

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет технології виробництва і переробки продукції тваринництва,  
стандартизації та біотехнології

Кафедра генетики, годівлі тварин та біотехнології

**ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ  
ТА ВІДХОДІВ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

для виконання лабораторно-практичних занять для здобувачів вищої освіти  
освітньої спеціальності 162-«Біотехнології та біоінженерія» СВО «Бакалавр»  
денної форми навчання

МИКОЛАЇВ

2021

УДК 628.47: 631.14

ТЗ8

Друкується за рішенням науково-методичної комісії факультету технології виробництва і переробки продукції тваринництва, стандартизації та біотехнології Миколаївського національного аграрного університету від 21. 01. 2021 р., протокол № 6.

Укладач:

О. І. Каратєєва – канд. с.-г. наук, доцент, доцент кафедри генетики, годівлі тварин та біотехнології, Миколаївський національний аграрний університет.

Рецензенти:

Р. О. Трибрат – канд. с.-г. наук, доцент кафедри технології виробництва продукції тваринництва, Миколаївський національний аграрний університет.

І. Х. Лумедзе – канд. вет. наук, доцент кафедри зоогігієни та ветеринарії, Миколаївський національний аграрний університет.

© Миколаївський національний аграрний університет, 2021

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b>	5
<b>МОДУЛЬ 1. Класифікація відходів та принципи комплексного управління відходами</b>	6
<b>Тема 1. Основні терміни та поняття</b>	6
<b>Практична робота 1</b>	13
<b>Тема 2. Збір та транспортування ТПБВ</b>	14
<b>Тема 3. Захоронення ТПБВ</b>	19
<b>Тема 4. Побутові тверді відходи</b>	24
<b>Практична робота 2</b>	29
<b>Тема 5. Методи підготовки та переробки твердих відходів</b>	33
<b>Тема 6. Переробка компонентів ТПБВ</b>	36
<b>Питання до модулю 1</b>	39
<b>МОДУЛЬ 2. Термічні і біологічні методи знешкодження ТПБВ</b>	39
<b>Практична робота 3</b>	39
<b>Практична робота 4</b>	43
<b>Практична робота 5</b>	47
<b>Тема 7. Маркування пакувальних матеріалів</b>	49
<b>Тема 8. Будова сміттєспалювальних заводів</b>	55
<b>Тема 9. Заводи біотермічного компостування</b>	59
<b>Тема 10. Морфологічний та фракційний склад ТПБВ</b>	63
<b>Тема 11. Термічна переробка твердих відходів</b>	66
<b>Тема 12. Біологічні методи переробки твердих відходів</b>	70
<b>Питання до модулю 2</b>	72
<b>МОДУЛЬ 3. Технологія переробки відходів сільського господарства</b>	74
<b>Тема 13. Утилізація гною та пташиного посліду</b>	74
<b>Тема 14. Технологія вермикомпостування</b>	82
<b>Тема 15. Розрахунок очікуваної кількості біогазу</b>	84
<b>Тема 16. Системи збору та підготовки біогазу,</b>	

його використання	87
<b>Тема 17.</b> Тверді відходи тваринного походження	93
<b>Тема 18.</b> Перероба пташиного посліду та гною сільськогосподарських тварин	96
<b>Питання до модулю 3</b>	102
<b>РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА</b>	104

## ВСТУП

Головним завданням дисципліни «Технологія переробки побутових відходів та відходів сільського господарства» є набуття здобувачами вищої освіти знань та отримання навичок щодо екологічно безпечної переробки та утилізації побутових відходів та відходів сільського господарства, отримання теплової та електричної енергії та корисних матеріалів, принципів управління відходами, впровадження сучасних біотехнологій в дану галузь.

Дисципліна «Технологія переробки побутових відходів та відходів сільського господарства» у структурному відношенні повністю відповідає виробничому, науковому і навчальному змісту спеціальності і має важливе значення у загальній системі професійної підготовки здобувачів вищої освіти ступеня вищої освіти «Бакалавр».

Мета дисципліни – підготувати висококваліфікованого фахівця з технології переробки побутових відходів та відходів сільського господарства, здатного вміло застосовувати надані знання в практичній роботі.

Під час вивчення дисципліни слід засвоїти необхідні теоретичні знання з питань технології переробки побутових відходів та відходів сільського господарства.

За підсумками вивчення курсу студент повинен придбати навички з планування та організації виробничих схем переробки побутових відходів; використання культур мікроорганізмів, грибів, рослин та тварин для оптимізації виробництв по переробці відходів; планування та здійснення фітореMediaції ґрунтів полігонів ТПВ.

## МОДУЛЬ 1

### Класифікація відходів та принципи комплексного управління відходами

#### Тема 1. Основні терміни та поняття

**Мета заняття:** *засвоїти основні терміни і поняття, а також класифікацію та кодування відходів.*

**Відходи виробництва** – залишки сировини, матеріалів, напівфабрикатів, що утворилися при виробництві продукції чи виконанні робіт і цілком чи частково втратили вихідні споживчі властивості, а також ті, що знову утворюються в процесі виробництва і не знаходять застосування;

**Відходи споживання** – вироби і матеріали, що втратили свої споживчі властивості в результаті фізичного чи морального зносу. До відходів споживання відносяться і тверді побутові відходи, що утворюються в результаті життєдіяльності людини;

**Видалення відходів** – здійснення операцій з відходами, що не призводять до їх можливої утилізації;

**Використання (переробка, утилізація) відходів** – залучення відходів у господарський оборот з метою одержання різних видів продукції (робіт) шляхом їх переробки чи безпосередньо;

**Державний класифікатор відходів** – систематизований перелік кодів та назв відходів, призначений для використання в державній статистиці з метою надання різнобічної та обґрунтованої інформації про утворення, накопичення, оброблення (перероблення), знешкодження та видалення відходів;

**Захоронення відходів** – остаточне розміщення відходів при їх видаленні у спеціально відведених місцях чи на об'єктах таким чином, щоб шкідливий вплив відходів на навколишнє природне середовище та здоров'я людини не перевищував установлених нормативів;

**Збирання відходів** – діяльність, пов'язана з вилученням, накопиченням і

розміщенням відходів у спеціально відведених місцях чи об'єктах, включаючи сортування відходів з метою подальшої утилізації чи видалення;

**Знешкодження відходів** – зменшення чи усунення небезпечності відходів шляхом механічного, фізико-хімічного чи біологічного оброблення;

**Керування відходами** (waste management) – включає в себе організацію збору відходів, їх утилізацію (включаючи переробку, спалювання, поховання т.д.), а також заходи щодо зменшення кількості відходів, тому цей термін ширше понять „переробка“, утилізація“ і навіть „поводження з відходами“;

**Ліміт на розміщення відходів** – гранична кількість відходів, що допускається розміщувати на об'єктах, призначених для цієї мети, протягом встановленого періоду і яка не порушує екологічну рівновагу природного середовища;

**Небезпечні відходи** – відходи, фізичні, хімічні чи біологічні характеристики яких створюють чи можуть створити значну небезпеку для навколишнього природного середовища та здоров'я людини та які потребують спеціальних методів і засобів поводження з ними;

**Несанкціоновані місця розміщення відходів** – території, не призначені для розміщення 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;

**Об'єкти поводження з відходами** – місця чи об'єкти, що використовуються для збирання, зберігання, оброблення, утилізації, видалення, знешкодження та захоронення відходів;

**Поводження з відходами** – дії, спрямовані на запобігання утворенню відходів, їх збирання, перевезення, зберігання, оброблення, утилізацію, видалення, знешкодження і захоронення, включаючи контроль за цими операціями та нагляд за місцями видалення;

**Полігон твердих побутових відходів** – інженерна споруда, яка

призначена для захоронення ТПБВ і повинна запобігати їх негативному впливу на навколишнє середовище та відповідати санітарно-епідеміологічним і екологічним нормам;

**Рекультивация** – комплекс робіт, спрямованих на відновлення та покращення порушеного природного стану земної поверхні;

**Ресурсозбереження** – виробництво і реалізація кінцевих продуктів з мінімальною витратою речовини й енергії на всіх етапах виробничого циклу і з найменшим впливом на людину і природні екосистеми;

**Складування твердих побутових відходів** – одна з операцій захоронення ТПБВ, яка регламентує технологію пошарового розміщення відходів та їх ізоляцію інертними матеріалами;

**Тверді побутові відходи** – відходи, що утворюються в результаті життєдіяльності населення (готування їжі, пакування товарів, збирання і поточний ремонт житлових приміщень, великогабаритні предмети домашнього побуту, фекальні відходи нецентралізованої каналізації й ін.);

**Утилізація відходів** – використання відходів як вторинних матеріальних чи енергетичних ресурсів.

Наведені терміни відповідають основним поняттям, закріпленим у нормативних документах України в галузі поводження з відходами (відповідний перелік наведено в кінці навчального посібника).

Відповідно до державного комітету України по стандартизації, метрології та сертифікації існує державний класифікатор України «Класифікатор відходів ДК 005-96».

**Класифікатор відходів (далі – КВ)** входить до державної системи класифікації та кодування техніко-економічної та соціальної інформації.

Класифікатор відходів забезпечує інформаційне підтримування у вирішенні широкого кола питань державного управління відходами та ресурсовикористанням на базі системи обліку та звітності, гармонізованої з міжнародними системами, зокрема, у галузі екології, захисту життя та здоров'я



населення, безпеки праці, ресурсозбереження, структурної перебудови економіки, сертифікації продукції (послуг) та систем якості.

Використання КВ створює нормативну базу для проведення порівнювального аналізу структури та обсягу утворення відходів у межах Європейської статистики усіх видів економічної діяльності, у тому числі Європейської виробничої статистики, статистики агрокомплексу, статистики послуг, а також порівнювального аналізу послуг, пов'язаних з відходами, на міжгалузевому, державному, міждержавному рівнях.

Об'єктами класифікації у КВ є відходи, під якими розуміють будь-які речовини та предмети, утворювані у процесі виробництва та життєдіяльності людини, внаслідок техногенних чи природних катастроф, що не мають свого подальшого призначення за місцем утворення і підлягають видаленню чи переробці з метою забезпечення захисту навколишнього середовища і здоров'я людей або з метою повторного їх залучення у господарську діяльність як матеріально-сировинних і енергетичних ресурсів, а також послуги, пов'язані з відходами.

**Продукція** – результат діяльності або виробничих процесів, що має корисні властивості та призначений для використання споживачем. Продукція буває декількох видів.

**Некондиційна продукція** – продукція, яка:

а) не відповідає нормативним вимогам або не придатна для застосування за призначенням внаслідок забруднення;

б) не може бути регенована, відновлена чи використана іншим способом за місцем її виробництва (утворення);

в) підлягає обробленню (переробленню) у спеціалізованих підприємствах або продажу як вторинний матеріальний ресурс (сировина).

**Неідентифікована напродукція** – продукція, яка не має відповідного до нормативних вимог маркування або для якої відсутні технічні специфікації (стандарти, технічні умови) і застосування (споживання, експлуатація) якої може спричинити непередбачені наслідки.

**Зіпсована продукція** – продукція:

а) яка втратила свої функціональні та інші властивості, встановлені нормативними вимогами, до закінчення терміну служби (придатності);

б) подальше застосування якої за її прямим призначенням може спричинити непередбачені наслідки.

**Відпрацьована продукція** – продукція:

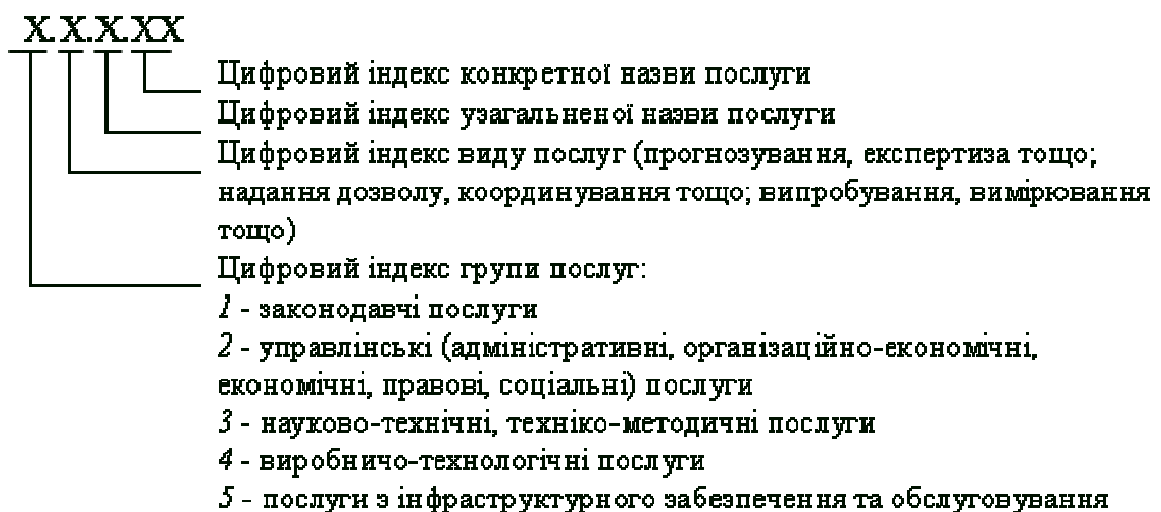
а) яка у процесі експлуатації (споживання) втратила свої функціональні та інші властивості, встановлені нормативними вимогами, після закінчення терміну служби (придатності);

б) яка у процесі експлуатації (споживання) стала неремонтоздатною стосовно відновлення основних функціональних властивостей відповідно до нормативних вимог;

в) подальше застосування якої за її прямим призначенням може спричинити непередбачені наслідки.

Структурно класифікатор відходів складається з двох частин: класифікації відходів (частина 1), у т. ч. специфічних відходів, утворених у сировинних, видобувних та обробних галузях економіки (розділ А), а також специфічних відходів, утворених у сфері надання послуг (розділ Б); класифікації послуг, пов'язаних з відходами (частина 2, розділ В).

Структура коду відходів наведена на рисунку 1.



*Рис. 1. Структура коду послуг, пов'язаних з відходами.*

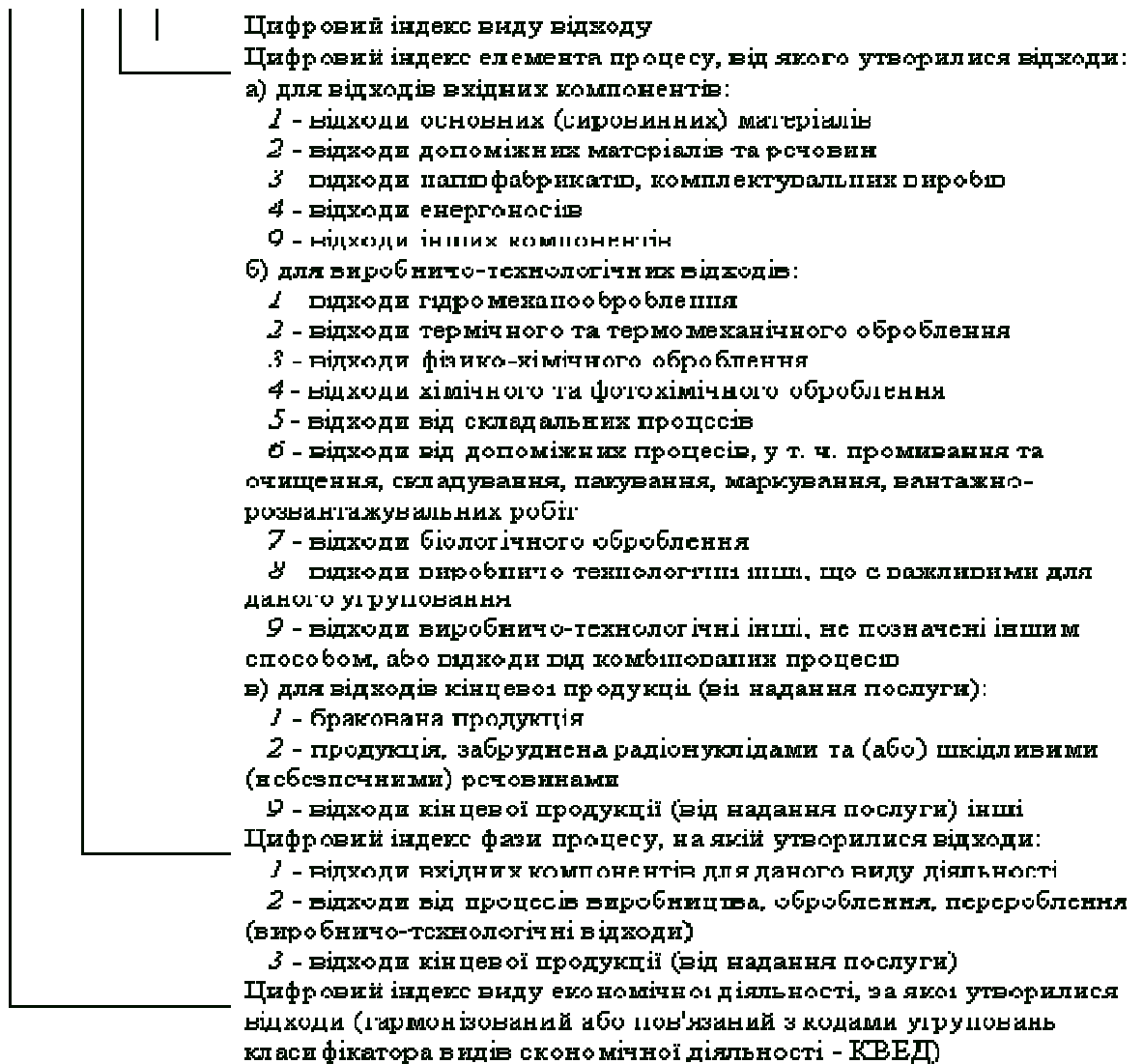
У КВ прийнято 11-знакову структуру коду відходів, яка складається з чотирьох частин. Код прийнято цифровий з кількістю знаків у абетці десять.

Спеціалізовані послуги щодо поводження з відходами мають код вигляду: XXX9.

У КВ прийнято 8-знакову структуру коду послуг, яка складається з чотирьох частин. Код прийнято цифровий з кількістю знаків у абетці коду десять (рис. 2).

У разі відсутності деталізації класифікаційного угруповання за фазами або елементами процесу, від яких утворився відхід у відповідному розряді коду ставиться цифровий індекс "0".

XXXX.X.X.XX



**Рис. 2. Структура коду відходів.**

Наприклад відходи виробництва продукції сільського господарства та мисливства знаходяться в групі 01.

До групи 01 включено відходи, утворювані під час виробництва продукції сільського господарства та мисливства. Цю діяльність класифіковано у групах 01.1, 01.2, 01.3, 01.4, 01.5 КВЕД.

До групи 01 належать такі класифікаційні угруповання:

- відходи виробництва зернових культур, продукції овочівництва та садівництва (011);
- відходи вирощування тварин та виробництва продукції тваринництва (012);
- відходи виробництва продукції змішаного господарювання (013);
- відходи від надання послуг у рослинництві та тваринництві (014);
- відходи мисливства, ловіння пасткою, розведення дичини (015);
- послуги спеціалізовані щодо поводження з відходами виробництва продукції сільського господарства та мисливства, які надаються за місцем утворення відходів (0159).

Відходи, подібні або суміжні за походженням, що входять до групи 01, класифіковано таким чином:

- 0122.2, 0123.2, 0150.2 - у 0121.2;
- 0122.1, 0123.1 - у 0121.1;
- 0125.2.6 - у 0121.2.6;
- відходи вхідних компонентів, відходи виробничо-технологічні, відходи кінцевої продукції угруповань 0130, 0141, 0142 подано (класифіковано) у відповідних структурних елементах угруповань 0111, 0112, 0113, 0121, 0122, 0123, 0124, 0125.

Відходи промивання та очищення під час виробництва продукції угруповань 0112, 0113 класифіковано у 0111.2.6,

Відходи добрив та матеріалів хімічних інших, які не можуть бути використані за призначенням під час виробництва продукції угруповань 0112, 0113, класифіковано у 0111.1.2.

## **Практична робота № 1**

### **ТЕМА: Визначення вологості компонентів відходів**

**Мета заняття:** *ознайомлення з процесом визначення вологості складових твердих побутових відходів та оцінка їх впливу на загальну вологість твердих відходів.*

### **Загальні відомості**

Суттєве значення для процесів переробки відходів має такий параметр, як вологість. Вологість ТПБВ може коливатися в дуже широких межах. Визначається вона, переважно, вологістю самих складових відходів, умовами та терміном їх зберігання. Якщо папір, картон, деревина в своєму природному стані вміщують не більше 20 – 50 % вологи, то вологість харчових відходів рідко буває нижчою 60 %, а в окремих випадках сягає 95 % і більше.

Суттєво на вологість ТПБВ впливають умови їх зберігання та доступність для атмосферних опадів. Оскільки ТПБВ накопичуються на відкритих площадках, то атмосферні опади здатні суттєво збільшувати їх вологість. Змінюється вологість і при тривалому зберіганні відходів, особливо в теплу пору року, коли органічні компоненти починають гнити, бродити і т.д. з виділеннями додаткової кількості вологи. Тому про точну вологість можна вести мову лише для конкретної партії відходів і лише у визначений момент часу. В загальному випадку вважається, що в звичайних умовах вологість ТПБВ складає близько 35 %.

### **Обладнання, прилади і реактиви**

- електрична сушильна шафа;
- лабораторний посуд;
- технічні ваги.

### **Хід роботи**

Для роботи відбирають шматки різних складових твердих побутових відходів (папір, картон, харчові продукти, пластики і т. п.), зважують кожен

шматок і розміщують в сушильній шафі, де температура не повинна перевищувати 105 °С. Періодично контролюючи вагу кожного шматка, встановлюють момент, коли зниження їх маси припиняється. Тоді початкову вологість осадів визначають за формулою:

$$W = ((W_3 - W_0) / W_3) * 100\%$$

де:  $W_3$  – загальна маса до висушування, г;  $W_0$  – загальна маса після висушування, г;

### Контрольні запитання

1. Сформулюйте визначення вологості твердих відходів.
2. Поясніть, чому температура висушування не повинна бути вище 105 °С.
3. Як визначається термін висушування?
4. Як змінюється вологість відходів в процесі зберігання?

## Тема 2. Збір та транспортування ТПБВ

**Мета заняття:** вивчити визначення, класифікацію, збір та транспортування ТПБВ

Діяльність людини зумовлює утворення твердих відходів. Газоподібні і рідкі відходи швидко поглинаються природним середовищем, на відміну від них, тверді відходи асимілюються десятки і сотні років. Місця складування твердих відходів займають великі території.

Компоненти сировини, які не використовуються при виробництві продукції, або речовини і енергія, які виникають під час технологічних процесів, і не піддаються утилізації на даному виробництві, називаються – відходи.

Тверді побутові відходи (ТПВ) – це непридатні для подальшого використання харчові продукти і предмети побуту. Вторинні матеріальні ресурси (ВМР) – сукупність всіх видів відходів, які можуть бути використані як основна чи допоміжна сировина для випуску нової продукції. Реальні ВМР – це

ті ресурси для яких створені ефективні методи і технологічні схеми для переробки. Потенціальні ВМР – ті ресурси, що не відносяться до реальних.

