бути розроблений цілісний, комплексний підхід, який охоплює організаційні, інфраструктурні, освітні й комунікаційні аспекти системи управління відходами.

### **3.2 Перспективи та напрямки розвитку системи управління відходами у ВНТУ**

Вінницький національний технічний університет має міцну базу для організації системи управління відходами, яка охоплює ключові процеси збору, сортування та передачі вторинної сировини на подальшу утилізацію чи переробку. Проте, у контексті сучасних викликів сталого розвитку та екологічної безпеки, існує значний потенціал для вдосконалення та модернізації існуючих практик з метою підвищення їхньої ефективності, прозорості та інтеграції з інноваційними технологіями [18].

Зокрема, розширення інфраструктури роздільного збору відходів із впровадженням додаткових спеціалізованих пунктів прийому сприятиме збільшенню обсягів зібраної вторинної сировини та зниженню частки змішаних відходів. Оптимізація зонування контейнерів дозволить краще відповідати локальним потребам різних структурних підрозділів університету, враховуючи специфіку утворення відходів на факультетах, адміністративних корпусах та гуртожитках.

Одним із перспективних напрямів є впровадження цифрових інструментів моніторингу та обліку потоків відходів, що створить умови для більш прозорого і оперативного контролю, а також сприятиме плануванню раціонального використання ресурсів. Такі рішення можуть включати створення внутрішньої платформи або інтеграцію з існуючими інформаційними системами університету [19].

Не менш важливим є розвиток інформаційно-освітніх програм, спрямованих на підвищення екологічної свідомості студентів і працівників. Системні екоакції, інтерактивні тренінги та конкурси можуть стати потужним інструментом мотивації та формування культури відповідального поводження з відходами.

Інтеграція запропонованих заходів створить умови для формування у ВНТУ стійкої системи управління відходами, що не лише відповідатиме нормативним вимогам, а й стане ефективним механізмом екологічного менеджменту, який сприятиме зниженню негативного впливу на довкілля, економії ресурсів та підвищенню соціальної відповідальності освітньої спільноти.

### **3.3 Комплекс заходів щодо вдосконалення системи управління відходами у ВНТУ**

Для підвищення ефективності системи управління відходами у Вінницькому національному технічному університеті доцільно впровадити комплексний підхід, який поєднує організаційні, інфраструктурні, освітні та технологічні рішення. Перш за все, необхідно закріпити відповідальність за управління відходами на рівні факультетів і структурних підрозділів, призначивши спеціальних координаторів, які здійснюватимуть контроль за процесами збору, сортування та передачі вторинної сировини. Важливо встановити регулярний моніторинг і звітність щодо обсягів утворених і зібраних відходів, що забезпечить прозорість процесу і дозволить оперативно реагувати на потреби системи.

Інфраструктурно, варто розширити мережу контейнерів для роздільного збору відходів, обладнати їх чіткими маркуваннями і розташувати у стратегічно важливих місцях – навчальних корпусах, гуртожитках, адміністративних будівлях. Запровадження централізованого пункту прийому вторинної сировини з відповідними засобами сортування та тимчасового

зберігання створить умови для більш ефективного поводження з відходами та їх подальшої переробки. Оптимізація логістики збору і вивезення дозволить знизити витрати і покращити екологічні показники.

Значну роль у підвищенні ефективності системи відіграють інформаційно-освітні заходи. Проведення регулярних кампаній з підвищення екологічної свідомості, тематичних тренінгів, конкурсів і інтерактивних заходів стимулюватиме студентів і співробітників до активної участі у роздільному зборі і зменшенні обсягів відходів. Включення екологічної тематики у навчальні програми допоможе формувати відповідальне ставлення до ресурсів і довкілля з раннього етапу навчання.

Сучасні цифрові технології відкривають нові можливості для моніторингу і управління відходами. Розробка внутрішньої цифрової платформи дозволить автоматизувати збір даних про обсяги утворених і зібраних відходів, що підвищить оперативність прийняття управлінських рішень. Інтеграція цієї платформи з існуючими інформаційними системами університету забезпечить єдність і контроль у роботі всієї системи. Використання мобільних додатків і QR-кодів для інформування користувачів про правила сортування та впровадження мотиваційних програм підвищить рівень залучення і свідомості учасників освітнього процесу.

Реалізація запропонованого комплексу заходів створить передумови для формування ефективної, прозорої і стійкої системи управління відходами у ВНТУ, що відповідатиме сучасним екологічним стандартам і сприятиме збереженню навколишнього середовища. Крім того, це позитивно вплине на економічні показники, зменшивши витрати на утилізацію та вивезення відходів, а також сприятиме формуванню високої соціальної відповідальності серед студентів і співробітників.