За походженням відходи поділяють на такі групи:

1) побутові – тверді відходи, які не утилізуються в побуті (предмети побуту і харчові продукти не придатні для використання);

2) промислові – залишки сировини, матеріалів, напівфабрикатів, які утворюються при виробництві продукції;

3) сільськогосподарські – відходи сільськогосподарського виробництва;

4) будівельні – відходи, які утворюються при будівництві і виробництві будівельних матеріалів;

5) радіоактивні – радіоактивні речовини і матеріали, які утворюються при роботі ядерних реакторів, при виробництві і застосуванні радіоактивних ізотопів;

6) відходи споживання – вироби, які втратили свої споживчі властивості в результаті зносу.

За токсичністю відходи поділяють на:

1) токсичні;

2) нетоксичні.

### **Знешкодження та захоронення твердих промислових відходів**

Всі тверді промислові відходи в залежності від їх впливу на ґрунти, підземні ґрунтові води, атмосферу та здоров'я людини поділяють на чотири класи токсичності:

- I - надзвичайно небезпечні;
- II - високо небезпечні;
- III- помірно небезпечні;
- IV- мало небезпечні.

**До I класу** токсичності відносяться надзвичайно небезпечні тверді промислові відходи:

- мало радіоактивні;
- ртуть та її сполуки;
- миш'як та його сполуки;
- ціаніди;
- та інші надзвичайно отруйні речовини.

**До II групи** токсичності відносять високо небезпечні тверді промислові відходи:

- важкі метали та їх солі;
- хром та його солі;
- кадмій та його солі;
- свинець та його солі;
- відходи гальванічних виробництв;
- осад стічних вод промислових підприємств;
- шлам пилу із систем мокрого очищення газів.

**До III групи** токсичності відносять помірнонебезпечні тверді промислові відходи (які утворюються на підприємствах хімічної промисловості і не відносяться до перших двох груп токсичності):

- сода та дистильована рідина;
- розчини солей;
- пластмаси та інші.

**До IV групи** токсичності відносять мало небезпечні тверді промислові відходи:

- деревина;
- зола;



- шлами;
- продукти збагачення мінеральної сировини.

**Властивості твердих побутових відходів поділяють на:** фізичні, компресійні, абразивні і корозійні, теплотехнічні і санітарно-бактеріологічні.

Фізичні властивості – це щільність, зв'язаність, липкість відходів (середня щільність ТПВ – 0,19-0,23 т/м<sup>3</sup> ).

Компресійні властивості – це здатність відходів ущільнюватись під впливом тиску. Об'єм ТПВ можна зменшити в 5 разів, до щільності 0,8 т/м<sup>3</sup>. При тиску 0,1 мпа об'єм ТПВ зменшується в 3-4 рази.

Абразивні і корозійні – це здатність руйнувати поверхню. Корозія зумовлена вологою і розчинами, які є у відходах.

Теплотехнічні властивості зумовлені органічними речовинами, в яких акумульована велика кількість тепла. Теплоємність залежить від щільності (при збільшенні щільності вона зменшується).

Санітарно-бактеріологічні властивості пов'язані з вмістом хвороботворних мікроорганізмів. Вміст мікроорганізмів у ТПВ від 300 до 15 млрд. на 1 кг сухої речовини.

Поводження з твердими побутовими відходами включає збір, перевезення, поховання, знешкодження та утилізацію.

**Збір побутових відходів** – це діяльність, пов'язана із збиранням і розміщенням відходів у спеціальних місцях чи об'єктах, включаючи сортування відходів з метою подальшої утилізації чи видалення.

**Роздільний збір.** Роздільна, або селективна, система збору окремих складових ТПВ забезпечує одержання щодо чистих вторинних ресурсів і зменшення кількості відходів, що вивозяться. Ця система вимагає свідомого підходу до видалення ТПВ, збільшення числа обслуговуючого персоналу, тари, спеціального транспорту для вивозу кожного виду вторинної сировини. Ці додаткові витрати цілком окупаються за рахунок утилізації вторинних ресурсів. В Україні селективний збір ТПВ поки не одержав практичного розвитку.

**Збір і видалення великогабаритних відходів.** До великогабаритних відносяться відходи, що за габаритами не містяться в стандартні контейнери. У великих містах за рік на кожну людину накопичується до 40 кг великогабаритних ТПВ з питомою масою 0,2 т/м<sup>3</sup>.

**Перевезення відходів** – це транспортування відходів від місця їх утворення або зберігання до об'єктів оброблення, утилізації чи видалення. *Транспортування* займає значну частину затрат при поводженні з ТПВ, оскільки звалища чи переробні підприємства розміщуються, зазвичай, за межами міста, інколи на досить значній відстані. Комунальний транспорт, що при цьому використовується, представляє собою стандартне автомобільне шасі, на котрому встановлено спеціальне обладнання. В залежності від складу та призначення такого обладнання, засоби транспортування ТПВ ділять на кілька типів:

- автомобілі для транспортування ТПВ (сміттевози) з маніпулятором та боковим завантаженням;
- сміттевози із заднім завантаженням ТПВ;
- порталні сміттевози;
- сміттевози типу „мультиліфт“;
- транспортні сміттевози.

*Автомобілі з маніпулятором та боковим завантаженням* призначені для збору та перевезення ТПВ, накопичених в стандартних контейнерах на прибудинкових територіях та громадських, культурних і адміністративних підприємствах. *Сміттевози із заднім завантаженням ТПВ.* Призначені як для завантаження відходів із бачків та відер невеликої ємкості так і з контейнерів допомогою маніпулятора. Для транспортування негабаритних побутових відходів, сипучого та не габаритного будівельного сміття призначені *порталні сміттевози.* Сьогодні промисловість продукує системи „*Мільтиліфт*“ двох типів – маніпуляторні та тросові. Сьогодні гідротранспорт в процесах переміщення відходів практично не використовується (за винятком

описаних вище подрібнювачів органічних відходів із наступним змивом їх в каналізаційну систему).

З кожним роком увага до екологічних проблем зростає, а індустрія переробки сміття взагалі переживає бум. Наприклад, сміттєві контейнери в людних місцях німецької столиці та фінського міста Тампере людським голосом дякують мешканцям та гостям міста за викинуті в них відходи, а сміттєвози тайванських міст в період збору відходів транслюють музику Бетховена, щоб не нервувати громадян в ранковий час. В подальшому планується цим же методом навчати населення англійській мові, транслюючи через встановлені на сміттєвозах: гуномовці ключові англійські фрази (всього близько 300). Незважаючи на начні додаткові витрати (наприклад, один контейнер, що „говорить“, коштує біля 100 євро), робота в цьому напрямку буде продовжуватись.

### **Тема 3. Захоронення ТПБВ**

**Мета заняття:** *засвоїти характеристики захоронення ТПБВ та екологічну систему полігонів ТПБВ*

Незважаючи на всі негативні наслідки захоронення ТПБВ, на сьогодні цей метод вважається найбільш масштабним, простим та дешевим методом знешкодження ТПБВ. І навіть вилучення з обороту величезних площ, інтенсивна міграція в атмосферу та гідросферу токсичних речовин, періодичні аварійні пожежі з викидом в довкілля великих об'ємів забруднюючих сполу та інші негативні наслідки не здатні припинити використання земних надр якості сховища ТПБВ. В більшості країн з низьким та середнім рівнем розвитку переважна частина ТПБВ вивозиться на звалище.

Будь-яке звалище, навіть те, що експлуатується досить короткий термін завжди представляє собою джерело забруднювачів, здатних негативно впливати на довкілля. Із збільшенням терміну експлуатації звалища негативно впливає на прилеглу територію. Зафіксована значна кількісні різноманітних

органічних та неорганічних сполук, емісія котрих в атмосферу перевищує допустимі норми. Крім цього фіксуються викиди метану, флуорену, фенатрен антрацену, етану, етилену, пропану, пропілену, органічні сполуки класу фенолів, заміщених нафталінів та фенатренів, аліфатичних і ароматичних вуглеводнів.

Аналогічні невтішні результати отримані і при дослідженні поверхневих та підземних вод. Особливо проблема забруднення гідросфери загострюєш при неналежній експлуатації полігона, при можливості надходження фільтратів в поверхневі водойми. При належній ізоляції полігона в підземних горизонтах вдається уникнути їх забруднення, однак, в зоні впливу звалища фіксуються підвищені концентрації амонійного азоту, органічні речовин, завислих часток, металів, хлоридів та інших сполук.

За даними Міністерства будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, котре опікується ТПБВ, два сміттєспалювальні заводи, котрі сьогодні ще якимось функціонують на території України – в Києві та Дніпропетровську, здатні знешкодити лише 2,5 % всіх ТПБВ, що утворюються. Всі інші захоронюється на численних полігонах та звалищах, часто несанкціонованих та не обладнаних відповідним чином.

Сьогодні в світі в середньому захоронюється близько 80 % ТПБВ. Сьогодні навіть ті території, котрі використовуються для складування ТПБВ, що утворилися у столиці, важі назвати полігоном, а за рівнем оснащення скоріше можна класифікувати : звалище. Про стан справ в інших містах України, де проблема ТПБВ прос замовчується, говорити не доводиться. Тому лише у 2005 р. було закрито 24 несанкціонованих звалища загальною площею 222,5 га. При такому стані справ неможливо не зверну увагу на кошти, затрачені на підтримання полігонів та звалищ у належної стані. У 2005 р. на реконструкцію таких об'єктів було виділено лише по 2 тис. грн. або 1,42 тис. грн. на 1 га їх площі. Важко навіть уявити, які роботи можна виконати на масштабному полігоні чи звалищі за таку мізерну суму. Причому, основний тягар утримання полігонів та звалищ лягає на плечі місцевих бюджетів.

Державний бюджет значно менше опікується цими проблемами увага держави практично обмежується спробами створення ефективної правової бази в галузі поводження з ТПБВ. Хоча і тут не все гаразд, наприклад, середній по Україні тариф на вивезення та захоронення ТПБ 2005 р. склав для населення 13,29 грн./м<sup>3</sup>. В розрізі областей він коливається від 6,2 грн./м<sup>3</sup>.

Не на належному рівні і увага держави на стадії розробки нормативної бази в галузі поводження з ТПБВ. Лише на 15-му році незалежності уряд спромігся розробити та затвердити вітчизняні ключові документи, котрі рементують проектування, влаштування та експлуатацію нових полігонів, конструкцію існуючих звалищ, нормативи утворення відходів і т.п. Разом з тим, навіть існуючі столичні полігони важко назвати інженерними спорудами котрі призначені для захисту довкілля від негативного вплив'ємів ТПБВ.

Не краща ситуація і в розвинутих країнах. Сьогодні на території США нараховується більше 6000 звалищ, з яких 75 % не ізольовані від підземних вод, 90 % не обладнані системами збору та очищення фільтратів, 70 % не обладнані контрольними свердловинами для спостереження за впливом на довкілля. При цьому вартість захоронення складає близько \$100 за одну тонну. В країнах Західної Європи цей показник ще вищий – до 200 євро за одну тонну. Такі відносно високі ціни стимулюють впровадження роздільного збору ТПБВ з отриманням відповідного прибутку від використання вторинних матеріалів, вилучених із потоку відходів.

**Основне призначення полігонів ТПБВ** – екологічне та санітарно-гігієнічне безпечне тривале зберігання відходів життєдіяльності людини. Воно може стати джерелом розповсюдження збудників холери, дизентерії, черевного тифу та паратифу, сибірської язви, ботулізму, газової гангрени та інших захворювань. З глибиною кількість патогенної та умовно-патогенної флори знижується до допустимих значень, хоча окремі види бацил зафіксовані на різних глибинах. Тому в більшості країн відпрацьовані чіткі вимоги до проектування та експлуатації полігонів ТПБВ, котрі дозволяють уникнути більшості негативних наслідків.

Полігони ТПБВ призначені для захоронення ТПБВ із житлової забудови, садово-паркового змету, будівельних та твердих інертних відходів і промислових відходів III і IV класу небезпеки. З цієї точки зору промислові відходи III і IV класу небезпеки поділяють на три умовні групи:

- промислові відходи IV класу небезпеки, які приймаються без обмежень і використовуються як ізолюючий матеріал – гашене вапно, вапняк, тверді відходи крейди, оксиди алюмінію та кремнію і т. ін.;
- промислові відходи III і IV класу небезпеки, котрі приймаються з обмеженням і складаються з дотриманням граничної кількості і т. ін.;
- промислові відходи III і IV класу небезпеки, котрі приймаються з обмеженням, складаються з дотриманням граничної кількості.

На полігони ТПБВ заборонено приймати промислові відходи I та II класу небезпеки, відходи, котрі містять радіоактивні речовини, вибухонебезпечні та самозаймісті сполуки, промислові відходи з вологістю більше 85 %, різноманітні біологічні відходи, відходи лікувальних закладів. Забороняється захоронення на полігонах ТПБВ промислових відходів, котрі можуть бути використані в якості вторинної сировини отруйних речовин та речовин з агресивними щодо споруд полігону властивостями.

**Розміщення полігонів.** Ділянка для розміщення полігону вибирається на основі аналізу багатьох факторів. Оскільки полігон є структурною складовою загальної схеми санітарного очищення населеного пункту, то очевидно що на початковому етапі проводиться аналіз існуючого та перспективного планування регіону. Полігони ТПБВ допускається влаштовувати лише за межами населених пунктів на відстанях не менше санітарно-захисних зон визначених нормативними документами.

На сьогодні полігони дозволяється влаштовувати таким чином, щоб відстань від межі полігону до житлової та громадської забудови складала не менше 500 м. Мінімальна відстань від сільськогосподарських угідь, автомобільних та залізничних доріг становить 200 м, а від лісу та лісопосадок, не призначених для використання в рекреаційних цілях – 50 м.

Полігони дозволяється влаштовувати не ближче 1000 м від межі міст та 15 км – від аеропортів та різного роду аеродромів. Якщо на території, де передбачається влаштування полігона ТПБВ, розміщені курортні місця, об'єкти, які використовуються в культурно-оздоровчих цілях, заповідники, водоймища господарського призначення, відстань від них до полігона не може бути менше 3000 м. Наведені відстані можуть бути скориговані після відповідного детального обґрунтування розмірів впливу полігону на довкілля та погодження таких коригувань із місцевими органами екологічного контролю і санітарно-епідеміологічної служби.

Для розміщення полігонів ТПБВ рекомендується використовувати землі несільськогосподарського призначення або такі, що не придатні для сільського господарства і не включені у забудову згідно генерального плану розвитку території на найближчі 25 років. При цьому необхідно враховувати розу вітрів та попереджувати негативний вплив полігона на житлову забудову, зони відпочинку, громадські заклади і т.п. Ділянка для розміщення полігона ТПБВ вибирається, виходячи із умови відсутності негативного впливу на поверхневі та підземні води, водозабори, курорти, заповідники. Рівень ґрунтових вод на ділянці розміщення полігона повинен бути на глибині не менше 2 м від його основи, а коефіцієнт фільтрації природного чи штучного протифільтраційного екрана не повинен перевищувати  $10^{-9}$  м/с.

Забороняється розміщення полігонів ТПБВ у заболочених місцях, зонах розвитку тектонічних розломів, зсувів, селевих потоків, снігових лавин, інших геологічних процесів. Не допускається влаштування полігонів в зонах санітарної охорони курортів, в I та II поясах зон санітарної охорони водозаборів, на землях, зайшлих зеленими насадженнями.

Значний вміст органічних речовин у ТПБВ призводить до того, що процеси їх деструкції проходять не лише на початковому етапі накопичення у контейнерах з інтенсивним доступом повітря, а й ще тривалий час в тілі звалища в анаеробних умовах.

З точки зору швидкості розкладання компоненти ТПБВ ділять на чотири

групи:

- I такі, що легко розкладаються;
- II - середнього ступеня розкладання;
- III - такі, що важко розкладаються;
- IV - інертні.

При вологості відходів 50 % період напіврозпаду ТПБВ для I-III фракції складає відповідно 6, 9,15 років. Тому процес деградації ТПБВ в тілі звалища досить складний і довготривалий. При цьому важливо знати процеси, які проходять в тілі звалища та речовини, котрі утворюються в процесі деградції ТПБВ. Це дозволить вірно експлуатувати полігони ТПБВ та адекватно оцінювати їх вплив на довкілля як теперішній, так і перспективний.

Основну масу органічної фази ТПБВ складають папір, картон, деревні та харчові відходи. Тому основні речовини, котрі піддаються деструкції мікрорганізмами – це целюлоза та її похідні і білки.

Оскільки діяльність мікроорганізмів у значній мірі визначається наявністю чи відсутністю кисню, то по глибині звалища умовно розділяють на три зони аеробну, перехідну та анаеробну. При цьому для кожної зони характерний свій домінуючий процес.

Найбільша за товщиною та об'ємом анаеробна зона представляє собою масив ТПБВ, котрий залягають на глибинах більше 2-3 м. Характерною особливістю цієї зони є практично повна відсутність кисню ( не більше 2 %). Тому основну роль в деструкції ТПБВ відіграють анаеробні мікроорганізми. В умовах відсутності кисню процес деструкції відходів суттєво гальмується і на значних глибинах може тривати 50-100 років і більше.

#### **Тема 4. Тверді побутові відходи (ТПБВ)**

**Мета заняття:** *ознайомитись з історією виникнення проблем ТПБВ, а також з принципами поводження з ТПБВ в Україні і світі*

Інтенсивна урбанізація та використання значної кількості штучних



речовин почали загострювати проблему твердих побутових відходів. Першими проблемами ТПБВ стали масштабні епідемії, спричинені їх носіями, котрі масово розмножувались в купах сміття – щурами, клопами, блохами і т.п. Із збільшенням об'ємів накопичення ТПБВ почали виникати проблеми із запахами та задимленням прилеглих територій при самозагорянні звалищ. Перший відомий закон щодо ТПБВ датується 320 р. до н.е. і був прийнятий у Афінах. У 1714 р. в Англії спеціальним указом всі муніципалітети були зобов'язані ввести посаду, котра передбачала управління відходами, що утворюються на території міста. У ХІХ столітті загострюється проблема місць для організації нових звалищ. Вже в 1889 р. американські чиновники констатували нестачу місць для накопичення відходів, а англійські футурологи цілком обгрунтовано розраховували, через скільки років вулиці Лондона вкриються багатометровим шаром кінського гною. Все більшого значення набуває в проблемах ТПБВ фактор ресурсозбереження, оскільки склад відходів суттєво змінюється і вони за окремими компонентами можуть переходити в категорію техногенних родовищ, та економічний фактор, оскільки переробка сміття може, в окремих випадках, приносити достатньо суттєвий прибуток.

Побутовими вважаються відходи, які утворюються в процесі життєдіяльності людини, накопичуються у житлових будинках, закладах соціальної сфери, та є непридатними до подальшого використання за місцем їх утворення.

В Україні також прийнята класифікація відходів за класами небезпеки згідно ДСанПіН 2.2.7.029-99 "Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення" (І клас – надзвичайно небезпечні, ІІ клас – високо небезпечні, ІІІ клас – помірно небезпечні, ІV клас – мало небезпечні). Строго кажучи, ця класифікація стосується промислових відходів, однак її часто застосовують і для ТПВ, відносячи їх до ІV класу небезпеки.

Розвиток сфери поводження з ТПВ у найбільш розвинених країнах Європи дозволяє переробляти, компостувати та спалювати до 95% утворених

відходів. При цьому обсяги переробленого та компостованого сміття перевищують обсяги спаленого. А спалення як таке здебільшого здійснюється в енергетичних цілях. Досвід цих країн показує, що переробка твердих побутових відходів – економічно, екологічно та соціально вигідний вид діяльності.

Лідерами за обсягами корисного використання ТПВ є Бельгія, Данія, Нідерланди, Німеччина, Швеція та Швейцарія. Питома вага побутових відходів, що захоронюються, у цих країнах не перевищує 5% від їх загального обсягу. При цьому показники переробки та компостування перевищують 50%, а питома вага спалення ТПВ з метою рекуперації енергії в усіх перелічених країнах крім Німеччини складає 99-100%.

Показники поводження з твердими побутовими відходами в Україні є прямо протилежними. За останньою інформацією Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства, щорічний обсяг утворення ТПВ в Україні складає приблизно 52 млн. м<sup>3</sup>, або 13 млн. тонн. Обсяги їх переробки, компостування та спалювання не перевищують 8%. Таким чином, більше 90% ТПВ щорічно захоронюються на полігонах, велика частина з яких перевантажена та експлуатується з порушеннями базових екологічних та проектних норм.

В останні роки обсяги утворення ТПВ у ЄС-27 демонструють чітку тенденцію до зниження, при збільшенні кількості населення. Так, у період з 2007 по 2011 рік кількість населення ЄС-27 збільшилась на 1,2% (або на 6 млн. осіб), а загальна кількість утворених ТПВ зменшилась при цьому на 3,5% (або на 9 млн. тонн). Графічно дана динаміка зображена на рисунку 3.

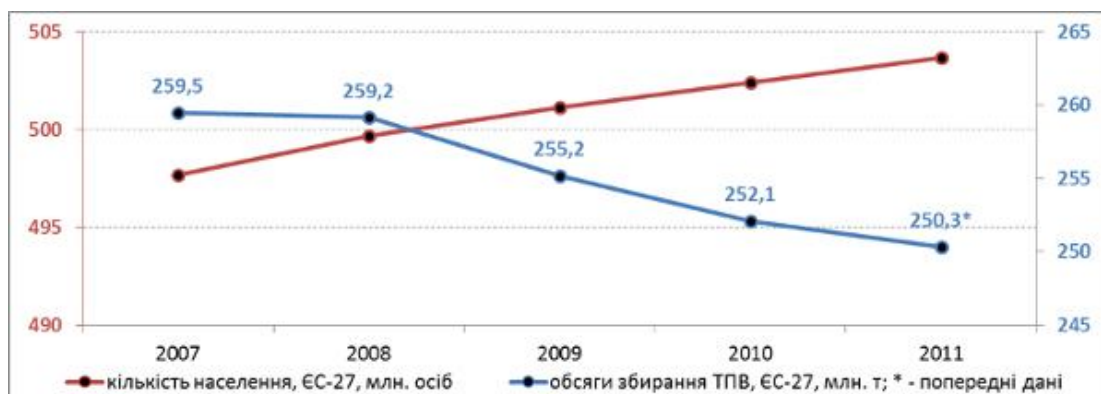


Рис. 3. Динаміка утворення НТВ у країнах ЄС-27

Обсяг утворення ТПВ в Україні збільшується при тому, що кількість населення зменшується – у період з 2007 по 2014 роки кількість населення зменшилась на 1,6% (або 739 тис. осіб), а загальні обсяги збирання ТПВ зросли на 12% (рис. 4).

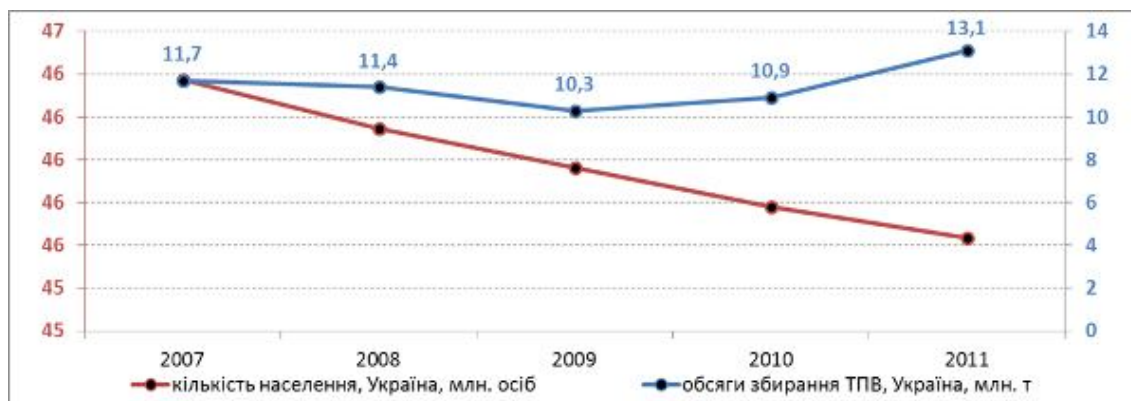


Рис. 4. Середній обсяг утворення НТВ в Україні

Середній обсяг утворення ТПВ на одну особу за 2007-2011 роки склав близько 510 кг для країн ЄС-27, та 250 кг для України. У порівнянні з 2007 роком, у 2011 даний показник зменшився на 5% у ЄС-27, і зріс на 14% в Україні (рис. 5).



Рис. 5. Середній обсяг утворення ТПВ на одну особу

За прогнозами Інституту економіки природокористування та сталого розвитку НАН України, норма утворення ТПВ на одиницю населення до 2020 року має зрости до 347 кг/рік, а у 2030 році – до рівня 395 кг/рік.

За останніми даними Євростату, порівнювана з Україною за кількістю населення Іспанія генерує 535 кг ТПВ/особу (Україна – 287 кг/особу). Територіальні сусіди України – Польща та Румунія, генерують 315 кг/особу та 365 кг/особу відповідно.

В Україні практично відсутня практика зважування твердих побутових відходів, зазвичай облік ведеться у одиницях об'єму (кубічних метрах). Перерахунок у одиниці маси (тони) здійснюється виходячи з густини ТПВ, яка складає біля 0,2-0,3 т/куб. м.

За інформацією Мінрегіону, до 40% обсягу побутових відходів складаються з ресурсів, які можуть бути повернені у господарський обіг. Основну частину ТПВ займають харчові відходи, папір та упаковки, пластикові пляшки та поліетиленові вироби.

У найбільш розвинених країнах використання вторинних ресурсів вважається прибутковим бізнесом – з різних типів відходів роблять добрива, будівельні матеріали, біопаливо тощо. Наприклад, паперові відходи складають значну частку ТПВ. Однак, потрапивши на смітник, вони псуються і переробці не підлягають. При цьому, сучасні технології дозволяють перетворювати макулатуру на тканину, газетний папір, технічний і покрівельний картон тощо.

Полімерних відходів (наприклад пляшок), за деякими оцінками, на смітниках по всій країні зібралося більше 300 тис. тонн, хоча їх також можна переробляти. Проблемним вважається збір даної сировини, оскільки за неї відносно небагато платять. Однак продукти її переробки (гранули) затребувані за кордоном. З гранул роблять нові пляшки та іншу тару, сантехнічні труби, тканини, одяг, іграшки та ін.

Укрупнені дані про морфологічний склад ТПВ в Україні наведені на рисунку 6.



Рис. 6. Укрупнені дані про морфологічний склад ТПВ в Україні

## Практична робота №2

### Тема: Визначення морфологічного та фракційного складу твердих побутових відходів

**Мета заняття:** ознайомлення з процесом визначення морфологічного та фракційного складу твердих побутових відходів та оцінка їх зміни в залежності від джерела утворення.

### Загальні відомості

Морфологічний склад ТПБВ досить різноманітний та мінливий як в часі, так і територіально. Він суттєво залежить від рівня розвитку країни, пори року, географічного розміщення і т.п. Тому відсоткове співвідношення між різними компонентами ТПБВ може бути приведено лише умовно або для конкретної партії сміття. Порівняння осередненого складу сміття для країн з різним рівнем розвитку показує, що при переході від бідних до багатих країн досить суттєво змінюється вміст практично всіх складових ТПБВ. З 2,3 % до 32 % зростає вміст паперу та картону, в той час, як вміст органічних відходів знижується із 61 % до 26 %. В розвинутих країнах переважна більшість продуктів харчування продається в готовому для споживання вигляді напівфабрикатів, тому більша частина відходів від переробки таких продуктів залишається на переробних підприємствах, поповнюючи категорію промислових відходів. Більшість продукції поставляється у фасованому вигляді. Тому збільшення вмісту в ТПБВ паперу та картону зумовлено, переважно, широким використанням тари та

пакування, що є цілком прогнозовано для країн різного рівня розвитку.

Характерно змінюється вміст скла та пластику. Для бідних країн вміст скла та пластику в сумі складає близько 5 %, причому, скла в 2 рази більше ніж пластику. Для перехідних країн сумарний вміст скла та пластику зростає до 13 %, з яких лише близько 2 % – скло, що зумовлено зручністю використання одноразової пластикової тари. В розвинутих країнах, де проблемам екології та ресурсозбереження приділяють більше уваги, використання скляної тари багаторазового використання зростає, що зумовлює збільшення скла у відходах до 10 % при зниженні вмісту пластику до 8 %. Нерівномірно змінюється і вміст у відходах текстилю, гуми та шкіри. Якщо прийняти бідні країни за базу, то у ТПБВ міститься до 7 % текстилю, шкіри, гуми. У країнах перехідного типу вміст текстилю, гуми та шкіри виростає до 14 %, що на нашу думку, може бути пов'язано із збільшенням використання виробів із вказаних матеріалів. Разом з тим, ефективна система збору таких відходів у перехідних країнах відсутня, тому основна маса потрапляє на звалище. В розвинутих країнах система збору вторинних ресурсів добре відлаштована, відпрацьовані шини відправляють на переробку, зношений одяг збирають для використання в якості дрантя чи передачі біднішим верствам населення, тому вміст текстилю, гуми та шкіри у відходах таких країн нижче 5 %. Відповідно змінюються і проблеми, викликані ТПБВ. Якщо для слаборозвинутих країн основними є санітарно-гігієнічні проблеми, то для розвинутих – проблеми ресурсозбереження та екології. Для України, як країни перехідного етапу, характерним є об'єднання обох проблем одночасно.

В значній мірі змінюється склад ТПБВ в залежності від кліматичної зони. На півдні більше органічних відходів та менше паперу і картону. Особливо ця різниця відчутна при зміні сезону, коли в південній зоні вміст органічних відходів зростає з 20-25 % весною до 40-55 % восени, коли відбувається збір та інтенсивне споживання овочів та фруктів нового врожаю. Суттєво змінюється в ТПБВ вміст сміття, котре змітається безпосередньо з вулиць та прибудинкових територій. В зимовий період його доля зменшується в два-три рази.

Потік ТПБВ формується, в основному, за рахунок відходів трьох основних галузей – жилого сектору, комунальних та громадських організацій, промисловості. В усіх випадках мова йде про тверді відходи, що утворюються в результаті перебування працівників на робочому місці і забезпечення їм нормальних умов діяльності. Тому очевидно, що морфологічний склад відходів від кожного з перелічених трьох джерел буде суттєво відрізнятися між собою. Найбільш суттєво відрізняються відходи за вмістом органіки та паперу і картону, що цілком пояснюється особливостями процесів діяльності людини в жилому секторі та на промисловому чи комунальному підприємстві.

Після набуття Україною незалежності відбулося багато змін в рівні життя, значно зріс перелік та об'єм матеріалів, котрі використовуються в побуті, змінилося відношення до вторинних ресурсів. Значна частина металу, паперу і картону, скла, пластику відбирається з ТПБВ ще на стадії накопичення на прибудинковій території. Порівняння складу ТПБВ на території України навіть за останні 15 років (дані Київського заводу "Енергія") показує його значну мінливість. Такі зміни викликані як використанням значних об'ємів нових пакувальних матеріалів (пластичні маси та метали для напоїв), так і рівнем їх збору та утилізації.

В Європейському Союзі осередненим вважається наступний склад побутових відходів (у % по масі сухої речовини): харчові відходи – 20-50, дворові відходи – 12-18, папір та картон – 20-42, текстиль – 1-6, пластмаси – 3-8, деревина – 1-8, скло – 4-12, метали – 3-12, інші неорганічні відходи – 1-20. Вважається, що із загальної маси відходів близько 75 % піддається біологічному розкладанню.

Фракційний склад ТПБВ представляє собою вміст в суміші шматків відповідного розміру. Цей показник дуже важливий для процесів транспортування та обробки ТПБВ, оскільки є визначальним при виборі обладнання окремих процесів, як наприклад, сепарації, розділення, компостування. Дослідженнями встановлено, що до 2 % загальної маси ТПБВ складають шматки з розміром більше 350 мм. 98 % відходів мають менший

розмір шматків. Вміст різних фракцій коливається в значних межах і суттєво залежить від пори року, країни, кліматичної зони і т.д. 2 % відходів представляють собою крупногабаритні відходи у вигляді побутової техніки, старих меблів, шматків будівельних конструкцій з різних матеріалів і т.д.

### **Обладнання, прилади і реактиви**

- зразки відходів;
- лабораторний посуд;
- технічні ваги;
- захисні засоби;
- вимірювальні лінійки.

### **Хід роботи**

Для проведення роботи необхідно отримати зразки твердих побутових відходів із осередненим вмістом різноманітних компонентів. Далі зважують та вимірюють максимальний розмір кожного шматка відходів. Найзручніше оформлення результатів проводити в табличній формі (Таблиця 1). Після заповнення таблиці визначають загальну масу всіх шматків, приймають її за 100 % та розраховують вміст кожної окремої фракції.

Аналогічно проводять розрахунки і фракційного складу.

*Таблиця 1*

№ шматка	матеріал	вага, г	доля, %	розмір, см	доля, %
1	дерево	56	27	12	27
2	пластик	17	8	17	8
3	харчові пр.	46	22	12	22
4	папір	76	36	39	36
5	картон	12	6	6	6
6	гума	3	1	2	1
Разом		210	100		100

### **Контрольні запитання**

1. Що включає поняття морфологічний склад?
2. Які джерела утворення твердих побутових відходів ви знаєте?
3. Поясніть поняття фракційного складу?
4. Як змінюється морфологічний склад в різних умовах?
5. Як змінився морфологічний склад відходів на території України



протягом останніх років?

6. Як поділяють відходи за фракційним складом?

## **Тема 5. Методи підготовки та переробки (ТПБВ)**

**Мета заняття:** *засвоїти промислові методи підготовки та переробки (ТПБВ)*

Для утилізації і знешкодження промислових відходів найбільш розповсюдженими є наступні методи підготовки і переробки відходів: здрібнювання розмірів шматків, укрупнення розмірів часток, класифікація і сортування, збагачення, термообробка, вилучення, зневоднювання

*Здрібнювання відходів.* Тверді відходи як органічні, так і неорганічні можна подрібнювати до потрібного розміру роздавлюванням, розколюванням, розламуванням, різанням, розпилюванням, стиранням і різними комбінаціями цих способів.

*Дроблення* широко використовують при переробці відходів металургійних шлаків, що вийшли з уживання гумовотехнічних виробів, відходів пластмас і інших відходів. Для дроблення використовують щоківі, конусні, валкові, роторні дробарки різних типів. Розмір шматків до дроблення може складати від 1000 до 20 мм, після дроблення 250 – 1 мм.

*Помел* матеріалів 1 – 5 мм здійснюють мокрим і сухим способами за допомогою млинів різного типу. Розмір фракцій після здрібнювання може складати 0,1 – 0,001 мм. Помел застосовують при переробці паливних і металургійних шлаків, відходів вуглезбагачення, деяких виробничих шламів, відходів пластмас, піритних недогарків і інших ВМР.

*Укрупнення розмірів часток* використовують при підготовці до плавки дисперсних відходів чорних і кольорових металів, при утилізації пластмас, саж, пилів, піритних недогарків, при переробці в будівельні матеріали відходів збагачення й інших ВМР. Укрупнення розмірів мілкодисперсних матеріалів

здійснюють методами гранулювання, таблетування, брикетування, високотемпературної агломерації.

*Гранулювання* здійснюють обкатуванням і пресуванням у грануляторах різних конструкцій. *Таблетування* відходів здійснюють за допомогою таблеткових машин різних типів, принцип дії яких заснований на пресуванні дозованих матеріалів у матричні канали. *Брикетування* застосовують з метою додання відходам компактності, зменшення їхнього обсягу, поліпшення умов транспортування, збереження. Брикетування здійснюють за допомогою пресів різних конструкцій. Високотемпературну *агломерацію* здійснюють за допомогою агломераційних машин і використовують при укрупненні дисперсних залізовмісних відходів: окалини, пилів, шламів, піритних недогарків.

*Збагачення* здійснюють виділенням одного або декількох компонентів із загальної маси відходів. Найпоширенішими є гравітаційні, флотаційні, електричні і магнітні способи збагачення. *Гравітаційні способи збагачення* засновані на розходженні щільності і швидкості падіння часток збагачуваного матеріалу в рідкому або повітряному середовищі. Ці методи розділяють на промивання, збагачення відсадженням, у важких суспензіях, у потоках, що переміщуються по похилих поверхнях. *Відсадження* являє собою процес поділу мінеральних часток по щільності під дією перемінних по напрямку вертикальних струменів води або повітря, що проходять через решето висадочної машини. *Збагачення у важких суспензіях і рідинах* полягає в поділі матеріалів по щільності за допомогою суспензій або рідин, щільність яких є проміжною між щільностями поділюваних часток. Для збагачення застосовують різні типи сепараторів. *Збагачення в потоках* на похилих поверхнях здійснюють на концентраційних столах, шлюзах, гвинтових сепараторах. Збагачення матеріалу відбувається в тонкому шарі води під дією по-різному спрямованих потоків води. *Промивання* здійснюють за допомогою промивних машин для відділення глинистих, піщаних і інших мінеральних, а також органічних домішок від твердих відходів. *Флотаційні* способи засновані

на різної змащуваності поверхонь часток водою. Як реагенти використовують олії, жирні кислоти і їхньої солі, меркаптани, аміни й ін. *Ефект поділу флотацією* залежить від насичення води пухирцями повітря, що прилипають до зерен тих мінералів, що погано змочуються, стаючи більш легкими, вони виносяться на поверхню, відокремлюючи від часток, що добре змочуються. У залежності від характеру насичення води повітрям розрізняють напірну, барботажну (пінну), електричну, біологічну і хімічну флотацію. *Магнітні способи* збагачення засновані на поділі матеріалів по магнітних властивостях. Їх застосовують у тому випадку, якщо відходи містять металеві включення. *Електричні способи* збагачення засновані на розходженні електрофізичних властивостей поділюваних матеріалів. Такими способами збагачують рудну сировину, відходи, що містять домішки кольорових металів, формувальні суміші, піски для скляної промисловості. Для цих цілей використовують електричні сепаратори.

*Термічні методи* переробки і знешкодження відходів. До них відносяться піролиз, газифікація, вогневий метод знешкодження і переробки відходів. *Піролиз* являє собою процес розкладання органічних сполук під дією високих температур при відсутності або недоволіку кисню. У результаті піролізу утворюються піролізний газ, смоли і твердий залишок (сажа, активований вугілля й ін.). Продукти піролізу можуть широко використовуватися в народному господарстві. Піролізний газ має переваги перед природним, тому що не містить сполук сірки. Твердий продукт піролізу – сажу використовують у виробництві гумовотехнічних виробів, пластмас, типографських фарб, пігментів. Інертні матеріали, наприклад, розплавлений шлак, гранулюють і використовують у промисловості будівельних матеріалів. *Газифікація* являє собою термохімічний високотемпературний процес взаємодії органічних сполук з агентами, що газифікують, у результаті чого органічні сполуки перетворюються в пальний газ. *Вогневий метод* знешкодження і переробки відходів полягає в спалюванні пальних відходів і вогневій обробці непальних відходів високотемпературними продуктами згоряння палива. Ці методи

включають переплав, наприклад, металобрухту, відходів термопластів, відвальних металургійних шлаків, випал піритних недогарків і залізовмісних шлаків, спікання гальванічних шлаків. *Метод вилучення* заснований на видобуванні одного або декількох компонентів з комплексного твердого матеріалу шляхом їхнього виборчого розчинення в рідину-екстрагент. Цей метод використовується при добуванні металів зі шлаків, піритних недогарків, відходів гірничодобувної промисловості; при добуванні лігніну з деревних відходів і т.д.

### **Темаб. Переробка компонентів (ТПБВ)**

**Мета заняття:** *ознайомитись з переробкою компонентів (ТПБВ)*

Вилучення та повторне використання компонентів ТПБВ має досить суттєві позитивні екологічні та економічні наслідки. Адже вилучення з потоку паперу та картону, скла та пластику, металів та харчових відходів суттєво знижує загальний об'єм відходів, котрі підлягають знешкодженню тими чи іншим методами. Використання компонентів ТПБВ в якості вторинної сировини дозволяє знизити об'єми первинної сировини, знижуючи кількість дерев, вирубуються, руди, що добувається, сільськогосподарських культур, що з добуваються худобі. Крім цього, відомо, що собівартість матеріалів, отримай із вторинної сировини в 5-15 разів нижча від матеріалів із первинної сировини. Значно знижуються затрати та усунення негативних екологічних наслідків переробки та транспортування вторинної сировини, оскільки, на відміну від первинної, її джерела завжди розміщуються в місцях скупчення промислов підприємств, здатних її переробляти. Сьогодні захоронення корисних матеріалів є, без сумніву, злочином. І навіть якщо воно не є таким з кримінальн точки зору, то з моральної та економічної – однозначно таке діяння відноситься до вказаної категорії.

Д. Бомак та Д. Джонс у своїй книзі „Економія мислення" описують ніби добре відомий нам життєвий цикл простої бляшаки для прохолоджувальних

напоїв. Для того, щоб споживач міг випити 330 мл напою, повинні працювати кілька галузей промисловості у кількох країнах. Коротко процес виглядає наступним чином. В Австралії, де розміщені значні поклади бокситів, із земних надр добувається необхідна для отримання алюмінію сировина. На першому етапі природна сировина піддається очищенню та збагаченню, в результаті чого з кожної тонни руди отримують 500 кг бокситів та 500 кг відходів. Бокси завантажують у рудовози і переправляють у Швецію, Норвегію та інші країн де є можливість отримання дешевої електроенергії. На спеціалізованих підприємствах з 500 кг бокситів отримують 250 кг алюмінію у вигляді масивних зливків, котрі в подальшому нагрівають до 500 °C та прокатують до товщин у 3 мм. На наступному етапі обробки холодним прокатуванням товщі отриманих листів зменшують до 0,3 мм та з них штампують банки і кришки, які миють, фарбують, наносять необхідну інформацію, покривають лаком, напилюють на внутрішню поверхню захисне покриття та відгинають кромку. На заводі безалкогольних напоїв їх ще раз миють, чистять і лише тоді заповнюють продукцією та герметизують. Далі баночки встановлюють в спеціальну картонну чи пластикову тару і відправляють в торгівельну мережу, де розпродують, в середньому, за 3 доби. Для того, щоб випити баночку напою, достатньо кількох хвилин. Після цього 84 % баночок викидається у сміття. В результаті загальний об'єм відходів при виробництві баночок складає 88 %. Якщо сюди додати відходи, котрі утворюються при виготовленні картону, вирощуванні буряків та отриманні цукру, добуванні та виготовленні інших компонентів напоїв, то кілька хвилин задоволення споживача (причому, інколи досить сумнівного) явно програють перед шкодою для природи. Все це без врахування шкідливих газових викидів та стічних вод, котрі супроводжують описаний процес на всіх етапах.

Така ж ситуація характерна для всіх без виключення виробів. Наприклад, при виготовленні напівпровідникового мікročіпа кількість відходів більша, ніж у 100000 разів перевищує його вагу. При виготовленні портативного комп'ютера це співвідношення близьке до 4000. Тому очевидно, що кризи в

довкільлі можна уникнути лише шляхом повторного використання компонентів ТПБВ або створенням антропогенного кругообігу речовин. Адже відомо, що в природних умовах для розкладання паперу необхідно від 2 до 10 років, бляшанки з-під консервів – 90 років, фільтра від цигарок – 100 років, пластиків – більше 500 років, скла – більше 1000 років.

При сучасних темпах утворення ТПБВ без використання утилізації через кілька десятиліть Земля представлятиме один суцільний сміттєвий полігон.

Людство вже має тривалий досвід раціонального використання природних ресурсів, котрий сьогодні широко пропагується у розвинутих країнах – використання скляної багаторазової тари. В середньому кожна пляшка може використовуватись 9-10 разів, перш ніж втратить свої споживчі властивості, багаторазове використання скляної тари забезпечує значну економію енергетичних та матеріальних ресурсів.

Підраховано, що Україна щорічно захоронює 3,3 млн. т. макулатури, 550 тис. т. металу, 600 тис. т. полімерів, 770 тис. т. скла, 550 тис. т. текстилю. В той же час в Німеччині, Японії, Франції із вторинної сировини добувають 20 % алюмінію, 33 % заліза, 50 % свинцю, 44 % міді. Лише в США переробка ТПБВ щорічно забезпечує прибуток більше 2 млрд. \$ З кожним роком ситуація змінюється на краще і в Україні. Сьогодні на ринку вторинної сировини найбільш популярними є алюмінієві банки, ПЕТФ-пляшки (Поліетилентерефталат), макулатура. Так, 1 т. брухту алюмінієвих банок коштує біля \$1500, ПЕТФ-пляшки – \$500, макулатури – 50-80\$, що суттєво стимулює збір та повторне використання вказаних матеріалів. А якщо ще зважити на те, що утилізація 1 млн. т. макулатури зберігає 60 га лісу, а переробка 120 т. консервних бляшанок дозволяє отримати 1 т. олова та уникнути добування із земних надр 400 т. руди, то стає очевидним, що рециклінг – найбільш безпечний шлях розвитку людства в галузі поводження з відходами.

Варто зауважити, що навіть в такій благородній справі як утилізація відходів, необхідно знати міру та не втрачати здоровий глузд. Не варто проводи

утилізацію заради самої утилізації, оскільки наслідки можуть бути катастрофічними. Як свідчать ряд вчених, коров'ячий сказ у Великобританії вперше зафіксовано у тварин, котрим згодовували біодобавки, отримані з відходів м'яса переробної промисловості.

### **Тестові питання до модулю 1**

1. Що таке класифікатор відходів?
2. Що таке тверді побутові відходи?
3. На які групи за походженням поділяються відходи?
4. Яке основне призначення полігонів ТПБВ?
5. Пояснити практику поводження з ТПБВ в Україні та в світі?
6. Методи підготовки та переробки відходів?
7. Що собою представляє полігон твердих побутових відходів?
8. Що таке рекультивация?
9. Класифікуйте відходи за класами небезпеки згідно ДСанПІН 2.2.7.029 – 99.
10. Чи являється використання вторинних ресурсів прибутковим? Відповідь обґрунтуйте.

## **МОДУЛЬ 2**

### **Термічні та біологічні методи знешкодження ТПБВ**

#### **Практична робота № 3**

#### **Визначення гранулометричного складу дисперсних суспензій**

**Мета заняття:** ознайомлення з процесом фотоколориметричного визначення гранулометричного складу дисперсних суспензій, що можуть утворюватися в процесах переробки твердих відходів.