### **3.4 Оцінка очікуваних результатів впровадження комплексу заходів**

Впровадження запропонованого комплексу заходів щодо вдосконалення системи управління відходами у Вінницькому національному технічному університеті має на меті досягнення значних екологічних, економічних та соціальних результатів, що позитивно вплинуть на загальну сталу розвиток університетської спільноти та довкілля.

З екологічної точки зору, очікується суттєве зниження обсягів змішаних відходів за рахунок розширення роздільного збору та оптимізації інфраструктури. Це сприятиме збільшенню кількості вторинної сировини, яка підлягає переробці, зменшенню навантаження на сміттєві полігони, а також зниженню забруднення навколишнього середовища. Впровадження цифрових технологій моніторингу дозволить більш ефективно контролювати і регулювати процеси, що підвищить загальну екологічну безпеку університету.

Економічний ефект полягає у зниженні витрат на утилізацію та вивезення відходів, оскільки сортування і повторне використання вторинної сировини дозволить значно скоротити обсяги сміття, що підлягає захороненню. Крім того, можливо отримати додатковий дохід від продажу якісно відсортованих матеріалів переробним підприємствам. Оптимізація логістики та раціональне планування збору відходів також сприятимуть економії ресурсів і зменшенню експлуатаційних витрат [22].

Соціальний вплив комплексу заходів проявиться у підвищенні рівня екологічної свідомості студентів, викладачів та співробітників, що формуватиме відповідальне ставлення до природних ресурсів і навколишнього середовища. Регулярні освітні кампанії та залучення спільноти до активної участі у процесах сортування відходів сприятимуть зміцненню екологічної культури і розвитку соціальної відповідальності. Це, у свою чергу, позитивно вплине на імідж університету як інноваційного і соціально відповідального закладу освіти.

Отже, реалізація запропонованих заходів створить комплексну, ефективну і стійку систему управління відходами у ВНТУ, яка відповідатиме сучасним екологічним стандартам, забезпечить економічну доцільність і сприятиме формуванню прогресивної екологічної свідомості в університетській спільноті.

### **3.5 Рекомендації щодо подальшого розвитку системи управління відходами у ВНТУ**

З урахуванням комплексного підходу до вдосконалення системи управління відходами у Вінницькому національному технічному університеті, доцільно сформулювати ряд стратегічних рекомендацій, спрямованих на забезпечення довгострокової ефективності, стійкості та безперервного розвитку екологічної політики закладу.

Насамперед, важливо забезпечити інституційне закріплення екологічної політики на рівні університету через прийняття відповідної стратегії або програми сталого поводження з відходами. Такий документ має визначати довгострокові цілі, завдання, відповідальних осіб, джерела фінансування та механізми моніторингу результатів. Це створить підґрунтя для системного і послідовного впровадження екологічних ініціатив.

Рекомендується продовжувати розвиток інфраструктури для сортування й утилізації відходів, зокрема – забезпечити поступове оновлення контейнерного парку, встановлення сенсорних технологій для контролю заповнення баків, а також можливість адаптації логістичних маршрутів на основі даних реального часу. Варто також передбачити створення невеликих переробних пунктів для певних типів відходів (наприклад, подрібнення пластику або паперу для подальшої передачі переробникам).

З метою сталості результатів слід активно підтримувати профорієнтаційну та виховну роботу, яка має бути постійним елементом університетського життя. Екологічна тематика повинна залишатися

присутньою у студентських проектах, наукових конференціях, внутрішніх ініціативах, що сприятиме збереженню мотивації та залученості студентської молоді до управління ресурсами.

Необхідно також звернути увагу на налагодження партнерств з муніципальними органами влади, екологічними організаціями, підприємствами-переробниками та освітніми платформами. Таке міжсекторне співробітництво дозволить університету оперативно адаптуватися до змін у законодавстві, отримувати методичну і технічну підтримку, а також розширювати можливості фінансування інноваційних екологічних проєктів.

Крім того, важливо впроваджувати принципи цифрової трансформації управління відходами, зокрема розробляти внутрішні аналітичні інструменти для прогнозування динаміки утворення відходів, визначення точок найбільшого навантаження та автоматичного генерування управлінських звітів. У довгостроковій перспективі це дозволить значно підвищити ефективність прийняття рішень.