#### **Загальні відомості**

В окремих випадках розділення складових твердих відходів відбувається у водному середовищі, що вимагає знання законів осадження окремої частки в різних умовах та методики визначення гранулометричного складу суміші. Гранулометричний склад порошків та суспензій з розміром часток більше 42

мкм досить просто визначається з допомогою сит стандартних номерів. Для порошоків та суспензій з більш дисперсними частинками необхідно застосовувати більш складне обладнання. Одним з таких пристроїв є ваги Фігуровського. Але при незначних концентраціях твердих часток в суспензіях чутливості цих ваг не вистачає, а застосування мікроскопу надто ускладнює сам процес визначення. Більш придатним в цьому випадку є фотоелектричний метод, оскільки фотоколориметр є практично у кожній хімічній лабораторії.

Суть фотоколориметричного методу полягає в наступному. Якщо в кювету залити дозу суспензії та помістити її на шляху світлового променя в фотоколориметрі, то з часом тверді частки будуть седиментувати і оптична густина суспензії зменшуватиметься. Це викликатиме пропорційну зміну фотоструму, яку досить легко зафіксувати з допомогою традиційних приладів.

З іншого боку, процес осідання твердої частки у стоячій воді описується законом Стокса:

$$T = \frac{180 \times h \times \mu}{981(\sigma - 1) \times d^2}$$

де  $h$  – висота від поверхні води в кюветі до середини світлового променя, см;  $\mu$  – в'язкість води при температурі аналізу, пуаз;  $\sigma$  – густина досліджуваного порошку чи твердих часток суспензії, г/см<sup>3</sup>;  $d$  – діаметр часток, мкм.

Як впливає із закону, у випадку, коли кожна частка осаджується окремо і не взаємодіє з іншими частками, спочатку осаджуються найкрупніші, далі – менші за діаметром і т.д. Таким чином, фіксуючи зміну фотоструму в часі, можна розрахувати гранулометричний склад суспензії.

### **Обладнання, прилади і реактиви**

- електричний фотоколориметр ФЕК – 57 з кюветами;
- лабораторний посуд;
- технічні ваги;
- реактиви.

### **Хід роботи**

В трьох склянках ємкістю 0,1 дм<sup>3</sup> готують по 100 мл розчинів з концентрацією 1 г/дм<sup>3</sup> іонів Fe<sup>3+</sup> в першій та суміш 1 г/дм<sup>3</sup> іонів Fe<sup>2+</sup> і 2 г/дм<sup>3</sup> іонів Fe<sup>3+</sup> в другій. Після цього розчином NaOH рН в кожній склянці при



інтенсивному перемішуванні і доводять до 10. Отримані суміші декантацією відмивають від солей до нейтральної реакції та після перемішування відбирають дози по 10 мл, які розводять дистильованою водою в 10 разів. Зразками отриманої суспензії заповнюють з допомогою піпетки кювету на 50 мл від ФЕК – 57. Швидко закривають кришку фотоколориметра і через визначені проміжки часу фіксують показання вимірювального приладу та записують їх в стовбець 2 таблиці 2. Причому, показання знімають в долях одиниці. Після зняття показників для всього терміну осадження обчислюють логарифми показників приладу та записують їх в стовбець 3. В стовбець 4 записують різницю наступного та попереднього логарифмів із стовбця 3. Різниці логарифмів сумують та визначають місткість фракцій шляхом поділу кожного значення стовбця 4 на загальну суму їх значень. Час осадження та розміри фракцій визначені по формулі Стокса для температури 20 °С.

Таблиця 2

Час осадження, с	Показники мілівольметра в долях шкали (Id)	Log Id	Log Id <sub>1</sub> - Log Id <sub>2</sub>	Місткість фракцій А, %	Розмір фракцій, мкм
12					100
16					90
20					80
26					70
35					60
50					50
79					40
140					30
315					20
1260					10
1560					9
1980					8
2580					7
3500					6

Відкладаючи на осі абсцис  $d$ , а на осі ординат – місткість фракцій для кожного значення  $d$ , будують диференційну криву розподілу часток (рис. 2).

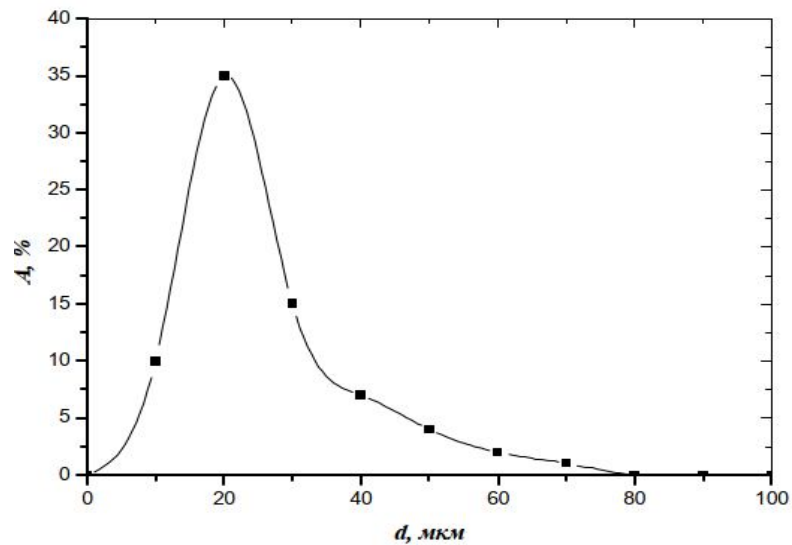


Рис. 7. Диференційна крива розподілу часток за розмірами

Площу, обмежену отриманою кривою, ділять на прості геометричні фігури, визначають їх площу та розраховують сумарну площу під кривою. Приймаючи її за 100 %, визначають долю кожної фігури та будують інтегральну криву розподілу часток (рис. 3).

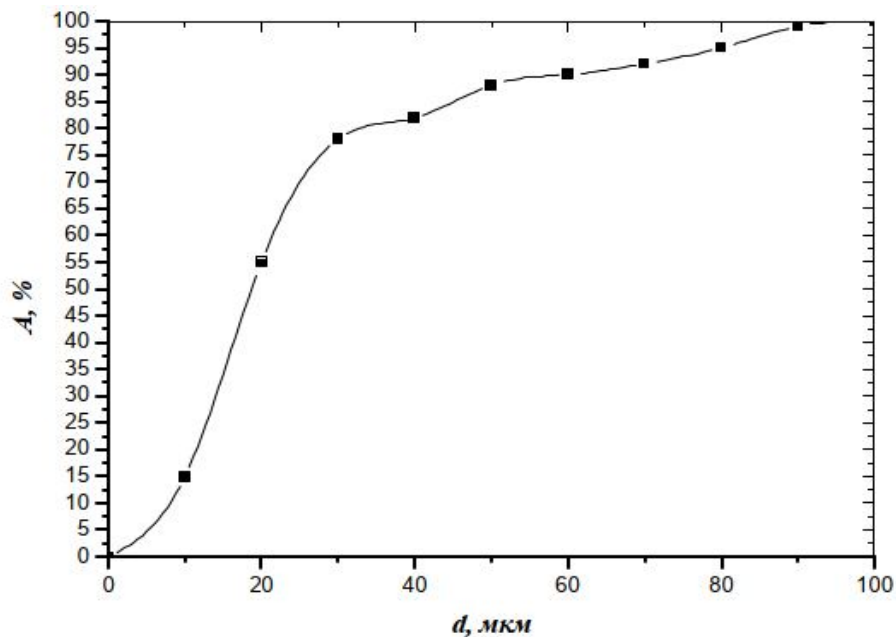


Рис. 8. Інтегральна крива розподілу часток за розмірами

### Контрольні запитання

1. Сформулюйте закон Стокса і поясніть його суть.
2. Поясніть різницю інтегральної та диференційної кривих розподілу.
3. Поясніть розрахунок вмісту різних фракцій у суміші.
4. Зазначте сили, що діють на тверду частку в стоячій воді.
5. Опишіть основні схеми осідання твердої частки у водному середовищі.

6. Поясніть визначення "гранулометричний склад".

## Практична робота № 4

### Класифікація зернистих матеріалів

**Мета заняття:** ознайомлення з процесом класифікації дисперсних матеріалів та визначення гранулометричного складу сипучої суміші.

#### Загальні відомості

**Просіюванням** або **ситовою класифікацією** називають процес розділення подрібнених матеріалів на класи за розмірами шляхом пропускання їх через спеціальні сита чи колосникові решітки. Сьогодні найчастіше використовують плоскі, циліндричні чи конічні сита, отримані шляхом штампування із сталевих листів з отворами відповідної конфігурації та розмірів, плетені сита із дроту різного діаметру і колосники із стержнів різного розміру. Вважається, що просіювання найдоцільніше використовувати для класифікації шматків з розміром  $1 \div 250$  мм. При цьому суть процесу полягає в тому, що під дією сил земного тяжіння та інерції шматки відходів, розмір котрих менше розміру отворів сита, проходять через полотно, а шматки більшого розміру залишаються на ситі. Використовуючи кілька сит з отворами визначених розмірів, можна отримувати фракції твердих відходів, розміри котрих коливаються в наперед заданих межах і носять назву **класів**. При цьому шматки, що пройшли через сито, носять назву **відсіву** і при позначенні класу записуються із знаком "+", а шматки, котрі лишилися на ситі – **відходу** і позначаються знаком "-". Тоді, якщо використовуються, наприклад, сита з розміром отворів 2 та 1 мм відповідно (тобто, частки пройшли через сито з отворами в 2 мм і затримались на ситі з розміром отворів 1 мм), то їх клас буде визначатися як -2+1 мм. Згідно нормативних документів сітки позначають цифровими номерами, котрі відповідають розміру сторони отвору в мм. Наприклад, сітка №5 має квадратний отвір розміром 5×5 мм. А це свідчить про те, що у відсіві максимальний розмір часток не буде перевищувати 5 мм. Для

сита №025 цей параметр становитиме 0,25 мм, а для сит №004 – 0,04 мм. Інколи для характеристики параметрів сит застосовують такий показник, як кількість отворів на довжині в 1 см або значення квадратного кореня із кількості отворів, що припадають на 1 см<sup>2</sup> поверхні сита. Раніше досить часто, особливо для сит з розміром отворів менше 1 мм, використовувалась така характеристика сита, як кількість отворів на один лінійний дюйм, котра носить назву *меш*.

В переважній кількості просіювачів з плоскими ситами використовуються сита, виготовлені з металевих сіток, металевих перфорованих листів чи наборів спеціальних елементів – *дисків* та *роликів*. При цьому, в залежності від типу твердих відходів та умов просіювання, можуть також застосовуватись сітки з гуми, полімерних матеріалів чи кольорових металів. Отвори в ситах виконують, переважно, круглої чи квадратної форми. Розроблені типи сит, у котрих отвори виконані у вигляді щілин. Форма отворів сит вибирається в залежності від форми часток матеріалу, котрий просіюється.

Якість просіювання характеризується коефіцієнтом корисної дії. З різних причин деяка кількість часток навіть з розміром, меншим ніж розмір отвору сита, не проходять через отвори і залишається у відході. Тому коефіцієнт корисної дії просіювачів визначають як

$$E=10000 \frac{G_1}{Ga}\%,$$

де  $G$  – загальна вага початкового матеріалу, кг;  $G_1$  – вага відсіву, отриманого в результаті просіювання, кг;  $a$  – вміст в початковому матеріалі часток, розмір котрих менше розміру отворів сита, %. В більшості випадків  $E = 60 - 75 \%$ . В загальному випадку продуктивність просіювання залежить від значної кількості факторів. Суттєво впливає на цей параметр вологість відходів, форма та шорсткість шматків, співвідношення між окремими фракціями, характеристика обладнання і т.п.

Вміст в суміші шматків різних розмірів носить назву *гранулометричного складу* і визначається з допомогою ситового аналізу.

Продуктивність просіювання характеризується кількістю відходів в т/год, котрі обробляються 1 м<sup>2</sup> поверхні сита. Чим довше триває процес класифікації, тим менше продуктивність обладнання та вище якість розділення на фракції.

Може бути реалізовано кілька схем просіювання. Переваги просіювання від крупного до дрібного в тому, що шматки значних розмірів відділяються від загальної маси відходів на першому етапі, що дозволяє підвищити ефективність просіювання та зменшити знос сит і подрібнення матеріалу. Перевагою цієї схеми є також її компактність, котра значно ускладнює ремонт та заміну сит.

Схема просіювання від дрібного до крупного дозволяє постійно спостерігати за станом сит та досить просто їх замінювати. Однак, в таких просіювачах первинний матеріал завантажується на сито з найдрібнішими отворами, тому крупні частки перекривають отвори сита, знижують ефективність просіювання, зумовлюють значний знос сит та подрібнення шматків початкового матеріалу.

Застосування комбінованої схеми просіювання дозволяє частково усунути недоліки обох попередніх схем.

В лабораторній роботі наведений просіювач, що гойдається, котрий представляє собою корпус 1 з ситам 2, встановлений під кутом  $7 \div 14^\circ$  до горизонту і закріплений на шарнірних чи пружних опорах 3 (рис. 1). Через шатун 4 на корпус передаються коливання від ексцентрика 5, що змушує сито гойдатися з частотою 5 – 8 Гц.

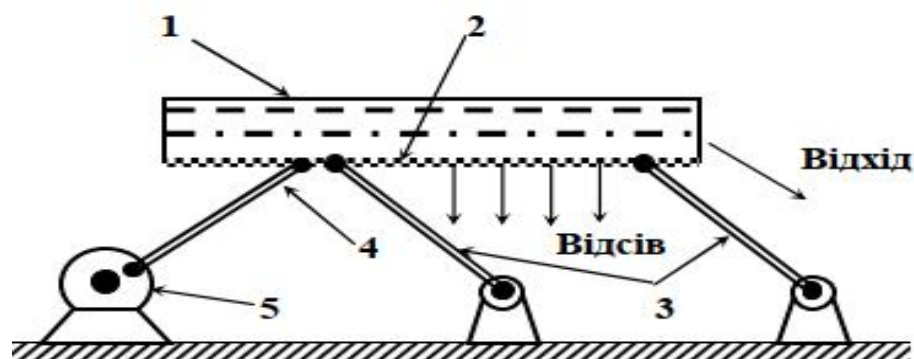


Рис. 9 Схема просіювача, що гойдається  
1 – корпус, 2 – сито, 3 – опори, 4 – шатун, 5 - ексцентрик

Амплітуда гойдань сита визначається характеристиками ексцентрика та конкретними умовами просіювання. Часто в таких просіювачах опори та шатун виконують з дерева, а самі просіювачі використовують для класифікації матеріалів з розміром шматків до 50 мм. Зважаючи на простоту конструкції, зручність обслуговування та досить високу продуктивність, такі просіювачі свого часу були досить поширені. Головним їх недоліком є інтенсивний знос опор та підвищений рівень коливань і шумів.

### **Обладнання, прилади і реактиви**

- лабораторний просіювач;
- технічні ваги.

### **Хід роботи**

Для проведення роботи керівником видається суміш дисперсних матеріалів із різним вмістом часток різноманітних розмірів. Отриману порцію розділяють на дві приблизно рівні частини.

Першу частину зважують та поміщають в сушильну шафу для визначення вологості. Після висушування її висипають в класифікатор і протягом 5 хв піддають обробці, розділяючи суміш на фракції (класи). Кожну фракцію зважують та визначають її долю в загальній суміші.

Другу частину висипають в класифікатор і протягом 5 хв піддають обробці, аналогічно розділяючи суміш на фракції. Кожну фракцію зважують та визначають її долю в загальній суміші.

Порівнюють гранулометричний склад вологої та висушеної суміші. Розраховують продуктивність кожного сита в обох випадках.

### **Контрольні запитання**

1. Наведіть поняття класу, відсіву та відходу.
2. Як позначаються фракції при використанні різних сит?
3. Поясніть розрахунок коефіцієнта корисної дії сита.
4. Як впливає вологість на процеси класифікації?
5. Опишіть основні схеми просіювання, наведіть їх недоліки та переваги.
6. Поясніть визначення "гранулометричний склад".

## Практична робота №5

### Визначення типу відходів пластмас

**Мета роботи:** ознайомлення з властивостями різних видів пластиків та можливістю їх ідентифікації на основі вивчених властивостей.

#### Загальні відомості

За оцінками фахівців в структурі полімерних відходів 34 % складає поліетилен (плівка, пивні ящики, відра, піддони та інші вироби), 20,4 % - ПЕТФ (пляшки від різноманітних напоїв та інших рідин), 17 % - ламінований папір, 13,6 % - ПВХ (труби, плівка, панелі), 7,6 % - полістирол (корпуси електронної апаратури, одноразовий посуд), 7,4 % - поліпропілен (побутові вироби, корпуси акумуляторів, різноманітна тара). Більшість виробів, тари та пакування із пластичних мас тривалий час зберігають свої властивості і придатні для повторного використання. Однак сьогодні збирається та переробляється лише 20 % поліетилену, 17 % поліпропілену, 12 % ПЕТФ, 12 % полістиролу, 10 % ПВХ. Причому, промисловість здатна переробити в кілька разів більше вторинної сировини, ніж її продукується сьогодні із відходів. Вторинна пластикова сировина сьогодні використовується практично в усіх галузях виробництва паралельно із більш якісною первинною сировиною. Із вторинних пластиків продукують елементи машин та механізмів, посуд, меблі та предмети інтер'єру, широкий перелік будівельних виробів, значні об'єми пакувальних матеріалів та тари, труби, полімерну черепицю та тротуарну плитку і багато іншого. Цей сегмент ринку вторинних матеріалів на сьогодні є досить перспективним і дозволяє не лише вирішити екологічні проблеми, а й отримати економічний зиск. При цьому чи не визначальною є стадія збору та класифікації відходів, оскільки саме вона визначає кількість та якість придатної для переробки продукції. І якщо для спалювання чи піролізу склад полімерних відходів не є критичним, то для виготовлення якісної вторинної продукції необхідно забезпечити відповідну якість вторинної сировини, що потребує значних додаткових затрат. Для ефективної переробки пластиків їх необхідно розділити за типом та кольором.

Спростити розділення пластиків дозволяє маркування, котре наноситься на пластикові вироби. Найбільшого поширення набули знаки повторного чи багаторазового використання пакувальних матеріалів (рис. 10), застосування котрих регламентується вимогами спеціальної Директиви ЄС.



**Рис. 10.** Маркування пакувань із різних видів пластичних мас

Інколи в центрі знаків чи під ними додатково розміщують цифровий код або відповідний набір букв. При цьому пластики позначаються цифрами діапазону 1 – 19 включно, папір та картон – 20 – 39, метали – 40 – 49, деревина – 50 – 59, текстиль – 60 – 69, скло – 70 – 79. Окремі види пакувань із пластмас відповідають наступним кодам: 1 – ПЕТФ, 2 - ПЕНТ, 3 – ПВХ, 4 – ПЕВТ, 5 – ПП, 6 – ПС, 7 – інші полімери (рис. 10). Разом з тим, досить часто будь-які маркування на пластикових виробах відсутні. В цьому випадку для визначення типу пластиків використовують їх фізико-механічні властивості.

Для ідентифікації пластиків можна використати такі їх властивості як щільність, розчинність, поведження у вогні та властивості охолоджених крапель.

### **Обладнання, прилади і реактиви**

- зразки відходів;
- лабораторна витяжна шафа;
- технічні ваги;
- захисні засоби;
- реактиви.

### **Хід роботи**

Робота проводиться в кілька етапів. На першому етапі видані викладачем зразки шматків пластиків розділяють у водному середовищі. При цьому дві



групи пластиків: ПЕНТ, ПЕВТ, ПП – спливають на поверхню; ПЕТФ, ПВХ, ПС, фторопласт – тонуть у воді.

Першу групу ідентифікують шляхом аналізу охолоджених крапель. Для ПП краплі тверді та крихкі, тоді як поліетилену характерні м'які краплі. Таким чином розділяють ПП та ПЕНТ і ПЕВТ.

Для розділення пластиків другої групи використовують водні розчини NaCl відповідної щільності. Для відділення фторопласту використовують розчин щільністю 1,5 г/дм<sup>3</sup> і більше. Для відділення ПВХ використовують розчин із щільністю 1,37 г/дм<sup>3</sup>.

Після розділення пластиків мокрим методом можливо під витяжною шафою впевнитися в правильності отриманих результатів шляхом аналізу поведінки їх у вогні.

### **Контрольні запитання**

1. Означте основні види пластиків та їх позначення на виробках?
2. Які властивості пластиків можливо використовувати для їх ідентифікації?
3. Як приготувати розчин із визначеною щільністю?
4. Як розділити пластики, що мають щільність, менше ніж у води?
5. Які небезпечні речовини можуть утворюватися при спалюванні пластиків
6. Як змінюється доля пластиків у твердих побутових відходах протягом останніх 15 років?

### **Тема 7. Маркування пакувальних матеріалів**

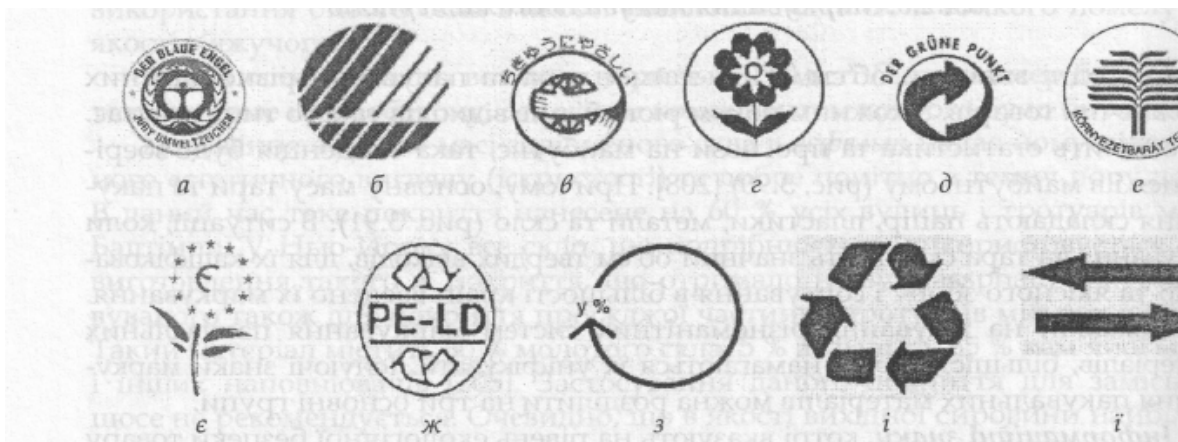
**Мета заняття:** *засвоїти характеристика маркування пакувальних матеріалів*

Сьогодні значний об'єм ТПБВ займає тара та пакування різноманітних споживчих товарів. З кожним роком ріст об'ємів відходів такого типу зростає. Причому, основну масу тари та пакування складають папір, пластики, метали та скло. В ситуації, коли пакування та тара складають значний об'єм твердих відходів, для їх каліфікованого та якісного збору і сортування в більшості країн введено їх маркування. Незважаючи на існування різноманітних систем

маркування пакувальних матеріалів, більшість країн намагаються їх уніфікувати. Існуючі знаки маркування пакувальних матеріалів можна розділити на три основні групи.

*Інформаційні знаки*, котрі вказують на рівень екологічної безпеки товару чи його пакування (рис. 11)

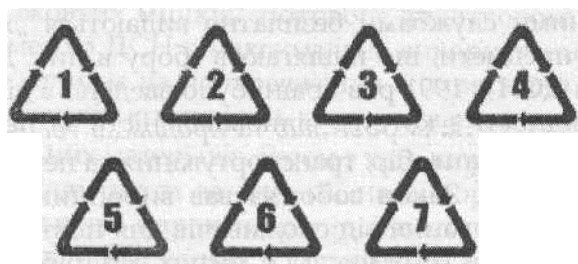
Ряд країн використовують власні знаки, інші – знаки різних спільнот, загальноприйняті. Окремі товаровиробники застосовують свої власні знаки. До цієї ж групи відносяться знаки, котрі виділяють пакування, придатне рециклінгу чи повторного використання.



**Рис. 11. Інформаційні маркувальні знаки: а - "Голубий ангел" (Німеччина) б - "Білий лебідь" (Скандинавські країни); в - "Екознак" (Японія); г - індивідуальний знак товаровиробника; д - "Зелена крапка" (Німеччина); е - екознак Угорщини; е - екознак ЄС; ж - знак можливості утилізації; з - пакування із вторинної сировини; и, i - пакування повторного чи багаторазового використання**

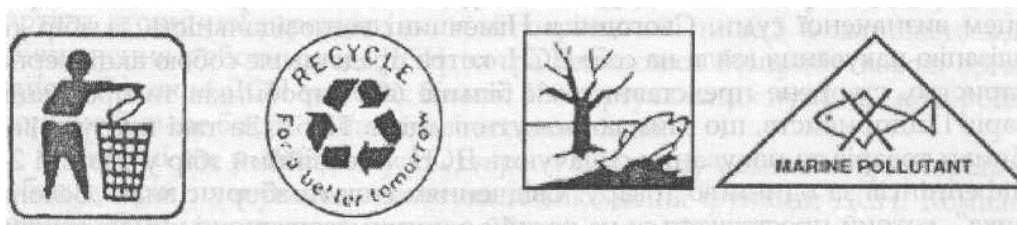
Досить часто на таких знаках і вказується матеріал, з якого виготовлено пакування (рис. 11 ж) або вміст вторинної сировини у вихідному матеріалі (рис. 11 з). Досить поширені зн повторного чи багаторазового використання пакувальних матеріалів (рис 11 и, i), застосування котрих регламентується вимогами ЄС. Інколи в центрі знаків чи під ними додатково розміщують цифровий код або відповідний набір букв. При цьому пластики позначаються цифрами діапазону 1-19 включно, папір та картон – 20-39, метали – 40-49, деревні 50-59, текстиль – 60-69, скло – 70-79. Окремі види пакувань із пластмас

від відають наступним кодам: 1 - ПЕ, 2 - ПЕНТ, 3 - ПВХ, 4 - ГПЕВТ, 5 - ПП, 6 - ПС, 7 - інші полімери (рис. 12).



*Рис. 12. Маркування пакувань із різних видів*

*Знаки-заклики* вказують на можливість вторинної переробки пакувальних матеріалів і закликають після використання розміщувати їх у контейнерах відповідно із нанесеним маркуванням (рис. 13.), що дозволяє уникнути забруднення довкілля відходами життєдіяльності людини. *Попереджувальні знаки* інформують споживачів про небезпеку товару чи пакування для навколишнього середовища або окремих його компонентів (рис.14).



*а*

*б*

*Рис. 13. Знаки-заклики для маркування пакувальних матеріалів*

*Рис. 14. Попереджувальні знаки маркування пакувальних матеріалів*

Наприклад, знак ЄС (рис. 14) попереджає про шкідливість товару чи пакування для довкілля, а знак на рисинку 13 *а, б* – шкідливість для морської флори та фауни при надходженні у гідросферу.

Особливої уваги заслуговує досвід Німеччини у екологічному маркуванні, у 80-х роках минулого століття Німеччина, як і інші розвинуті країни, потерпала від величезних об'ємів ТПБВ, третю частину котрих складало пакування та різноманітна тара. У 1986 р. було прийнято „Закон про

відходи", котрий не лише регламентував захоронення чи спалювання відходів, а й акцентував увагу на попередженні їх утворення та максимальному повторному використанні їх компонентів. Цим законом було визначено нові пріоритети країни в поводженні з відходами. Для вирішення проблеми пакування у 1990 р. було створено Дуальну систему Німеччини (ДСН) (Duales System Deutschland), основна мета котрої полягала в тому, „щоб дати можливість кінцевому споживачу без обмеження споживання та якості життя внести особистий вклад у збереження природних ресурсів через участь у системі переробки відходів". Дуальна або подвійна система передбачала збір комунальних відходів двома основними шляхами. На території Німеччини залишались дійсними існуючі методи збору ТПБВ з використанням традиційних контейнерів. Паралельно існуючій системі вводилась ДСН, котра передбачала встановлення спеціальних жовтих контейнерів та сміттєвих баків, призначених лише для збору пакування, відміченого знаком „Зелена крапка". Додатково у кожному муніципальними службами видаються „жовті мішки", на котрих зображено предмети, що підлягають збору в них. Для забезпечення ефективної роботи ДСН у 1991 р. в країні було введено в дію „Закон про пакування", у відповідності з котрим відповідальність за переробку відходів пакування переносилась на виробників та продавців товарів. Тепер вони були змушені самі організувати збір, транспортування та переробку використаних пакувальних матеріалів. Закон зобов'язував виробників та продавців приймати використане пакування від споживачів для повторного використання чи утилізації, причому, в тому числі і у місцях роздрібного продажу товарів або недалеко від них. В такій ситуації прогресивним було створення єдиної системи збору та утилізації пакування за умови сплати виробником чи продавцем визначеної суми. Сьогодні в Німеччині відповідальність за збір та утилізацію пакування взяла на себе ДСН, котра представляє собою акціонерне товариство, створене представниками більше 600 виробників та продавців товарів і підприємств, що займаються утилізацією ТПБВ. За такі послуги виробники товарів та пакування сплачують ДСН ліцензійний збір. Свідченням сплати

збору є знак „Зелена крапка”, котрий проставляється на кожній одиниці пакування і вимагає збору його у „жовтий мішок”. Зрозуміло, що в кінці кінців вказана сума перекладається на споживачів товарів. Підраховано, що сьогодні кожен житель Німеччини щомісяця сплачує за переробку пакувальних матеріалів 1,9 євро.

Впровадження ДСН дозволило на 14 % знизити об’єми пакувальних матеріалів, оскільки виробники та продавці товарів почали більш критично підходити до необхідності та кількості пакувальних одиниць. В загальному випадку утилізується 60-80 % пакувальних матеріалів, а метою системи є 100% утилізація зібраного матеріалу. Позитивним є той факт, що ДСН багато уваги приділяє агітаційній та пропагандистській роботі серед населення, для чого щорічно публікує „Звіт про рух матеріалів”, де наводить переконливі дані про економію матеріальних та енергетичних ресурсів в результаті повторного використання та переробки зібраного пакування.

Сьогодні аналогічні системи впроваджені у Франції, Австрії, Бельгії, Люксембургу, Іспанії, Португалії, Швеції, Латвії, Чехії, Великобританії, Польщі та інших країнах. Передачею прав на використання маркування „Зелена крапка” за межами Німеччини опікується брюссельська Пакувальна Відновлювальна організація Європи – PRO Europe. Сьогодні знак „Зелена крапка” вважається найбільш поширеним маркувальним знаком у світі і розглядається як загальноєвропейська торгова марка.

Незважаючи на всі переваги, ДСН має і ряд недоліків. На думку фахівців, найбільш негативним є монополізація ДСН на ринку переробки відходів, що в значній мірі стримує розробку та впровадження передових ефективних технологій переробки відходів. Як наслідок першого негативного факту, сама система вважається надто трудомісткою та дорогою, оскільки вміст „жовтих контейнерів” та „жовтих мішків” потребує додаткового сортування. Ряд працівників в галузі переробки відходів критикують саме існування такої системи, оскільки вона зацікавлена в отриманні прибутку, і, відповідно, не зацікавлена у зменшенні об’ємів пакувальних матеріалів. Разом з тим, щорічно

ДСН збирає більше 4 млрд. марок у вигляді плати за ліцензії на використання знаку „Зелена крапка“. Сьогодні ДСН включає більше 320 сортувальних пунктів і переробляє щорічно більше 5 млн. т. пакувальних матеріалів.

В Україні ще у 1998 р. було створено державну компанію Укртарапереробка, планувалося делегувати виконання функцій ДСН. Компанія повинна була накопичувати кошти, зібрані із виробників та продавців товарів, котрі використовують тару та пакування і вкладати ці кошти в розвиток системи переробки ТПББ – впровадження роздільного збору відходів, спорудження переробних підприємств, розгортання мережі збірних пунктів, виховання населення і т.п. Однак до сьогодні в силу різних причин така система в Україні не впроваджена.

Україна пройшла всі необхідні процедури у міжнародних організаціях і була прийнята до складу Глобальної Мережі Екологічного Маркування (Global Ecolabelling Network (GEN)) – міжнародної організації, яка об'єднує 35 програм екологічного маркування в різних країнах світу, в т.ч. і Європейського Співтовариства. В лютому 2005 року Комітет Верховної Ради України з питань екологічної політики, природокористування і ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи ухвалює „Рішення наради з питань розвитку екологічного маркування в Україні від 10.02.2005 р.“ для центральних органів виконавчої влади та українських підприємств. Національним знаком екологічного маркування було прийнято знак „Екологічно чисто та безпечно“ котрий проставляється на окремих видах сертифікованої відповідним чином продукції. Сертифікація продукції проводиться відповідно до вимог міжнародного стандарту 15014024. Підприємство – виробник, продукція якого пройшла сертифікацію, отримує право відтворення знаку екологічного маркування «Екологічно чисто та безпечно» на етикетці, а також на документації та рекламних матеріалах, що підтверджується відповідним міжнародним сертифікатом. Станом на початок II півріччя 2006 р. було сертифіковано продукцію лише 24 підприємств України. Сертифікат дійсний протягом 3 років, після чого процедура сертифікації повторюється. Плата

справляється лише за проведення сертифікації.

## **Тема 8. Будова сміттєспалювальних заводів**

**Мета заняття:** *ознайомитись та засвоїти характеристики та будову сміттєспалювальних заводів*

Вперше «сміттєспалювальний заклад» було побудовано ще в 1870 р. поблизу Лондона. Там спочатку сміття спалювали без сортування, потім зі шлаків стали витягувати металобрухт. З середини 1970-х рр, у розпал світової енергетичної кризи, на відходи стали дивитися як на додаткове джерело енергії. Це призвело до інтенсивного розвитку технологій по знищенню сміття на сміттєспалювальних установках та заводах. Вже до 1980 рр. на їх основі створено кілька типів сміттєспалювальних заводів, що відрізняються умовами і режимами спалювання, технологією розділення і підготовки сміття до спалювання. Дотепер достовірно встановлено, що сміттєспалювальні заводи (ССЗ) становлять величезну загрозу для здоров'я людей. У всіх промислових країнах світу ССЗ є основними і найбільш потужними джерелами викидів діоксинів. Їх існування пов'язане з фатальною помилкою при виборі стратегії знищення твердих побутових відходів у містах Європи та Америки.

Вміст діоксинів та їх аналогів в продуктах спалювання пропорційно вмісту в ТПВ хлорорганічних речовин і хлорполімерів, особливо таких небезпечних попередників діоксинів, як поліхлорфеноли, поліхлорбензоли та ін. У процесі спалювання ТПВ утворюються і інші галогеновмісні токсичні речовини (хлоровані ароматичні сполуки, хлоровані поліхроматичних вуглеводні). Діоксини активно накопичуються у ґрунтах. Першою країною, що оголосила мораторій на будівництво ССЗ у зв'язку з проблемою діоксинів, стала в лютому 1985 р. Швеція. У цій же країні у 1986 р. вперше були прийняті допустимі норми концентрації діоксинів у повітрі.

На зарубіжних сміттєспалювальних заводах (ССЗ) для забезпечення норм гранично допустимих викидів реалізується двостадійне очищення газів.

У 1989 р. була прийнята офіційна директива ЄС, яка регламентує умови будівництва та експлуатації ССЗ у країнах співтовариства. Найбільш важливі вимоги директиви наведені нижче:

1. Сміття повинно сепаруватися, з нього мають бути видалені метали. Негорючого залишку повинно бути не більше 6% від маси всього сміття. Склад спалюваного сміття повинен реєструватися безперервно.

2. Печей на ССЗ повинно бути не менше двох, щоб процес був неперервним. Ця вимога (дублювання) відноситься і до всіх інших систем процесу.

3. Згідно з Нормативами Європейського Союзу геометрія гарячої зони повинна забезпечити перебування газів у зоні з температурою не нижче 850 °С протягом не менше 2 с. («Правило 2 секунд») при концентрації кисню не менше 6%.

В даний час в світі продовжують працювати близько 2000 сміттєспалювальних установок різної потужності. Більшість з них не задовольняють жорстким екологічним вимогам. Однак найсучасніші установки являють собою висококомеханізованні і автоматизовані підприємства, практично не забруднюють навколишнє середовище. У Німеччині передбачається будівництво ряду теплоелектростанцій, що працюють на побутових відходах. Одна з них – поблизу м. Брауншвейг введена в експлуатацію в 2001 р.

Екологи України називають сміттєспалювальні заводи (ССЗ) одними з найнебезпечніших забруднювачів навколишнього середовища. Крім того, медики констатують: близькість до ССЗ може викликати онкологічні захворювання. В Україні постійно діє лише київський сміттєспалювальний завод «Енергія», хоч у 80-х їх було побудовано чотири — окрім столиці, ще у Харкові, Сімферополі, Дніпропетровську (останній запускається епізодично і з великими перебоями). На жаль, у нас звикли звалювати відходи на звалищах.



**Знешкодження відходів.** Спалювання сміття часто неправильно називають термічною утилізацією, що, на жаль, не відповідає дійсності. Справжня утилізація – це така обробка, яка передбачає повторне використання відходів в якості сировини для промисловості. Наприклад, переробка макулатури на технічний папір – це утилізація. А спалювання несорттованих побутових відходів не тільки не створює нової сировини, а і вимагає залучення значних енергетичних ресурсів у вигляді газу та електроенергії. До того ж, сміттєспалювання знищує ті відходи, що можуть бути піддані переробці та використані у якості вторинної сировини. Згідно з Кіотським протоколом, до якого, як відомо, приєдналася й Україна, до 2015 року в Європі мають бути ліквідовані всі сміттєві звалища. Зрозуміло, що працюватимуть ССЗ, в Україні вони будуватимуться, а старі модернізуватимуться. Найголовніше в іншому: відходи мають сортуватися біля будинків, оскільки сміття, яке вилежало добу в контейнерах або побувало в сміттєвозах, утилізації вже, на жаль, не підлягає. Іноді можна також почути термін «знешкодження відходів». Зрозуміло, що побутове сміття, значну частину якого складає органіка, являє собою небезпеку для навколишнього середовища та здоров'я людей. Однак при спалюванні цього сміття виникають нові проблеми – утворюється велика кількість CO<sub>2</sub>, токсичного попелу та агресивних хімічних сполук, що потрапляють в ґрунт та атмосферу.

Для того, щоб ТПВ краще горіли, на заводах використовують природний газ або формують спеціальні паливні брикети із додаванням горючих речовин. Оскільки при такому спалюванні виділяється велика кількість тепла, його можна вловлювати і використовувати для енергетичних потреб підприємства чи на продаж. Це дозволяє компенсувати затрати на спалювання відходів. В глобальному плані цей підхід також забезпечує економію таких класичних невідновлюваних паливних ресурсів як вугілля, газ, мазут або нафта. Спорудження нових заводів з основною метою отримання електроенергії є нонсенсом. На цей час в Україні функціонують два сміттєспалювальних заводи – в Києві та Дніпропетровську. Незважаючи на моральну та фізичну

застарілість, вони продовжують переробляти істотну частку міських відходів, рятуючи жителів від тонн щоденного сміття.

**Характеристика сміттєспалювального заводу Києва.** На сьогодні завод спалює до 25 % несортованих твердих побутових відходів Києва, що складає приблизно 240 тис. тонн на рік. З відходів вилучається металобрухт, а все решта спалюється з додаванням газу за температури не менше 800°C. В результаті спалювання утворюється шлак, що потім ховається на Полігоні №5, і попіл, котрий у більшій чи меншій мірі вловлюється електрофільтрами, після чого також вивозиться на полігон. 1 тонна побутових відходів перетворюється на 350 кг шлаку і 40 кг попелу. Спеціальних заходів для ізоляції цих речовин від іншого сміття та від навколишнього середовища не здійснюється. При згоранні виділяється велика кількість тепла, яке можна використовувати для обігріву житлових масивів або для виробництва електроенергії. Керівництвом заводу було прийнято рішення про спорудження турбогенератора, котрий дав би змогу виробляти енергію для потреб заводу і на продаж, виправдовуючи таким чином назву підприємства. Зараз харківське інженерне об'єднання Енергомаш займається розробкою відповідної проектної документації. За оцінками фахівців, після втілення проекту в життя завод зможе виробляти до 200 тис. Гкал теплової енергії на рік, чого має вистачити на обігрів самого заводу та житлового масиву Позняки. Окрім того, турбогенератор даватиме 3,5-6 МВт електроенергії, з яких завод використовуватиме 1 МВт, а решту продаватиме. Орієнтовна вартість спорудження турбіни складає 40 млн. грн. Зважаючи на можливість продажу надлишку тепло- та електроенергії, ця сума має окупитися за 3 роки. На даний час на заводі працює лише один ступінь очистки диму – електрофільтри. Ці пристрої вловлюють частинки попелу та пилу перед тим, як дим надходить у трубу. Зібраний пил змішується з водою та шлаком і вивозиться на сміттєзвалище. Планується впровадити п'ятиступеневу систему очистки – 1. додавання карборунду в топку;

- промивка лужним розчином вапна для зменшення кількості діоксинів;
- застосування активованого вугілля для адсорбції важких металів;

- встановлення рукавних фільтрів для вловлювання пилу;
- скруббер.

Завдяки цим заходам показники викидів заводу мають бути доведені до Європейських нормативів. Отже мешканцям прилеглих районів стане легше дихати, хоча проблема захоронення шлаків і високотоксичної золи залишиться відкритою. Більше того, додавання до ТПВ вапняних розчинів та активованого вугілля суттєво збільшить об'єми утворюваних шлаків. Основними важелями в питанні роздільного збирання відходів є екологічна освіта населення та соціальну рекламу в поєднанні із державною підтримкою та ініціативою жеків. Київський сміттєспалювальний завод "Енергія" терміново потребує модернізації. Проте вони все не можуть розпочати реконструкцію. Оскільки міська влада не дає згоди на це. Тож нині завод працює на половину своєї потужності.

## **Тема 9. Заводи біотермічного компостування**

**Мета заняття:** *засвоїти характеристика заводів біотермічного компостування*

*Компостування* – процес розкладання органічних компонентів ТПБВ мікроорганізмами в присутності кисню повітря з утворенням вуглекислого газу, води, тепла та компосту. Основною сировиною для мікроорганізмів служать високомолекулярні та олігомерні природні речовини. Процес розкладання проходить шляхом утворення ацетальдегіду ( $\text{CH}_3\text{CHO}$ ), оцтової кислоти ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) і, в кінцевому результаті, утворення вуглекислого газу та води.

Оскільки температура в товщі ТПБВ в результаті компостування зростає до  $65\text{ }^\circ\text{C}$  і більше, то знищуються більшість хвороботворних мікроорганізмів та насіння бур'янів. Вперше цей процес використали в Нідерландах ще у 1932 р. В деяких країнах компостування не набуло широкого розповсюдження із – за вмісту у вихідному продукті значних концентрацій шкідливих речовин, перш за все, важких металів.

Як і звичайне, біотермічне компостування базується на природних, але значно прискорених реакціях розкладання органічної фракції ТПБВ аеробними мікроорганізмами (гриби, актиноміцети, бактерії) з утворенням твердої фази у вигляді гумусу та газової фази у вигляді, переважно, вуглекислого газу та води із різноманітними незначними домішками. Прискорення реакцій компостування проводиться шляхом аерації відходів нагрітим (при необхідності) до 60 °С повітрям з постійним перемішуванням компостної маси. В результаті такої обробки термін компостування знижується до 2-3 діб. При цьому оптимальною вважається вологість відходів у діапазоні 45-55 %. Варто відмітити, що при компостуванні крім розкладання складних органічних сполук відбувається утворення нових, в т.ч. і антибіотичних речовин, котрі мають літичні та бактерицидні властивості і сприяють знищенню патогенної мікрофлори. Разом з тим, для біотермічного компостування необхідно споруджувати цілий комплекс різноманітних, інколи досить складних споруд. Найчастіше на таких заводах застосовують масштабні барабани по типу цементних печей, здатні обертатися. Морфологічний склад ТПБВ вимагає як попереднього сортування відходів, так і додаткової обробки отриманого компосту.

Біотермічні барабани, на відміну від компостування у валках, забезпечують:

- інтенсивну примусову аерацію ТПБВ, руйнування скупчень анаеробів;
- подрібнення та перемішування відходів, що збільшує їх питому поверхню, покращує водний та повітряний режим термофільної мікрофлори;
- природну інокуляцію свіжих ТПБВ термофільною та термотолерантною мікрофлорою;
- пасивне початкове розігрівання свіжих ТПБВ.

В загальному випадку біотермічне компостування включає дві стадії – власне, біотермічне компостування в горизонтальних барабанах та дозрівання в штабелях на спеціальних майданчиках. В свою чергу процес біотермічного компостування умовно поділяють на три фази.

*Перша фаза* відповідає періоду інтенсивного розмноження мезофільних мікроорганізмів з оптимальною температурою життєдіяльності 20-35 °С. Протягом цієї фази мікроорганізмами споживають лише ті білки, органічні кислоти та вуглеводні, що можуть бути легко трансформовані в цих умовах. Переважно, це складові харчових відходів. В результаті життєдіяльності мезофільних мікроорганізмів виділяється теплова енергія, що призводить до підвищення температури в біотермічному барабані до 50 °С. В залежності від зовнішніх умов, перша фаза може тривати від однієї до кількох діб.

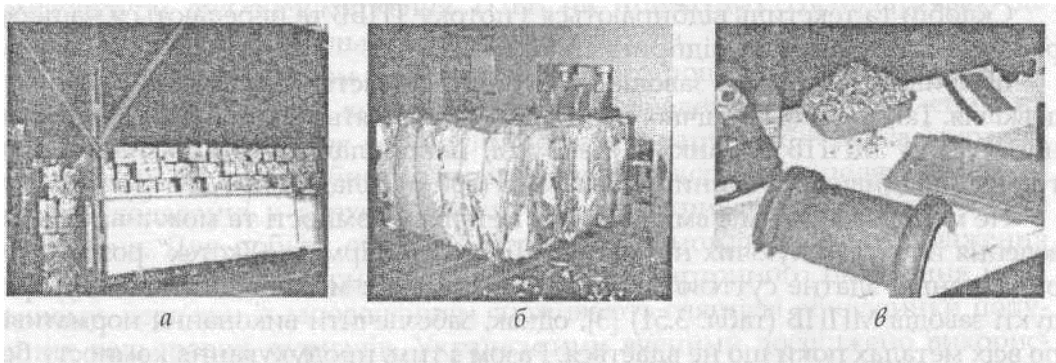
*Друга фаза* характеризується інтенсивним розвитком термофільних мікроорганізмів, чому сприяє досить висока температура в барабані. В результаті процесів життєдіяльності цього виду мікроорганізмів температура в барабані зростає до 55-60 °С. Оскільки ця фаза триває 2-3 місяці, то в біотермічному барабані вона лише розпочинається. Саме для закінчення цієї фази необхідне дозрівання компосту в штабелях після вивантаження із барабану. У випадку застосування компосту в якості біопалива для теплиць процес дозрівання проводять у закритому ґрунті безпосередньо в місцях використання.