Таким чином, подальший розвиток системи управління відходами у ВНТУ має ґрунтуватися на принципах інтегрованого підходу, цифрової модернізації, міжсекторної взаємодії та постійної екологічної просвіти. Реалізація цих рекомендацій дозволить університету не лише мінімізувати екологічне навантаження, але й стати прикладом для інших освітніх установ у сфері екологічної відповідальності.

## ВИСНОВКИ

У бакалаврській кваліфікаційній роботі виконано всебічний аналіз стану управління відходами в умовах сучасного закладу вищої освіти на прикладі Вінницького національного технічного університету. У ході дослідження розглянуто як теоретичні основи, так і практичні аспекти поводження з різними типами відходів у межах навчального середовища. Робота акцентує увагу на сучасних викликах у сфері екологічної безпеки та ресурсоефективності, які актуальні для університетських кампусів, а також надає реалістичні рекомендації щодо вдосконалення екологічної інфраструктури.

У першому розділі обґрунтовано важливість належного поводження з відходами в закладах освіти. Систематизовано класифікації відходів, наведено методи сортування, переробки та утилізації, описано підходи до мінімізації негативного впливу відходів на довкілля. Розглянуто позитивний світовий досвід в організації систем поводження з відходами в університетах різних країн, що стало методологічним орієнтиром для аналізу ситуації у ВНТУ.

Здійснено глибоке дослідження діючої системи управління відходами у ВНТУ. Вивчено джерела утворення відходів, обсяги, просторову структуру потоку відходів по об'єктах університету, а також форми збору, накопичення, зберігання, транспортування та часткової утилізації.

У результаті дослідження:

- виявлено, що побутові відходи становлять найбільший за обсягом потік, зосереджений переважно в навчальних корпусах і гуртожитках;
- зафіксовано, що збирання відходів переважно здійснюється без сортування, однак існують окремі точки збору вторинної сировини (папір, пластик, скло), що можуть слугувати основою для впровадження роздільного збору на постійній основі;

- встановлено, що органічні сезонні відходи (зокрема опале листя) збираються централізовано та частково передаються для утилізації, що є позитивною практикою;
- проаналізовано, що відсутній систематичний облік утворення, обробки та вивезення відходів у розрізі типів та обсягів, що обмежує можливість оцінки ефективності існуючої системи;
- визначено, що окремі підрозділи та служби університету виявляють ініціативність у питаннях поводження з відходами, але потребують інституційної підтримки, координації та нормативного закріплення своїх функцій.

Виявлено, що існуюча система поводження з відходами у ВНТУ має певні функціональні елементи, які вже реалізуються в практиці: забезпечено регулярне збирання та вивезення побутових відходів, організовано збір опалого листя та його утилізацію, відбувається частковий збір вторинної сировини. Разом із цим, у роботі зазначено, що система потребує модернізації в напрямку підвищення ефективності обліку, впровадження роздільного збору на постійній основі, посилення екологічної просвіти, формалізації процесів утилізації окремих груп відходів (наприклад, електронних або хімічних). Проте слід зазначити, що наявна структура є придатною для розвитку і не потребує повної перебудови, а лише поступового вдосконалення за рахунок організаційних, інформаційних та технічних рішень.

У роботі запропоновано комплекс заходів щодо вдосконалення системи управління відходами у ВНТУ. Серед основних напрямів – розбудова контейнерної інфраструктури для роздільного збирання, створення системи обліку з використанням цифрових інструментів, залучення студентської спільноти до реалізації екоініціатив, впровадження внутрішньої нормативної бази з питань поводження з відходами. Рекомендації сформовані з урахуванням реальних умов функціонування університету та можуть бути імплементовані поетапно без значних витрат.