*Третя фаза* характеризується частковим відмиранням термофільних мікроорганізмів та переходом їх в стан спор. До початку цієї фази більшість органічних сполук, що можуть бути легко розкладені, вже спожиті мікроорганізмами і знову починають розвиватися мезофільні мікроорганізми, котрі мають потужну ферментативну систему, здатну розкласти стійкі органічні сполуки типу клітковини та лігніну. При цьому температура в масі відходів поступово знижується.

Перші заводи з біотермічними барабанами були орієнтовані на знешкодження ТПБВ та захист довкілля від забруднення, тому до їх складу входив мінімальний набір обладнання – приймальний бункер для накопичення відходів, пластинчастий живильник для рівномірної їх подачі, біотермічний барабан, магнітний сепаратор для відділення чорних металів та просіювач для очищення компосту.

На більшості сучасних завода такого типу додатково встановлюють дробарки для компосту, сепаратори кольорових металів, скла, текстилю та полімерної плівки, сортувальні лінії і т.п., а в технологічному процесі використовують два, три і більше типів трансформації ТПБВ. При цьому один із типів, як в даному випадку – біотермічне компостування, може бути пріоритетним. Більшість заводів сьогодні орієнтовані на комплексну переробку ТПБВ, оскільки компостуванню піддається лише 50-60 % від загальної маси ТПБВ, а вихід компосту складає 38-42 %. Все інше повинно утилізуватися іншими методами.

Для отримання якісних чорних металів необхідно підбирати величину напруженості магнітного поля. Оскільки основним видом відходів чорних металів є консервні банки, то для їх видалення достатньо напруженості в 20 кА/м. Збільшення напруженості магнітного поля до 40 кА/м дозволяє видалити



**Рис. 15. Продукція Дослідного заводу МПШВ: а - пресовані метали; б - тюкована макулатура; в - крихта пластиків**

частково заповнені банки, а 80 кА/м – навіть повністю заповнені. При цьому варто пам'ятати, що із збільшенням напруженості магнітного поля зростає вміст неметалевих домішок, котрі видаляються разом із металами, знижують якість вторинної сировини та перешкоджають її ефективному пресуванню. На сучасних заводах з потоку ТПБВ видаляють до 90 % чорних металів, причому, близько 30 % після біотермічного барабана.

Заводи МГШВ комплектуються як типовим обладнанням типу сепараторів, просіювачів, дробарок, пресів, транспортерів, так і нетиповим,

основним з котрих є біотермічний барабан.

Компост представляє собою вологу розсипчасту масу темно-сірого кольору, котра містить не менше 50 % органічних речовин і за своїми агрохімічними властивостями не поступається традиційним органічним добривам – торфу та гною. Санітарно-епідеміологічний висновок дозволяє використовувати компост в сільському та парково – садовому господарствах, в якості біопалива в парниках, для рекультивації порушених земель та заповнених звалищ. Потужність заводу по компосту складає 20-30 тис. т/рік. Разом з тим, сьогодні на території країн СНД ажіотажу у використанні такого компосту не спостерігається, тому об'ємні купи компосту – невід'ємна складова кожного заводу МППВ.

Важливою перевагою заводів МППВ є відсутність негативного впливу на довкілля. Так, викиди термічної переробки не виходять за межі ЩК. Для Дослідного заводу МППВ в Санкт-Петербурзі, наприклад, максимальна концентрація шкідливих речовин на межі ССЗ (500 м) складає 0,4 ГДК.

Не менш важливим є вміст важких металів у компості та можливість приведення його до існуючих нормативів. Сьогодні фірмою „Екотех” розроблено обладнання, здатне суттєво знизити вміст важких металів в основному продукті заводів МППВ однак, забезпечити виконання нормативів по всіх металах поки що не вдається. Разом з тим, продукування компосту без надмірного вмісту важких металів автоматично вирішує проблему його збуту та робить підприємства такого типу прибутковими.

## **Тема 10. Морфологічний та фракційний склад ТПБВ**

**Мета заняття:** *засвоїти основні характеристики морфологічного та фракційного складу ТПБВ*

Морфологічний склад ТПБВ досить різноманітний та мінливий як в часі, так і територіально. Він суттєво залежить від рівня розвитку країни, пори року, географічного розміщення і т.п. Тому відсоткове співвідношення між різними

компонентами ТПБВ може бути приведено лише умовно або для конкретної партії сміття. Порівняння осередненого складу сміття для країн з різним рівнем розвитку показує, що при переході від бідних до багатих країн досить суттєво змінюється вміст практично всіх складових ТПБВ. З 2,3 % до 32 % зростає вміст паперу та картону, в той час, як вміст органічних відходів знижується із 61 % до 26 %. В розвинутих країнах переважна більшість продуктів харчування продається в готовому для споживання вигляді напівфабрикатів, тому більша частина відходів від переробки таких продуктів залишається на переробних підприємствах, поповнюючи категорію промислових відходів. Більшість продукції поставляється у фасованому вигляді. Тому збільшення вмісту в ТПБВ паперу та картону зумовлено, переважно, широким використанням тари та пакування, що є цілком прогнозовано для країн різного рівня розвитку. Характерно змінюється вміст скла та пластику. Для бідних країн вміст скла та пластику в сумі складає близько 5 %, причому, скла в 2 рази більше ніж пластику. Для перехідних країн сумарний вміст скла та пластику зростає до 13 %, з яких лише близько 2 % скло, що зумовлено зручністю використання одноразової пластикової тари. В розвинутих країнах, де проблемам екології та ресурсозбереження приділяють більше уваги, використання скляної тари багаторазового використання зростає, що зумовлює збільшення скла у відходах до 10 % при зниженні вмісту пластику до 8 %. Нерівномірно змінюється і вміст у відходах текстилю, гуми та шкіри. Якщо прийняти бідні країни за базу, то у ТПБВ міститься до 7 % текстилю, шкіри, гуми. У країнах перехідного типу вміст текстилю, гуми та шкіри виростає до 14 %, що на нашу думку, може бути пов'язано із збільшенням використання виробів із вказаних матеріалів. Разом з тим, ефективна система збору таких відходів у перехідних країнах відсутня, тому основна маса потрапляє на звалище. В розвинутих країнах система збору вторинних ресурсів добре відлаштована, відпрацьовані шини відправляють на переробку, зношений одяг збирають для використання в якості дрантя чи передачі біднішим верствам населення, тому вміст текстилю, гуми та шкіри у відходах таких країн нижче 5 %. Відповідно змінюються і проблеми, викликані



ТПБВ. Якщо для слабкорозвинутих країн основними є санітарно-гігієнічні проблеми, то для розвинутих – проблеми ресурсозбереження та екології. Для України, як країни перехідного етапу, характерним є об'єднання обох проблем одночасно. В значній мірі змінюється склад ТПБВ в залежності від кліматичної зони. На півдні більше органічних відходів та менше паперу і картону. Особливо ця різниця відчутна при зміні сезону, коли в південній зоні вміст органічних відходів зростає з 20-25 % весною до 40-55 % восени, коли відбувається збір та інтенсивне споживання овочів та фруктів нового врожаю. Суттєво змінюється в ТПБВ вміст сміття, котре змітається безпосередньо з вулиць та прибудинкових територій. В зимовий період його доля зменшується в два – три рази. Потік ТПБВ формується, в основному, за рахунок відходів трьох основних галузей – жилого сектору, комунальних та громадських організацій, промисловості. В усіх випадках мова йде про тверді відходи, що утворюються в результаті перебування працівників на робочому місці і забезпечення їм нормальних умов діяльності. Тому очевидно, що морфологічний склад відходів від кожного з перелічених трьох джерел буде суттєво відрізнятися між собою. Найбільш суттєво відрізняються відходи за вмістом 20 органіки та паперу і картону, що цілком пояснюється особливостями процесів діяльності людини в жилому секторі та на промисловому чи комунальному підприємстві. Після набуття Україною незалежності відбулося багато змін в рівні життя, значно зріс перелік та об'єм матеріалів, котрі використовуються в побуті, змінилося відношення до вторинних ресурсів. Значна частина металу, паперу і картону, скла, пластику відбирається з ТПБВ ще на стадії накопичення на прибудинковій території. Порівняння складу ТПБВ на території України навіть за останні 15 років (дані Київського заводу "Енергія") показує його значну мінливість. Такі зміни викликані як використанням значних об'ємів нових пакувальних матеріалів (пластичні маси та метали для напоїв), так і рівнем їх збору та утилізації. В Європейському Союзі осередненим вважається наступний склад побутових відходів (у % по масі сухої речовини): харчові відходи – 20 – 50, дворові відходи – 12 – 18, папір та картон – 20 – 42, текстиль – 1 – 6,

пластмаси – 3 – 8, деревина – 1 – 8, скло – 4 – 12, метали – 3 – 12, інші неорганічні відходи – 1 – 20. Вважається, що із загальної маси відходів близько 75 % піддається біологічному розкладанню.

Фракційний склад ТПБВ представляє собою вміст в суміші шматків відповідного розміру. Цей показник дуже важливий для процесів транспортування та обробки ТПБВ, оскільки є визначальним при виборі обладнання окремих процесів, як наприклад, сепарації, розділення, компостування. Дослідженнями встановлено, що до 2 % загальної маси ТПБВ складають шматки з розміром більше 350 мм. 98 % відходів мають менший розмір шматків. Вміст різних фракцій коливається в значних межах і суттєво залежить від пори року, країни, кліматичної зони і т.д. 2 % відходів представляють собою крупногабаритні відходи у вигляді побутової техніки, старих меблів, шматків будівельних конструкцій з різних матеріалів і т.д.

## **Тема 11. Термічна переробка твердих відходів**

**Мета заняття:** *засвоїти історію виникнення термічної переробки (ТПБВ) та основні методи термічного знешкодження ТПБВ*

З різних методів переробки ТПВ найбільш відпрацьованим є спалювання. Можливість використання цього методу для переробки ТПВ базується на морфологічному складі ТПВ, які містять до 70-80% органічної (горючої) фракції. Історично спалювання стало першим технічним напрямом, який людство застосувало на практиці, вступивши у фазу планомірної боротьби з муніципальними відходами: перше «сміттеспалювальний заклад» було побудовано в 1878 р. поблизу Лондона. Природно, в першу чергу такі установки стали будувати в країнах з відносно малою площею та високою щільністю населення. В даний час сміттеспалювання найбільш поширене в Японії, Швейцарії, Данії, Швеції, Німеччині, Нідерландах, Франції.

У 80-х роках ХХ століття кількість спалюваних відходів на душу населення становило: в СРСР, Норвегії та Іспанії – 0,05 кг/чол. на добу; у

Великобританії, Італії, США, Канаді та Фінляндії – 0,05-0,15; у Франції, Японії, Австрії, ФРН, Бельгії та Нідерландах – 0,25-0,4; в Швеції, Швейцарії, Данії, Люксембурзі і Монако – більше 0,5.

В даний час в європейських країнах з застосуванням термічних методів переробляють 25-30% обсягу міських відходів, в Японії – 65-70%, в США – 15-20%. Оскільки спалювання являє собою екзотермічний процес, тепло, що виділяється, може бути утилізовано.

З поглибленням енергетичної кризи в середині 70-х років ТПВ стали розглядати як енергетичну сировину. Було підраховано, що при спалюванні 1 т ТПВ можна отримати 1300-1700 кВт-год теплової енергії або 300-50 кВт-год електроенергії.

Саме в цей період відзначається досить інтенсивне будівництво сміттєспалювальних заводів з утилізацією тепловидхідних газів. А також розвиток робіт з отримання горючої фракції ТПВ палива у вигляді брикетів для використання на електростанціях в суміші з вугіллям (частка підмішуваних відходів – до 20%). Це паливо з відходів в різних країнах отримало різні назви: «RDF» в США, «BRAM» в Німеччині, «Brini Fuel» в скандинавських країнах.

До 2000 р. у різних країнах діяло понад 400 заводів, на яких застосовувалося спалювання ТПВ з виробництвом пари і виробленням електроенергії.

Підраховано, що в Західній Європі спалювання всіх відходів, що утворюються, могло б покрити 5% споживаної теплової енергії для побутового сектору. У той же час, наприклад, у Швеції тепла енергія, що виробляється на сміттєспалювальних заводах, складає 13 потреби побутового сектору країни в теплі. У 1996 р. в світі діяло близько 2400 заводів, на яких використовувалися термічні процеси для переробки ТПВ або виділених з них горючих фракцій. Передбачається, що до 2005 р. в світі буде діяти близько 2800 таких заводів.

Більшість європейських сміттєспалювальних заводів мають продуктивність від 170 до 800 т/добу і переважно використовують

котлоагрегати невеликої та середньої продуктивності – 5-15 /год. Техніка та технологія спалювання ТПВ безперервно удосконалювалися.

У 30-ті роки були розроблені печі для безперервного кульового спалювання ТПВ, здійснюваного на колосниковій гратці, встановленій в нижній частині печі.

На початку 80-х років стали з'являтися котлоагрегати з топками з псевдозрідженим шаром (система «тверде-газ»), а в кінці 80-х – печі з циркулюючим киплячом шаром, що більшою мірою відповідають екологічним вимогам, які не потребують обов'язкової підготовки відходів до спалювання.

На сьогодні використовується три основні методи термічного знешкодження ТПБВ:

- пряме спалювання;
- піроліз;
- газифікація.

Незважаючи на всі відомі недоліки прямого спалювання ТПБВ, воно досить широко використовується для їх знешкодження. З одного боку сміттєспалювання дозволяє майже в 3 рази зменшити об'єм ТПБВ, отримати додаткову енергію, знищити неприємні запахи, попередити розмноження бактерій та вірусів. З іншого – спалювання ТПБВ супроводжується викидами в довкілля надзвичайно небезпечних речовин. Але ще 20 років тому такий метод вважав чи не найперспективнішим методом утилізації ТПБВ.

Добре відомо, що перший ССЗ було побудовано в Англії ще у 1874 році, сміття почали спалювати чи не зразу ж після опанування вогню. В подальшому спостерігається інтенсивне поширення ССЗ по території всіх розвинутих країн. Так, до початку ХХ ст. в США 15 % міст вже спалювали свої ТПБВ. Перший ССЗ на території Росії було споруджено у 1914 р. в Санкт-Петербурзі.

Інтенсивний розвиток прямого сміттєспалювання відбувався до тих пір, доки людство не замислилось над питанням, у що ж трансформуються у вогні ТПБВ і як в подальшому нові речовини впливають на довкілля та людину. До того часу окремі країни з досить обмеженою територією більше половини

відходів піддавали спалюванню (табл. 3). Наведені дані відносяться до початку 90-х років і у зв'язку із негативним ставленням до сміттєспалювання сьогодні ситуація у багатьох країнах суттєво змінилася. Розроблені нові вимоги до викидів у атмосферу забруднюючих речовин із ССЗ, котрі включають нові речовини та роблять більш жорсткими вимоги до скиду відомих речовин.

Таблиця 3

### Розвиток сміттєспалювання в країнах світу

Країна	Кількість ССЗ	% ТПБВ, котрі спалюються	% ТПБВ, що спалюються з отриманням енергії	% спалювання мулу очищення стічних вод
Канада	17	9	7	-
США	168	16	-	-
Японія	1900	75	майже все	-
Швеція	23	55	86	0
Данія	38	65	майже все	19
Франція	170	42	67	20
Нідерланди	12	40	72	10
Німеччина	47	35	-	10
Італія	94	18	21	11
Іспанія	22	6	61	-
Англія	30	9	7	-

В багатьох штатах Америки та в Канаді будівництво сміттєспалювальних заводів сьогодні взагалі заборонено. Більшість країн Західної Європи також гальмують або взагалі забороняють будівництво нових ССЗ. Індустрія сміттєспалювання сьогодні розвивається, переважно, в Східній Європі та Південній Азії.

Фахівці в галузі поводження з ТПБВ вважають термічні методи ефективною та невід'ємною ланкою в комплексній системі: забезпечення санітарного благополуччя населення. При цьому чи не вирішальним фактором виступає можливість використання ТПБВ в якості альтернативного джерела

енергії, оскільки вони відповідають трьом обов'язковим вимогам:

- ***широка розповсюдженість та доступність для масового використання;***
- ***значна теплотворна здатність палива.***

Таким чином, на сьогодні як в Україні, так і в інших державах, навіть достатньо розвинутих, не вироблено єдиного підходу до термічних методів утилізації ТПБВ. Більше того, піроліз та газифікація, котрі також відносяться до термічних методів, вважаються такими методами, котрі можуть вирішувати проблеми утилізації ТПБВ при досить низьких або навіть відсутності шкідливих викидів у довкілля.

## **Тема 12. Біологічні методи переробки твердих відходів**

**Мета заняття:** *засвоїти біологічні методи переробки ТПБВ*

Біологічні методи переробки ТПБВ (і не лише ТПБВ) є найбільш екологічно безпечними. Їх використання не супроводжується утворенням нових токсичних речовин та забрудненням довкілля шкідливими сполуками. Тому очевидно, що найбільш оптимальним є поєднання сортування та біологічних методів переробки відходів.

Сьогодні найбільш поширеними біологічними методами знешкодження ТПБВ є *компостування та вермікультивування*. При відповідній організації технологічного процесу кінцевий продукт біологічних методів знешкодження ТПБВ – гумус (біогумус), придатний для використання у сільському господарстві, садівництві, ландшафтному будівництві. У 70-80 рр. минулого століття приймалися спроби використання компостування для отримання енергії шляхом прокладання в буртах відходів спеціальних теплообмінників, по котрих прокачувалася вода чи продувалося повітря. В окремих випадках в незначних кількостях компост може використовуватись в якості харчової добавки для тварин. Фактично біологічні процеси, що використовуються для знешкодження ТПБВ, постійно проходять в живій природі. Роль людини в їх

використанні – адаптація процесів до відповідних умов та контроль протікання біологічної переробки відходів у необхідному напрямку.

*Компостування* – процес розкладання органічних компонентів ТПБВ мікроорганізмами в присутності кисню повітря з утворенням вуглекислого газу, води, тепла та компосту. Основною сировиною дія мікроорганізмів служать високомолекулярні та олігомерні природні речовини. Відповідно до умов, компостування поділяють на аеробне (в присутності окислювачів) та анаеробне (без доступу повітря). Останній тип компостування передбачає переробку відходів в тілі звалища чи у спеціальних герметичних метантенках, котрі частіше використовуються для знешкодження твердих відходів сільського господарства та відсортованої органічної складової ТПБВ. Аеробне компостування поділяють на *дворове (місцеве)* та *централізоване*. В свою чергу централізоване компостування поділяють на *компостування у валках* та *тунельне компостування*.

Компостування найбільш придатне для знешкодження відходів сільського господарства, харчової фракції ТПБВ, деревини, листя, обпилювань і т.п. В результаті компостування таких відходів отримують якісний гумус, придатний до використання в якості добрива у сільському господарстві. Відповідно, такий гумус не справляє негативного впливу на довкілля і може без застережень використовуватись у людській діяльності. Основними умовами використання компостування для утилізації ТПБВ є наявність в них не менше 25 % органічних компонентів, здатних легко утилізуватися живими організмами та наявність споживачів отримуваної продукції. При компостуванні термін знешкодження ТПБВ триває 4-18 місяців замість 50-100 років при їх захороненні на полігонах.

*Дворове компостування* передбачає проведення процесу переробки органічної складової ТПБВ, харчових та зелених відходів окремими домовласниками на своєму подвір'ї. Для *централізованого компостування ТПБВ у валках* вибирають рівну ділянку території, яка не затоплюється талими та дощовими водами, а максимальний рівень ґрунтових вод розміщується на

глибині не менше 1 м від поверхні, на якій розміщуються відходи. Основними лімітуючими факторами компостування є чисельність мікробної популяції та умови в навколишньому середовищі. В окремих випадках до компосту для регулювання додають азотовмісні речовини. При компостуванні у валках виділяють кілька рівнів:

- **мінімальний рівень** – влаштовують штабелі 6 м у ширину та довжину при висоті 4 м. Перелопачування компосту проводять 1 раз/рік і через 1-3 роки отримують готовий компост;

- **низький рівень** – влаштовують штабелі 3-4 м у ширину та довжину при висоті 2 м. Перелопачування компосту проводять через 1 та через 10-11 місяців після початку компостування і через 16-18 місяців отримують готовий компост; **середній рівень** – штабелі наведених вище розмірів перелопачують щоденно. Тривалість приготування компосту – 4-6 місяців;

- **високий рівень** – використання спеціальної аерації компостних штабелів. Тривалість приготування компосту – 2-10 тижнів.

Сьогодні виробляється достатня кількість спеціалізованого обладнання, призначеного для механізації компостування відходів. Так, зацікавленість фахівців може викликати просіююча ковшова дробарка серії АПШ.

## Тестові питання до модулю 2

1. Які знаки маркування існують і яку інформацію вони несуть?
2. Що представляють собою – знаки заклики?
3. Коротко охарактеризуйте досвід країн ЄС та України в екологічному маркуванні?
4. Вкажіть позитивні та негативні фактори будови сміттєспалювальних заводів?
5. Які вимоги були прийняті офіційною директивою ЄС, щодо умов будівництва ССЗ?
6. Що таке компостування?
7. Поясніть фази біотермічного компостування?



8. Дайте характеристику одному з основних методів переробки ТПБВ?
9. Назвіть основні методи термічного знешкодження ТПБВ?
10. Де використовується гумус?
11. Що таке морфологічний склад ТПБВ?
12. Що собою представляє фракційний склад ТПБВ?
13. Які рівні виділяють при компостуванні у валках?
14. Відповідно до умов компостування на які види воно ділиться?
15. Як альтернативне джерело енергії, яким вимогам повинно відповідати ТПБВ?

### ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ 3

#### Термічні та біологічні методи знешкодження ТПБВ

##### Тема 13. Утилізація гною та пташиного посліду

**Мета заняття:** *засвоїти основні характеристики утилізації гною та пташиного посліду*

Для успішного ведення конкурентоспроможного тваринницького господарства дуже важливо грамотно і правильно організувати процес утилізації відходів. Гній є значним за обсягом субпродуктом тваринного виробництва, а потенційно – універсальним біодобривом. Його правильне використання – необхідна передумова інтенсивного землеробства.

Утримання великої кількості тварин пов'язане з ризиком перевантаження ґрунту необробленими фекаліями та серйозними екологічними проблемами: ерозією ґрунту, забрудненням підземних і поверхневих вод, надмірною концентрацією нітратів у продуктах землеробства.

Найбільші втрати бувають, коли сирий гній вивозять у невідповідний час. За кілька років такої роботи господарству гарантовано надмір фосфору у ґрунті.

Як наслідок – ерозія, яка в свою чергу тягне за собою зниження родючості посівних площ і врожаю.

У світі поширені різні технології утилізації гною. Та всі вони починаються однаково: реагентна обробка та сепарація.

Фізико-хімічна (реагентна) обробка гною здійснюється шляхом внесення у накопичувач, при постійному перемішуванні, 10 % розчину реагенту. Ця операція дозволяє зв'язати легкі сполуки, запобігти забрудненню атмосфери, знищити запахи, полегшити і прискорити подальшу обробку гною. Дозування і вид реагенту визначають попереднім аналізом. Наступний крок – сепарація для отримання високоцінного добрива у твердому та рідкому вигляді. Далі обидві фракції обробляють окремо за відносно простими технологіями.

Тверду фракцію (70% вологості) – біопрепаратом і складують у бурти на майданчику компостування. Через 6 тижнів у теплу пору року, або 10 тижнів у холодну, добриво готове для внесення у ґрунт або фасування на продаж.

Рідку фракцію (98-99% вологості) обробляють біопрепаратом і спрямовують у біореактор, де при періодичній подачі повітря під впливом мікроорганізмів – нітрифікаторів і денітрифікаторів – протягом 7-10 днів органічні сполуки перетворюються на збалансоване комплексне добриво.

Обробка у біореакторі дає змогу в декілька разів скоротити час отримання добрив, зменшити розміри ємностей для зберігання і запобігає появі запахів.

Дуже привабливо виглядає анаеробна технологія обробки гною з отриманням біогазу. Біогазові установки успішно працюють у сусідніх країнах. Плюси такої утилізації гною добре відомі і реклами не потребують. Однак треба брати до уваги, що ця технологія вимагає для переробки гною на добриво не менше 28 днів (ємності повинні вмещувати місячний обсяг). Крім необхідності великих стартових інвестицій, технологія анаеробної утилізації вельми примхлива: потрібна стабільна якість і кількість сировини, процес не можна зупинити на сезон, а потім запустити знову, бо він дорогий і займає 2-4 місяці. Основна прибуткова частина – продаж електроенергії за «зеленим

тарифом». Але, щоб отримати право продавати електрику, слід пройти тортури отримання 748 (!) підписів на проектних і дозвільних документах.

Реагентно-аеробні технології утилізації не потребують великих початкових капіталовкладень і дозволяють господарству знизити собівартість продукції, підвищити її якість і досягти кращих конкурентних переваг, створити додаткову статтю прибутку завдяки виробництву цінного біодобрива.

З листопада минулого року аміачна селітра подорожчала на 25% і сягнула позначки 3-3,1 тис. грн./т. Зауважте, що вартість твердих біодобрив становить 2,2 тис. грн./т, а рідких – 45 грн. /тонну. А собівартість – 1,6 грн./т та 3,25 грн./т відповідно. При використанні біодобрив замість мінеральних урожайність ґрунтів підвищується на 30-50%. Крім того, тверді біодобрива – дефіцитний товар для тепличних господарств.

Тому ціла низка вітчизняних господарств уже почала впроваджувати цю технологію.

Проста на перший погляд технологія реагентно-аеробної утилізації гною базується на точних розрахунках, лабораторних дослідженнях, досконалому знанні біохімічних процесів. Щоб відразу отримувати дохід, а не витратити час і гроші на нескінченні переробки та доопрацювання, необхідно розробити проект для конкретного майданчика.

З огляду на суворий контроль з боку державних органів щодо дотримання екологічних і санітарно-епідеміологічних вимог при утилізації гною та стічних вод, будівництво без дотримання норм і правил, а тим паче аматорство, може не тільки не гарантувати позитивного результату, а й дорого коштувати (у всіх значеннях цього слова).

#### **Реагентно-аеробна утилізація гною – як це відбувається:**

- Сепараторна. Рідка фракція передається на обробку в біореактор, а суху транспортують на компостувальний майданчик;
- Додавання реагентів у біореактор. За 7-10 днів рідка фракція перетвориться на збалансоване біодобриво;

- Оброблена рідка фракція – цінне біологічне добриво. В лагуні чекає оптимального часу для внесення на поля;
- Суху фракцію на компостувальному майданчику укривають ґрунтом або плівкою. Остання прискорює процеси перетворення сухої фракції ґною на тверде добриво;
- Біореактор для господарства наприклад із 5 тис. свиней – бетонна ємність висотою 5 м та 9 м у діаметрі. Реактор поруч запускають, коли закінчать другу чергу свинокомплексу – ще 5 тис. голів.

Виведені за межі тваринницьких приміщень ґнойові стоки підлягають утилізації. Рідкий ґній транспортують пересувними засобами або насосами. Ряд технологічних схем передбачає розподіл рідкого ґною на тверду й рідку фракції. Тверду фракцію складають на спеціальних майданчиках для нагромадження, карантинування, біотермічного знезаражування і вивозять на сільськогосподарські поля під заорювання. Рідку частину (стічні води) відвозять у ємкості-сховища, безпосередньо на поля до очищення і поливу культур дощувальними установками або стаціонарними системами зрошення. Стічні води очищають механічними і біологічними методами.

Найбільш поширені у практиці механізми для механічного розподілу рідкої й твердої фракцій – відстійники. Залежно від конструктивного виконання вони можуть бути вертикальними, радіальними, комбінованими – металевими або залізобетонними.

Осад, що виділяється із стічних вод, періодично або безперервно видаляють з відстійників, не допускаючи загнивання, ущільнення або цементування. Осад видаляють під гідравлічним тиском, гідроелеваторами, насосами, грейферами або спеціальними скребками. Вологість вивантажуваного осаду становить 72 – 93%.

Біологічні методи знезараження стічних вод ґрунтуються на хімічному окисленні органічних речовин і подавленні або знищенні патогенних мікроорганізмів активним, мулом чи плівкою. Мікроорганізми, що містяться в субстраті, при наявності кисню переводять органічні речовини в мінеральні

сполуки. Органічні речовини використовуються мікроорганізмами для життєдіяльності і як пластичний матеріал для збільшення маси. Відпрацьована плівка змивається проточною стічною водою і виноситься з біофільтру.

Біологічні методи найбільш перспективні в економічному і екологічному відношенні. Вони дають можливість не тільки вилучати з водних розчинів, але й повторно використовувати у виробництві деякі забруднювачі, в тому числі й важкі метали і навіть радіоактивні елементи.

Процеси окислення й інактивації протікають у спеціальних спорудах – біологічних фільтрах, аеротенках, біологічних ставках, на полях зрошення і фільтрації.

Біологічні фільтри являють собою металеві або залізобетонні резервуари, заповнені фільтрувальним матеріалом (шлак, керамзит, гравій, пластмаса, щебінка та інші).

Останнім часом створено і спеціальний фільтр, який знешкоджує рідину свинячого гною. Він дає змогу в гранично короткі строки вирощувати зелену масу і потім сам перетворюватися на корм. Такі властивості мають цеоліти.

Аеротенки використовують для біологічного очищення великої кількості стічних вод. Вони являють собою бетонні або залізобетонні резервуари, через які повільно протікає суміш активного мулу і попередньо відстояної стічної рідини. Для підтримання мулу в завислому стані й подачі кисню рідину безперервно аерують. Активний мул, що вводиться в аеротенки, являє собою субстрат, який заселений мікроорганізмами-мінералізаторами, здатними адсорбувати й окисляти в присутності кисню повітря органічні речовини стічних вод.

Біологічні ставки – окислювальні (аеробні) й відновні (анаеробні) – дуже поширені при очищенні стічних вод свинарських комплексів у природних умовах. Інтенсифікація знезараження стічних вод у біологічних ставках досягається за допомогою аерування їх мікробіодоростями. Останні активно поглинають мінеральні сполуки, підлужують середовище до рН 9 – 10, що сприяє інгібуванню сапрофітної й патогенної мікрофлори.

Для очищення стічних вод можна також використовувати ектоли, які утворюються в ґрунті при аеробному розкладі рослинних решток сапрофітними мікроорганізмами і служать, мабуть, попередниками гумінових сполук. Якщо такі стічні води скидають у технологічний ставок, то після застосування ектолів залишену частину забруднювачів можна виділити в осад за допомогою солей заліза чи алюмінію. Пізніше рослини із ставків можна зібрати і спалити, а попіл відправити на відповідні підприємства. Така технологія очищення дає можливість створити безвідходні виробництва із замкненим водообігом.

Одним із способів очищення стоків тваринницьких комплексів є використання їх для поливу сільськогосподарських культур. Загальна площа зрошення стічними водами в нашій країні становить близько 250 тис. га, і через 10 – 15 років вона може збільшитися в 10 разів. При зрошуванні стічними водами відбувається їх ґрунтове доочищення, що створює сприятливі умови для охорони навколишнього середовища, і дає змогу одержувати гарантовано високі врожаї.

Використання безпідстилкового гною великої рогатої худоби для зрошення сільськогосподарських угідь поліпшує екологічний стан навколишнього середовища в зонах тваринницьких комплексів, підвищує у ґрунті вміст органічної речовини, дещо зменшує кислотність ґрунту й поліпшує його фізико-хімічні властивості. Крім того, правильне застосування безпідстилкового гною не тільки підвищує родючість ґрунту, але й поліпшує якість кормових культур. Разом з тим, при використанні такого гною у зрошуваному землеробстві необхідно враховувати, що він і забруднені ним компоненти можуть виявитися факторами передачі збудників інфекцій, у тому числі загальних для тварин і людини. Тому для використання гнойових стоків необхідно підбирати земельні ділянки із спокійним рельєфом, без замкнених блюдцеподібних понижень, що запобігає надходженню стоків у водойми і в підґрунтові води. Рослинницьку продукцію доцільно використовувати для виготовлення трав'яного борошна, сінної різки, гранул, силосу й сінажу. При згодовуванні трав у вигляді зеленого корму або на пасовищах необхідно

витримувати 30-денну перерву між останнім зрошенням кормових угідь гнойовими стоками і початком випасання кормових культур. Набагато складніша проблема використання для зрошення гнойових стоків свинарських комплексів, на яких виробляється більше чверті всієї продукції свинарства. Згідно з нормами площі сільськогосподарських угідь, для утилізації всього обсягу стоків від комплексу потужністю 24 тис. свиней на рік становить 660 га, 54 тис. – 1535 га, 108 тис. – 3070 га.

Дуже важливо правильно визначити гранично допустимий рівень внесення рідкого гною. Він залежить від властивостей і родючості ґрунту, хімічного складу гною, вносу поживних елементів культурами та інших факторів.

Якщо культури виносять менше елементів живлення, ніж вноситься з добривами, то вони в більшій мірі вимиваються з ґрунту, забруднюючи підґрунтові води. Крім того, високий вміст солей, особливо в посушливі роки, може знизити врожай культур.

У кукурудзяному поясі США рекомендується вносити таку кількість гною, яка б забезпечувала щорічне надходження в ґрунт 112 кг/га азоту. В штаті Іллінойс граничними нормами щорічного внесення рідкого гною вважають 50 – 70 т/га гною великої рогатої худоби, 25-37 – свинячого або 10-20 т/га пташиного посліду.

Великий інтерес становлять оптимальні строки внесення безпідстилкового гною. В основних землеробних районах нашої країни майже на всіх ґрунтах, за винятком піщаних і супіщаних, а також у районах надмірного зволоження під ярі культури найбільш ефективно гній вносити під зяблеву оранку.

Для захисту навколишнього середовища від забруднення при використанні безпідстилкового гною необхідно суворо дотримуватися комплексу заходів.

1. Застосовувати науково обґрунтовані норми внесення безпідстилкового гною, розраховані на забезпечення потреби культури в поживних речовинах

для одержання запланованого врожаю. При цьому не буде нагромаджуватися надлишку нітратів у рослинах і інфільтрації їх у підґрунтові води;

2. Не можна вносити безпідстилковий гній на ділянках орних земель, що затоплюються;

3. Безпідстилковий гній необхідно вносити з врахуванням рельєфу в поєднанні з протиерозійним обробітком ґрунту, тобто з глибокою і контурною оранкою, з розпушенням орного шару ґрунту, кротуванням, лункуванням тощо. Це підвищує водопроникність ґрунту і запобігає забрудненню водних джерел поверхневими стоками;

4. Не можна залишати поля незасіяними, максимально використовувати післяживні культури. Це обмежує поверхневий стік гною й інфільтрацію нітратів;

5. Максимально застосовувати прийоми, що забезпечують біологічне поєднання і закріплення азоту в органічних сполуках за допомогою мікрофлори ґрунту;

Ефективним заходом боротьби з втратами азоту безпідстилкового гною є застосування в поєднанні з подрібненою соломою, залишеною після збирання зернових культур, а також із післяживною сівбою небобових сидератів (ріпак, свиріпа тощо), що мають, як і солома, широке співвідношення водню до азоту.

Останнім часом розроблені безвідходні технології підготовки і використання стоків свинарських комплексів. На базі біологічних та інженерних розробок втілюється у виробництво замкнена біологічна система підготовки й раціонального використання стоків свинарських комплексів, що відповідає ветеринарно-санітарним і гігієнічним вимогам.

Ця система включає гравітаційний розподіл стоків на фракції у фільтраційно-осаджувальних спорудах з наступним витриманням одержаної тут після зневоднювання твердої фракції, її компостуванням, біотермічним знезараженням на майданчиках і використанням як цінного органічного добрива. Рідка фракція надходить у ставок-нагромаджувач, потім у секційні рибоводно-біологічні ставки (водоростеві, рачкові, рибоводні) і очищена – в



ставок чистої води, з якого її використовують в оборотній системі технічного водозабезпечення комплексу.

Рибоводно-біологічні ставки функціонують у теплий період року. Так, у водоростевому ставку створюються сприятливі умови для життєдіяльності фітопланктону. Водорості утилізують біогенні елементи стоків і збагачують середовище киснем, що прискорює очистку стоків. На цій стадії активно розвивається біомаса бактерій, найпростіших і водоростей.

Із водоростевого ставка стоки, збагачені продуктами метаболізму бактерій, найпростіших, водоростей і їх біомаси, надходять у рачковий ставок. У ньому очищення досягає ступеня, який забезпечує можливість активного розвитку личинок різних видів комах, вислоногих і різних видів рачків-фільтратів. Значно збагачується гідробіоценоз новими видами водоростей і тваринних організмів. Завдяки цьому відбувається подальше очищення стоків.

Із рачкового очищені стоки надходять у рибоводний ставок, у якому біоценоз збагачується новими видами гідробіонтів. Середовище, що надходить з рачкового ставка, містить зообіомасу водоростей, які є кормом мальків коропа, що заселяють водойму. Під впливом життєдіяльності гідробіонтів – мешканців рибоводного ставка, в першу чергу рачків-фільтратів, личинок комах, мальків коропа, відбувається остаточне очищення стоків за показниками чистої води, придатної для господарських цілей підприємства.

Одержана вода перекачується у сховище чистої води і використовується в системі зворотного водозабезпечення підприємства; сеголеток коропа відловлюють і передають у рибоводні господарства.

У стоках, оброблених у біотехнологічній системі, немає збудників хвороб. Це дає можливість застосовувати їх як у зворотному водозабезпеченні комплексів, так і при зрошенні пасовищ, кормових культур, які використовують для племінного поголів'я без додаткової термічної і біохімічної обробок.

Широке поширення на тваринницьких об'єктах одержав біотермічний метод знезараження твердої фракції гною вологістю не вище 70%. Біотермічний метод засновано на утворенні в знезаражуваній масі високої (60°C)

температури і витримуванні протягом одного місяця в теплий період року і два місяці – в холодний. Якщо вологість гною перевищує 70%, період витримування треба збільшити до 5-6 місяців.

Таким чином, визнаючи в цілому наявне навантаження на природу і негативний вплив стоків тваринницьких підприємств, необхідно відзначити і їх позитивний вплив. Вони, як джерело гумусу – основного фактора родючості ґрунту, впливають на родючість і фізико-хімічні, агрофізичні й біологічні властивості ґрунту. Як джерело макро- і мікроелементів, вуглекислого газу, гній суттєво поліпшує баланс біогенних елементів у землеробстві, значно підвищує продуктивність сільськогосподарських культур, поліпшує якість урожаю.

Негативний вплив тваринницьких комплексів на природу в значній мірі знизить або взагалі виключить при виконанні заходів, які полягають у тому, щоб правильно розміщувати комплекси по відношенню до населених пунктів, мати достатню землеробську площу для використання гною, витримувати обґрунтовані норми навантажень поголів'я худоби на 1 га, використовувати стоки з поливною водою при дощуванні, застосовувати зелені насадження. Наприклад, вміст нітратів у стоках тваринницького комплексу при проходженні через лісонасадження зменшується від 23 до 4,2 мг/л, нітритів – від 1,42 до 0,12 мг/л, фосфору – в 1,5 рази.

Важлива і просторова ізоляція. Нині для птахофабрик на 400-500 тис. курей на рік рекомендується санітарно-захисна зона 2,5 км, для комплексів великої рогатої худоби на 10 тис. голів – 3, для свинарських комплексів на 108 тис. голів – 10-15 км і більше. Існують й інші шляхи зниження або навіть виключення негативного впливу тваринницьких комплексів і птахофабрик на природу, які будуть розглянуті в наступних розділах.

#### **Тема 14. Технологія вермікомпостування**

**Мета заняття:** *ознайомитись з основами характеристики технології вермікомпостування.*

Досить перспективним на сьогодні вважається такий метод переробки відходів тваринництва, як *вермікультивування*. Суттєвою перевагою методу є його простота. Для переробки гною чи помету достатньо використати будь-яке приміщення з твердою долівкою, на котру викладають бурти гною, попередньо компостованого з допомогою додавання ферментних заквасок. Компост готують шляхом змішування 1 частини гною з однією частиною просіяної землі та 1 частиною торфу чи його замітника. З одного кінця буртів запускають популяцію дощових черв'яків, котрі починають інтенсивно розмножуватись, споживають гній, трансформуючи його в біогумус і повільно рухаються в напрямку протилежного кінця бурта. Тому через кожні 3 дні бурти подовжують, формуючи таким чином своєрідний живий конвеєр, через 4-6 діб на виході з котрого можна відбирати готовий біогумус. В процесі вермікультивування органічні відходи тваринництва та птахівництва розкладаються у 1,5-2,0 рази швидше, ніж при звичайному компостуванні. Паралельно відбувається обеззараження суміші від патогенної мікрофлори, пригнічення насіння бур'янів, котре міститься у відходах, їх дезодорація та детоксикація, збагачення вихідного продукту корисною мікрофлорою та біологічно активними речовинами. Біогумус має відмінну макроструктуру і містить поживні речовини у формах, найбільш доступних для засвоєння рослинами. Біогумус має значну пористість, що підвищує його вологоємність, здатність до дренажування та провітрювання. Він має добре фракціоновану структуру. В результаті переробки 1 т органічних відходів утворюється 600 кг сухих добрив із вмістою гумусу 25-40 % та 100 кг білкової маси у вигляді живих черв'яків. Варто такої зауважити, що при внесенні в ґрунт живих особин черв'яків вони відновлюють та підвищують його родючість, успішно піддаючи біотрансформації різноманітні органічні залишки. Економічно та агрономічно обґрунтовані дози внесені біогумусу складають при поверхневому внесенні 3-6 т/га та 0,5-1,0 т/га при глибинному внесенні. При цьому збільшення врожайності зернових може сягати до 20 %, картоплі та овочів – до 40 %.

Протягом року особини, розміщені на 1 м<sup>2</sup> площі, здатні переробити 3 т

органічних відходів та виробити 1,2 т біогумусу з вологістю 45 % і 100-200 кг сирової маси черв'яків, з котрих можна отримати 12-24 кг борошна з вологістю 12 % вмістом тваринного білка 70 %.

Меншого поширення набула технологія переробки гною та помету з використанням личинок домашньої мухи. Енергія росту цього виду настільки значна, що одна пара протягом року може за сприятливі умов шляхом розмноження збільшити загальну біомасу до 87 т. Навіть протягом 1 тижня маса личинок збільшується в 300-500 разів. Якщо для харчування личинок використати 1 т гною чи помету, то через 5-6 діб можна отримати 640-700 кг біогумусу та 60-100 кг біомаси личинок мух. Внесення отриманого біогумусу в ґрунт дозволяє в 1,2-1,5 рази збільшити врожайність сільськогосподарських культур з одночасним знищенням нематод та інших шкідників. Біомаса личинок мух представляє собою повноцінний білковий корм із вмістом 48-52 % протеїну, 7-14 % жиру, 7-10 % клітковини, 11-17 % золи та інших речовин, в т.ч. і біологічно активних. Личинки, лялечки та самі мухи можуть слугувати сировиною для отримання хітину та його похідних, котрі широко використовуються в медичній, фармацевтичній, харчовій та парфумерній промисловості. В КНР широко використовують препарати на основі личинок мух для омолодження шкіри, зменшення зморщок, в якості харчової добавки з бактерицидними властивостями та в якості стимулюючої добавки для вивчення сил, підвищення імунітету та зниження втоми.

## **Тема 15. Розрахунок очікуваної кількості біогазу**

**Мета заняття:** *засвоїти розрахунок очікуваної кількості біогазу*

При проектуванні полігонів ТПВ доцільно передбачати утилізацію біогазу, що утворюється при анаеробному розкладанні органічної складової ТПВ.

Біогаз може використовуватись як паливо для енергетичних установок (котлоагрегати, промислові печі, стаціонарні двигуни-генератори) або для заправки в балони. Метод утилізації біогазу визначається під час розроблення

технічного завдання на проектування системи збирання й утилізації біогазу для конкретного полігона ТПВ.

**Примітка.** Приблизний склад біогазу: метан – 40...60 %, діоксид вуглецю – 30...45 %, азот, сірководень, кисень, водень та інші гази – 5...10%. Теплотворна здатність біогазу – 18...25 МДж/м<sup>3</sup>. Межі вибухонебезпечності суміші біогазу з повітрям – 5...15 %.

Прогнозування кількості біогазу, що виділяється, варто робити з урахуванням складу і властивостей ТПВ, місткості і терміну експлуатації полігона ТПВ, схеми і максимальної висоти складування ТПВ, гідрогеологічних умов ділянки складування ТПВ, рН водної витяжки з ТПВ.

Розрахунок очікуваної кількості біогазу, що виділяється при анаеробному розкладанні 1 т ТПВ, рекомендується виконувати за формулою:

$$V_{p.б} = P_{ТПВ} \cdot K_{л.о} \cdot (1-Z) \cdot K_p, \quad (1)$$

Де  $V_{p.б}$  – розрахункова кількість біогазу, м<sup>3</sup>;

$P_{ТПВ}$  – загальна маса ТПВ, які складуються на полігоні, кг;

$K_{л.о}$  – вміст органіки, що легко розкладається, в 1 т відходів ( $K_{л.о}$  – 0,5...0,7);

$Z$  – зольність органічної речовини ( $Z = 0,2...0,3$ );

$K_p$  – максимально можливий ступінь анаеробного розкладання органічної речовини за розрахунковий період ( $K_p = 0,4...0,5$ ).