Таким чином, у роботі представлено комплексний підхід до аналізу та вдосконалення системи управління відходами у ВНТУ. Дослідження підтвердило, що заклади вищої освіти можуть виступати не лише об'єктами, а й суб'єктами сталого розвитку, формуючи нові стандарти відповідального споживання, раціонального використання ресурсів і екологічної свідомості. Представлені висновки та пропозиції мають потенціал для практичного впровадження та можуть бути використані як база для подальших досліджень, освітніх програм і управлінських рішень у сфері охорони довкілля.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про управління відходами» від 20.06.2022 № 2320-IX [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text>
2. Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року, затверджена розпорядженням КМУ від 08.11.2017 № 820-р [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80#Text>
3. Рибальська, Г. І. Екологічні основи поводження з відходами : навч. посіб. / Г. І. Рибальська. – К. : Центр учбової літератури, 2021. – 184 с.
4. Кліменко, М. О. Екологічна безпека та поводження з відходами : підручник / М. О. Кліменко. – Київ : Ліра-К, 2020. – 320 с.
5. European Commission. Waste Framework Directive 2008/98/EC [Електронний ресурс]. – URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32008L0098>
6. Smyth, D. P., Fredeen, A. L., & Booth, A. L. Reducing solid waste in higher education: The first step towards ‘zero waste’ campuses. *Resources, Conservation and Recycling*, 2010, 54(11), 1007–1016.
7. Moqbel, M. Waste Management Practices at Jordanian Universities: A Case Study. *Journal of Environmental Management*, 2018, 216, 488–496.
8. De Vega, C. A. Solid Waste Management Practices in University Campuses: A Case Study from the Philippines. *Waste Management*, 2008, 28(6), 1012–1021.
9. GreenMetric World University Rankings. UI GreenMetric Criteria [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://greenmetric.ui.ac.id/overall-ranking-2023/>
10. ВНТУ. Положення про поводження з відходами на території ВНТУ. – Вінниця : ВНТУ, 2023. – 24 с.
11. ВНТУ. Річний звіт з охорони праці та екологічної безпеки за 2023 рік. – Вінниця : ВНТУ, 2024. – 36 с.

12. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25.06.1991 № 1264-XII [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>
13. Жежерун Я. І. Екологічна безпека закладів вищої освіти : монографія. – К. : КНУБА, 2020. – 184 с.
14. Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal, 1989 [Електронний ресурс]. – URL: <https://www.basel.int>
15. European Environment Agency. Waste prevention in Europe: policies, status and trends. – EEA Report No 12/2021 [Електронний ресурс]. – URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/waste-prevention-in-europe>
16. Ellen MacArthur Foundation. The circular economy in detail [Електронний ресурс]. – URL: <https://ellenmacarthurfoundation.org>
17. ISO 14001:2015. Environmental management systems – Requirements with guidance for use. – International Organization for Standardization, 2015.
18. Державна стратегія регіонального розвитку на 2021–2027 роки : постанова КМУ від 05.08.2020 № 695 [Електронний ресурс]. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/695-2020-%D0%BF#Text>
19. Смірнов І. Г. Екологічне управління: теорія і практика : монографія. – Харків : ХНАМГ, 2021. – 212 с.
20. Nahladakis J. N., Iacovidou E. Closing the loop on plastic waste // Science of the Total Environment. – 2020. – Vol. 718. – Article 137302.
21. European Commission. Circular economy action plan: For a cleaner and more competitive Europe. – 2020 [Електронний ресурс]. – URL: <https://ec.europa.eu/environment/circular-economy>
22. Вінницька міська рада. Програма «Зелене місто – 2030» : стратегія сталого поводження з відходами. – Вінниця : 2022. – 36 с.

## ДОДАТОК А

### ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Аналіз управління відходами у Вінницькому національному технічному університеті

Тип роботи: бакалаврська кваліфікаційна робота

Підрозділ кафедра екології, хімії та технологій захисту довкілля -

(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism 10,6 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

✓ Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту

У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.

У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

зав. каф. ЕХТЗД Іщенко В.А.

(прізвище, ініціали, посада)

доц. каф. ЕХТЗД Васильківський І.В.

(прізвище, ініціали, посада)

(підпис)

(підпис)

Особа, відповідальна за перевірку

(підпис)

Матусяк М.В.

(прізвище, ініціали)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник

Іщенко В.А.

Здобувач

Мазур Д.Л.

## **ДОДАТОК Б**

### **ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА**

**АНАЛІЗ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ У ВІННИЦЬКОМУ  
НАЦІОНАЛЬНОМУ ТЕХНІЧНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ**



Рисунок Б.1 – Типова структура утворення відходів у навчальному закладі

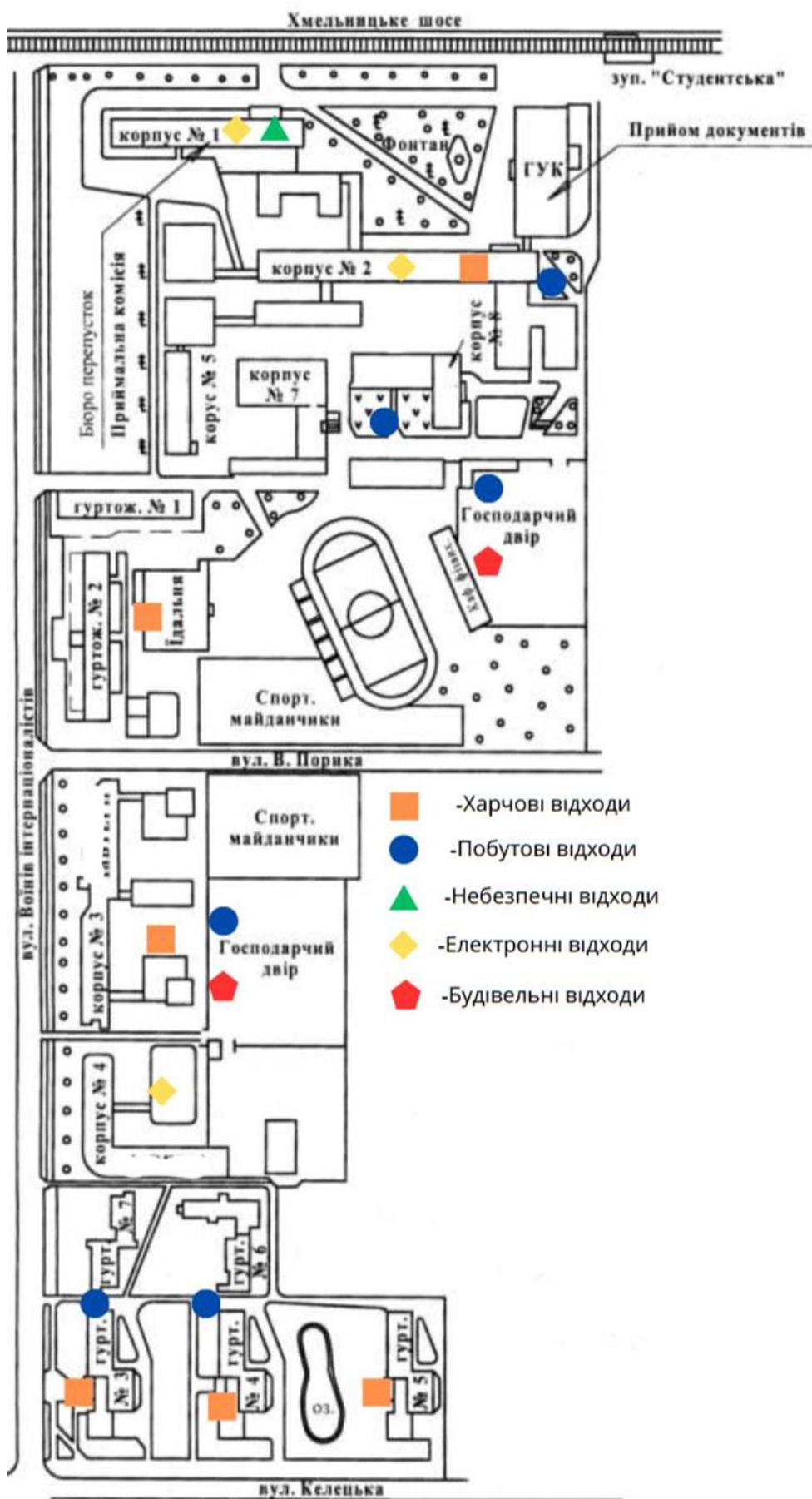


Рисунок Б.2 – Карта джерел утворення відходів на території ВНТУ

Таблиця Б.1 – Класифікація відходів за джерелами у ВНТУ

| Джерело утворення       | Типові відходи                                  | Категорія       | Клас небезпеки |
|-------------------------|-------------------------------------------------|-----------------|----------------|
| Лекційні аудиторії      | Папір, пластикові пляшки                        | Побутові        | IV             |
| Лабораторії (хім/біо)   | Реагенти, хімікати, лабораторні залишки         | Хімічні/медичні | II–III         |
| Гуртожитки              | Харчові залишки, ПЕТ-пляшки, упаковка           | Побутові        | IV             |
| Їдальні, буфети         | Органіка, пластик, жир, залишки їжі             | Біорозкладні    | IV             |
| Адміністративні офіси   | Макулатура, картриджі, лампи, батарейки         | Електронні      | III            |
| Майстерні/ремонтні      | Металобрухт, деревина, фарби, будівельне сміття | Будівельні      | III–IV         |
| Комп'ютерні лабораторії | Монітори, клавіатури, дроти, плати              | Електронні      | II–III         |

Таблиця Б.2 – Морфологічний склад побутових відходів ВНТУ

| Вид відходів        | Маса, кг |
|---------------------|----------|
| Харчові             | 56.5     |
| Папір               | 2.8      |
| Пакувальний картон  | 1.1      |
| Деревина            | 0.7      |
| Скло                | 4.7      |
| Метал               | 1.8      |
| ПЕТ-пляшки          | 1.5      |
| Пластикова упаковка | 11.9     |
| Інший пластик       | 0.9      |
| Текстиль            | 3.2      |
| Небезпечні відходи  | 0.7      |
| Електроніка         | 0.5      |
| Інше                | 6.7      |
| Всього              | 93.3     |

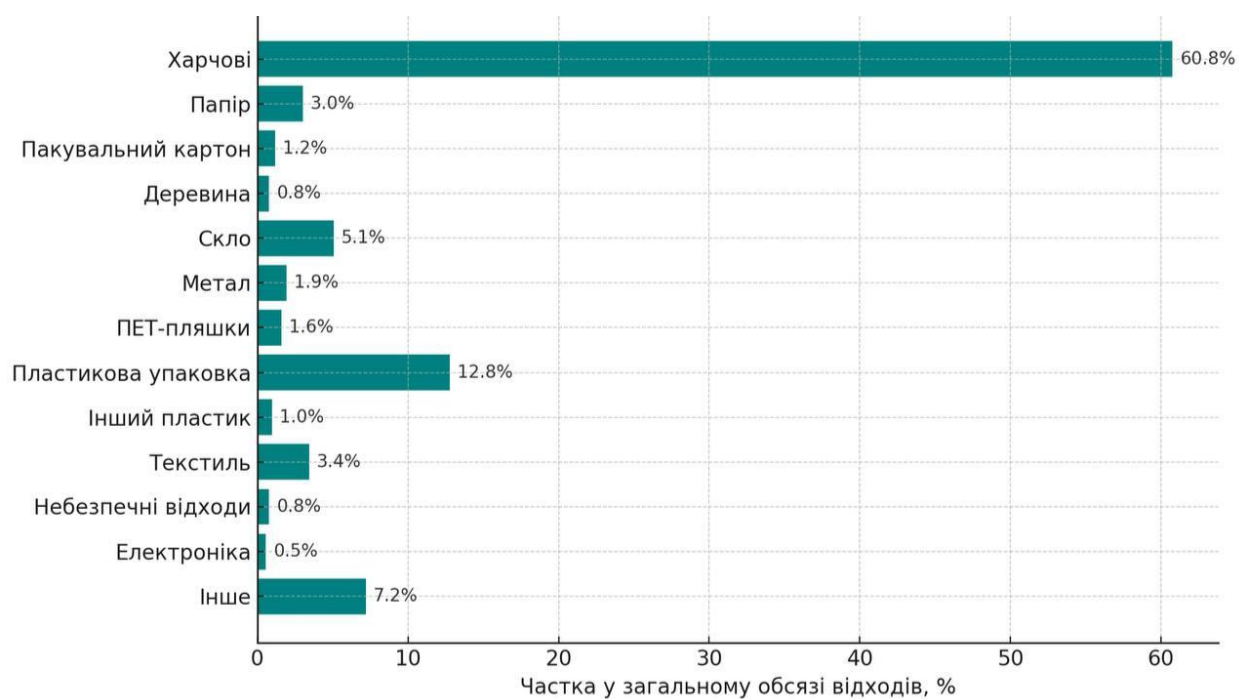


Рисунок Б.3 – Морфологічний склад побутових відходів ВНТУ

Таблиця Б.3 – Узагальнені дані щодо утворення відходів у ВНТУ

| Тип відходів                                  | Середня маса на рік (кг) |
|-----------------------------------------------|--------------------------|
| Гілки та обрізки дерев                        | 23400                    |
| Побутові відходи                              | 1398,67                  |
| Макулатура                                    | 1122,4                   |
| Відходи та брухт вузлів                       | 794,08                   |
| Акумуляторні батареї (портативні)             | 246                      |
| Пластик                                       | 167,43                   |
| Скло                                          | 155,28                   |
| Метал                                         | 131,43                   |
| Відпрацьовані акумулятори (свинцево-кислотні) | 83,6                     |
| Відпрацьовані мастила                         | 53                       |
| Камери                                        | 17,5                     |
| Шини                                          | 12,9                     |
| Абразивні круги                               | 8,15                     |
| <b>Всього</b>                                 | <b>2590</b>              |