З урахуванням непередбачених обставин питомий об'єм біогазу, що можна зібрати з 1 т твердих побутових відходів за весь період експлуатації системи збирання біогазу, визначається за формулою:

$$V'_{p.б} = V_{p.б} \cdot K_c \cdot K, \quad (2)$$

де  $V'_{p.б}$  – об'єм біогазу, що можна зібрати з 1 т ТПВ, м<sup>3</sup>;

$K_c$  – коефіцієнт ефективності системи збору біогазу ( $K_c = 0,5$ );

$K$  – коефіцієнт поправки на непередбачені обставини ( $K = 0,65...0,70$ ).

Під час розрахунків слід приймати такі величини:

- вагова кількість біогазу, одержуваного при анаеробному розкладанні, - 1 г біогазу з 1 г розкладеної беззольної речовини ТПВ;

- об'ємна маса біогазу – 1 кг/м<sup>3</sup>;
- теплотворна здатність біогазу – 5 000 ккал/м<sup>3</sup> (~21 МДж/м<sup>3</sup>).

До проекту системи збирання біогазу, як правило, входять:

- свердловини;
  - газозбірні пункти з трубопроводами біогазу від свердловин;
  - проміжні і магістральний газопроводи;
  - дегазаційна установка для вилучення біогазу зі свердловин (переважно – водокільцеві вакуумні насоси);
  - вузол підготування біогазу до утилізації (осушення та очищення);
  - накопичувальна місткість біогазу (газгольдер);
  - свіча для спалювання біогазу (в аварійних ситуаціях або за наявності надлишку).
- Проект системи збирання біогазу виконують відповідно до технічного завдання.

Проектування і будівництво системи збирання біогазу здійснюють за одним із варіантів:

- одночасно зі складуванням ТПВ;
- після заповнення робочої карти, завершивши формування газоносного шару.

Залежно від варіанта використання біогаз повинен піддаватися тому чи іншому ступеню сушіння й очищення. Вузол підготування біогазу в загальному випадку може мати:

- осаджувач краплинної вологи (вологовідділювач);
- блок осушувача-очисника (адсорбери);
- накопичувальну місткість біогазу (газгольдер).

Для енергетичної установки, де спалюється біогаз (котлоагрегати, промислові печі), блок осушувача-очисника біогазу може не передбачатися.

При використанні біогазу як моторного палива для стаціонарних двигунів-генераторів необхідним є більш високий ступінь його осушення й очищення.

Через підвищену вибухонебезпечність систем збирання і транспортування біогазу полігонів ТПВ до них ставляться особливі вимоги

Приміщення, в яких працюють установки збирання і транспортування біогазу полігонів ТПВ, слід відносити до категорії А (НАПБ Б.07.005).

Крім того, слід встановити в приміщеннях сигналізатори довибухонебезпечних концентрацій метану.

Завдання 1: За запропонованими викладачем даними розрахувати очікувану кількість біогазу, що виділяється при анаеробному розкладанні ТПВ.

## **Тема 16. Система збору та підготовки біогазу, його використання**

**Мета заняття:** *засвоїти основні характеристики системи збору біогазу; підготовка біогазу. Ознайомитись з основні напрями та світовими лідерами використання та виробництва біогазу.*

Найбільш перспективним газоподібним паливом є біогаз, інтерес до використання якого в останні роки не тільки не зменшується, а й продовжує зростати. Під біогазами маються на увазі метановмісні гази, які утворюються при анаеробному розкладанні органічної біомаси. Залежно від джерела отримання біогазу підрозділяються на три основних види:

- газ метантенків, одержуваний на міських очисних каналізаційних спорудах (БГ КОС);
- біогаз, отримуваний у біогазових установках (БГУ) при зброджуванні відходів сільськогосподарських виробництв (БГ СХП);
- газ звалищ, одержуваний на полігонах відходів, що містять органічні компоненти (БГ ТПВ).

**Отримання біогазу метатенка із сільськогосподарських біогазових установок.** За технічним виконанням біогазові установки підрозділяються на три системи: аккумулятивну, періодичну, безперервну.

В аккумулятивних системах передбачається зброджування в реакторах, які служать одночасно і місцем зберігання збродженого гною (субстрату) до його

вивантаження. Вихідний субстрат постійно подається в резервуар до його заповнення. Вивантаження зброженого субстрату проводиться один-два рази на рік в період внесення добрив у ґрунт. При цьому частина зброженого осаду спеціально залишається в реакторі і служить затравочним матеріалом для наступного циклу зброжування. Обсяг сховища, поєднаного з біореактором, розраховується на повний об'єм видаляється з комплексу гною в міжпосівний період. Такі системи вимагають великих обсягів сховищ і застосовуються дуже рідко.

Періодична система виробництва біогазу передбачає разову завантаження вихідного субстрату в реактор, подачу туди ж затравочного матеріалу і вивантаження зброженого продукту. Така система характеризується досить великою трудомісткістю, дуже нерівномірним виходом газу і вимагає наявності не менше двох реакторів, резервуара для накопичення вихідного гною і зберігання зброженого субстрату.

При безперервній схемі вихідний субстрат безперервно або через певні проміжки часу (1-10 разів на добу) завантажується в камеру зброжування, звідки одночасно видаляється така ж кількість зброженого осаду. Для інтенсифікації процесу зброжування в біореактор можуть вноситися різні добавки, що збільшують не тільки швидкість реакції, а й вихід і якість газу.

Сучасні біогазові установки розраховуються, як правило, на безперервний процес і виготовляються із сталі, бетону, пластмас, цегли. Для теплоізоляції застосовуються скловолокно, скловата, пористий пластик.

За добової продуктивності існуючі біогазові системи та установки можна розділити на 3 типи: малі – до 50 м<sup>3</sup> / добу; середні – до 500 м<sup>3</sup> / добу; великі – до 30 тис. м<sup>3</sup> / добу.

Метатенкові та сільськогосподарські біогазові установки не мають принципових відмінностей, за винятком використовуваного субстрату.

Біореактор має теплову ізоляцію, яка повинна стабільно підтримувати температурний режим зброжування і піддаватися швидкої заміни при виході з ладу. Обігрів біореактора здійснюється за допомогою розміщення по периметру



стінок теплообмінників у вигляді спіралі з труб, по яких циркулює гаряча вода з початковою температурою 60-70 ° С. Така низька температура теплоносія прийнята щоб уникнути загибелі метаноутворюючих мікроорганізмів і налипання частинок субстрату на теплообмінну поверхню, що може призвести до погіршення теплообмена. В біореакторі також є пристрої для постійного перемішування гною. Надходження гною в метантенк регулюється так, щоб процес зброджування протікав рівномірно.

Під час зброджування в гної розвивається мікрофлора, яка послідовно руйнує органічні речовини до кислот, а останні під дією синтрофних і метаноутворюючих бактерій перетворюються на газоподібні продукти – метан і вуглекислоту.

**Біогаз, одержуваний на полігонах ТПВ.** Процес некерованого газоутворення на полігонах побутових та інших відходів, що містять велику частку органічних компонентів, можна розглядати як процес отримання метаносодержащего газу в акумулятивній системі, тривалість процесу до повного розкладання органічної частини тут набагато більше, ніж в метатенка.

З 1 тонни сухої органічної речовини в результаті анаеробної переробки сільськогосподарських відходів можна отримати:

- зі свинячого гною – 500 м біогазу (360 т у. т.);
- з гною молочних корів – 350 м біогазу (250 т у. т.);
- з гною відгодівельного ВРХ – 450 м біогазу (321 т у. т.);
- з пташиного посліду – 660 м (428 т у. т.).

**Підготовка біогазу до використання.** Умови отримання біогазів та наявність в їх складі шкідливих і баластних домішок диктують необхідність попередньої обробки біогазу перед використанням в теплових установках. Для забезпечення функціональної та експлуатаційної безпеки, а також безпечної роботи персоналу газ повинен бути попередньо очищений від шкідливих компонентів. Основні етапи при підготовці газу до використання:

- відділення вологи і зважених часток;
- видалення сірководню;

- видалення галогенсодержащих сполук;
- видалення вуглекислого газу;
- стиснутий або скраплений (при використанні в якості пального для транспортних засобів).

Біогаз виходить з біореактора (метантенка) при температурі процесу бродіння в водонасиченому стані. До моменту використання газ значно охолоджується, внаслідок чого випадає конденсат, і виникає небезпека замерзання в холодний період року. З цієї причини біогаз повинен бути осушений. Зазвичай газ від біореакторів по газопроводу надходить у газосборний пункт (ГСП), де встановлюється влагоотделитель. З вологовідділювача конденсат відводиться в зливний бак, звідки по мірі наповнення відкачується насосами. При зниженні температури біогазу після ГСП можлива конденсація пари, розчинених в біогазі. Для видалення конденсату по тракту передбачаються збірники конденсату в нижніх точках. Конденсатосборні пристрої розраховуються на максимально можливу кількість рідини.

Найбільш дешевим способом осушення є метод охолодження, коли газ пропускають через вологовідокремлювач, служать одночасно для осушування і відділення зважених часток. Осушка методом охолодження приблизно до  $10^{\circ}\text{C}$  достатня для поширених способів використання газу, наприклад, для отримання тепла при спалюванні і для вироблення електроенергії. При необхідності більш глибокого осушення (у разі використання газу в газових двигунах) застосовують адсорбційну осушку (як сорбент застосовують оксид алюмінію  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , хлорид кальцію  $\text{CaCl}_2$ , силікагель) або осушку рідкими поглиначами вологи (етилен- і триетиленгліколь).

Відділення зважених часток необхідно у всіх випадках з метою запобігання засмічення арматури і трубопроводів. Найчастіше достатня груба фільтрація в гравійному фільтрі. Іноді застосовують тонкі фільтри зі скловолокна, але це пов'язано з підвищенням витрат.

При спалюванні біогазу сірководень переходить в оксиди сірки. Вони, взаємодіючи з водяною парою, утворюють сірчану і сірчисту кислоти, які також є корозійно-активними. Крім того,  $H_2S$ ,  $SO_2$  і  $SO_3$ -високотоксичні гази.

Хлор- і фторвмісні вуглеводні призводять до корозійної небезпеки внаслідок утворення соляної та плавикової кислоти при конденсації продуктів згоряння в агрегаті ..

Очищення від сірководню та галогенсодержащих вуглеводнів виробляється на діючих установках різними способами: адсорбція на активованому вугіллі або абсорбція в промивальному розчині.

Інший спосіб відділення важких і галогенсодержащих вуглеводнів – абсорбційна очищення, заснована на різній розчинності компонентів газу у воді або водних розчинах різних хімічних сполук.

Найбільш простим і дешевим способом відділення  $CO_2$  являється промивка водою. У абсорбері при надмірному тиску порядку 1 МПа вуглекислий газ поглинається водою.

У транспортних засобах в якості пального можна використовувати стиснутий або скраплений газ. Один кубометр біогазу, стиснений до 2 МПа при температурі  $0\text{ }^\circ\text{C}$ , займає обсяг  $2,95\text{ дм}^3$ . У п'ятдесятилітрових балонах високого тиску при таких умовах можна зберігати  $17\text{ м}^3$  газу, тоді як при такому ж тиску і температурі  $40\text{ }^\circ\text{C}$  або  $50\text{ }^\circ\text{C}$  – тільки  $15,5\text{ м}^3$  або  $14,5\text{ м}^3$  відповідно.

**Основні напрями та світові лідери використання біогазу.** Досить високий вміст метану в біогазі, а отже, і висока теплота згоряння, надають широкі можливості застосування біогазу. При розробці систем по виробництву та використанню біогазу вибираються оптимальні варіанти комплектації установок з безлічі можливих з урахуванням численних місцевих і зовнішніх умов. З точки зору утилізації енергії біогазу можна виділити наступні основні напрямки його використання:

- для покриття власних енергетичних потреб БГУ (у найбільш холодний період року практично весь потенціал біогазу використовується для енергозабезпечення установки);

- в якості палива для отримання гарячої води або пари на покриття технологічних потреб очисних споруд або сільськогосподарських виробництв;
- для сушки зброженого осаду;
- в якості палива для отримання теплого повітря або гарячих газів на сушку сільськогосподарської продукції або обігрів сільськогосподарських будівель;
- в теплицях для опалення та підживлення рослин вуглекислим газом;
- для заміни мазуту при термічній переробки відходів (25 т мазуту на добу замінюється 45000 м<sup>3</sup> біогазу);
- як пальне для двигунів транспортних засобів;
- для отримання електроенергії;
- для підживлення мереж природного газу.

На метані можуть працювати як карбюраторні, так і дизельні двигуни, але оскільки метан є високооктановим паливом, більш ефективно його використання в дизельних двигунах. Абсолютний обсяг біогазів, необхідний для вироблення енергії, еквівалентної отриманої при спалюванні 1 л бензину, становить 1,33-1,87 м<sup>3</sup> при спалюванні 1 л дизельного палива – 1,50-2,07 м<sup>3</sup>.

Після отримання біогазу на сільськогосподарських установках оброблений гній використовують в якості добрив. Метанове збродження гною забезпечує його дезодорацію, дегельмінтизацію, знищення здатності насіння бур'янів до схожості, переклад удобрювачів речовин в легкозасвоювану рослинами мінеральну форму. При цьому поживні (для рослин) речовини – азот, фосфор і калій – практично не втрачаються.

Біогаз все частіше використовують в якості заміни традиційних джерел енергії. У Китаї з середини 70-х років ХХ століття діє національна програма з отримання біогазу з відходів тваринництва. До 2004 року в цій країні працювало 10 млн. фермерських біореакторів, крім того, 64 тисячі біогазових станцій, що забезпечують роботу 190 електростанцій і більше 60% автобусного парку. Китай – безумовний світовий лідер біогазової промисловості. У США біогаз займає друге місце за важливістю серед біопалив (після етанолу).

Нещодавно там прийняли закон про обладнання всіх полігонів твердих побутових відходів системами по їх конверсії в суміш метану і CO<sub>2</sub>. В ЄС працюють більше 800 біогазових установок, в майбутньому планується виробити з біогазу 15 млн. тонн нафтового еквіваленту палива. У Швеції майже 800 автобусів їздять на біогазі і перший у світі поїзд. Його пробіг до заправки – 600 км, максимальна швидкість – 130 км / год.

## **Тема 17. Тверді відходи тваринного походження**

**Мета заняття:** *ознайомитись з законом України «Про відходи», засвоїти основні характеристики твердих відходів тваринного походження.*

Відходи тваринного походження – загиблі тварини, відходи, що утворилися внаслідок виготовлення продукції із тваринної сировини, непридатної для споживання людиною і твариною, а також підлягають обов'язковій утилізації, крім продуктів метаболізму, що використовуються для виробництва біогазу або органічних добрив.

Згідно ст. 35-2 закону України «Про відходи» висуваються наступні вимоги щодо поводження з відходами тваринного походження.

Утилізація відходів тваринного походження на території України здійснюється спеціалізованими підприємствами (підрозділами) з утилізації відходів тваринного походження і не може здійснюватися підприємствами, що виробляють продукцію тваринного походження, призначену для споживання людиною, за винятком випадків здійснення такої діяльності спеціалізованими підрозділами з утилізації відходів тваринного походження.

Усі відходи тваринного походження, вироблені на території України, передаються їх виробниками на підприємства з їх утилізації.

На території України може здійснюватися утилізація тільки тих відходів тваринного походження, що утворені в Україні. У разі якщо неможливо встановити територіальне походження відходів тваринного походження,

утилізація таких відходів може здійснюватися за рішенням надзвичайної протиепізоотичної комісії.

Суб'єкти у сфері поводження з відходами тваринного походження ведуть облік усіх операцій з такими відходами.

Якість продукції від утилізації відходів тваринного походження має відповідати вимогам чинних нормативних актів щодо якості, маркування та пакування із зазначенням інформації про можливі наслідки її споживання (використання).

На перший погляд питання твердих відходів для сільського господарства та харчової промисловості взагалі не повинно стояти, оскільки більшість продукції має природне походження і відходи можуть так само природно утилізуватися біологічними методами. Наприклад, жителі сільської місцевості добре знають, що в підсобному господарстві всі відходи використовуються повністю, оскільки служать кормом для різних видів свійських тварин. Інша ситуація складається у випадку промислового виробництва сільськогосподарської продукції. Використання в технологіях вирощування значної кількості штучних токсичних речовин та концентрування великої кількості худоби та птиці на відносно незначних площах значно підвищують екологічний тиск на довкілля.

В загальному випадку всі тверді відходи сільського господарства та харчової промисловості можна умовно поділити на тверді відходи природного походження та тверді відходи штучного походження (рис. 16).

Тверді відходи штучного походження представлені, переважно, пестицидами. Сьогодні ця проблема тимчасова для України і з часом буде вирішена. Після розвалу Радянського Союзу та масштабного розподілу власності виявилось, що на території України знаходиться велика кількість пестицидів, більшість яких зберігається в неприпустимих умовах, а досить суттєва їх частина взагалі виявилась безгосподарними. Таке зберігання пестицидів сприяло інтенсивному їх розповсюдженню в довкіллі та забрудненню ґрунтів, поверхневих та підземних вод. Проблема ускладнювалась

ще й тим, що в результаті тривалого зберігання маркування на упакованні та й саме пакування було знищено і встановити тип та марку пестицидів виявилось неможливим.



**Рис. 16. Класифікація твердих відходів сільського господарства та харчової промисловості**

Пестициди ( від латинського *реЗНВ* - зараза, чума та *саесіо* - вбиваю) відносяться до речовин, що призначені для знищення шкідників, бур'янів, фіт патогенів та інших форм живих організмів, шкідливих для рослин. Пестициди, поділяють на такі основні групи:

- гербіциди – для знищення бур'янів;
- дефоліанти – для регулювання росту рослин;
- арбоциди – для знищення небажаної деревної та кущової рослинності
- фунгіциди – для знищення грибкової мікрофлори рослини;
- інсектициди – для знищення шкідливих комах;
- зооциди – для знищення гризунів.

Тваринництво сьогодні відрізняється значним скупченням тварин і птиці на незначній площі, що зумовлює інтенсивне забруднення прилеглі територій відходами у вигляді гною, пташиного помету, стічних вод. Наприклад, комплекс по відгодівлі великої рогатої худоби чисельністю 10 тис. голів щодоби продукує 450-675 м<sup>3</sup> суміші гною та стічної води. Комплекс по відгодівлі свиней продуктивністю 150 тис. голів щоденно забезпечує утворенг

2000-4000 м<sup>3</sup> відходів у вигляді екскрементів та стічних вод. Навіть птахофабрика на 400 тис. несучок продукує щорічно таку кількість помету, що при його розкладанні можна отримати близько 700 т. біогазу. З незапам'яних часів гній та помет використовували в якості органічного добрива для збільшення родючості ґрунту і проблеми, як такої, взагалі не існувало, оскільки концентрація тварин на одиницю земельних угідь була досить низькою, окремих господарствах корів із незначними надоями тримали саме для продукування гною. З цієї точки зору гній можна вважати цінним добривом збалансованим за вмістом біогенних елементів, мікроелементів та органічних речовин, що легко розкладаються. Відходи тваринництва містять достатню кількість азоту, фосфору та калію, що дозволяє знизити необхідну дозу мінеральних добрив. Внесення органічних добрив покращує фізичні властивості ґрунту, водно-повітряний режим, зменшує шкідливий вплив кислотності та засоленості на рослини та корисні мікроорганізми.

## **Тема 18. Переробка пташиного посліду та гною с.-г. тварин**

**Мета заняття:** *засвоїти основні характеристики переробки пташиного посліду та гною с.-г. тварин*

Гній – потенційне джерело інфекційних захворювань. Він може містити збудники таких захворювань як ящур, туберкульоз, бруцельоз, салманельоз, сибірська язва та ін. Крім цього, гній містить значну кількість насіння бур'янів. Тому безпосереднє внесення відходів тваринництва, особливо надмірне, наносить довікільню непоправної шкоди. В ґрунті збільшується вміст цинку та заліза, міді та магнію. Надмірне внесення органічних добрив супроводжується перенасиченням ґрунту поживними речовинами, суттєвим збільшенням вмісту нітратів та забрудненням прилеглих територій і водою біогенними елементами, що також супроводжується негативними наслідками (інтенсивний розвиток синьо-зелених водоростей, замор риби і т.п.). Збільшення вмісту нітратів у ґрунті призводить до їх накопичення в кормових культурах та



порушення обміну речовин у тварин, котрі такі культури споживають. Разом з тим, органічні добрива не можуть конкурувати з такими мінеральними добривами як фосфати, нітрати, нітрофосфати, калійні солі, амоній, мочеви́на і т.п. Органічні добрива відрізняються неприємним запахом, значною вологістю та масою, що потребує додаткових затрат для їх рівномірного розподілення по території сільськогосподарських угідь.

В залежності від вмісту води гній ділять на три види: твердий з вологістю 75-80 %; напіввологий з вологістю 80-90 % та рідкий з вологістю більше 90 %. Останні два види отримують при безпідстилочному утримуванні тварин. Для отримання твердого виду гною в якості підстилки найчастіше застосовують солому злакових культур та верховий моховий торф. За оцінками Краснянського М. Е. загальні об'єми гною, що утворюється на території України, оцінюються в 52 млн. т. Такий об'єм достатній для отримання 2,2 млрд. м<sup>3</sup> біогазу.

Для отримання з гною та помету корисних речовин та перетворення їх у безпечні речовини використовують компостування, біоенергетичну утилізацію, вермікультивування та інші методи.

Оскільки вологість гною рідко буває нижчою 75 %, то для приведення її меж до оптимального діапазону використовують солому, торф, відходи деревообробки та інші матеріали. В результаті компостування з такої суміші отримують високоякісний біогумус, в котрому знищена хвороботворна мікрофлора та збудники небезпечних захворювань. Недоліком компостування є той факт, що 30-40 % поживних речовин трансформуються в газову фазу виділяються в довкілля. Для проведення процесу компостування готують спеціальний майданчик, на який насипають шар торфу товщиною 30-40 см. Далі на торф викладають органічні відходи і компоненти перемішують. Співвідношення між компонентами залежить від виду відходів, їх вологості та інших властивостей. Наприклад, у випадку компостування помету вологість 75 % з використанням торфу вологістю 65 % співвідношення між компонентами суміші підтримують на рівні 1:1. З отриманої суміші формують компости бурти

шириною 3-4 м, висотою 2 м та довжиною не менше 6-8 м. Сформовані бурти вкривають шаром торфу і зберігають в теплу пору року протягом одного місяця, в холодну пору року – два місяці. При вологості 70-75 % температура в бурті літом коливається в межах 30-35 °С, взимку – 15-25 °С. Оскільки при вивезенні органічних відходів в зимовий період на поля вони промерзають а весною довше розмерзаються, в ряді випадків будують спеціальні гноєсховища. Вони можуть бути наземними чи заглибленими, простими чи механізованими, різної ємності та з різними пристосуваннями. Наприклад, використання споруд, котрі дозволяють обдувати компостну масу, дозволяє скоротити процес до 5-7 діб. В США продукт такої технології під назвою „Фермвей» застосовують в якості органічного добрива, підстилки для тварин і кормової добавки. Скорочення процесу компостування досягається завдяк інтенсивному розвитку в таких умовах термомезофільних бактерій. За оцінкам спеціалістів ЗАТ „Біокомплекс", в процесі мікробіологічного компостувань приймають участь більше 2000 видів бактерій та не менше 50 видів грибів при цьому в 1 г. компосту міститься  $10^8$ - $10^9$  бактерій.

Останнім часом для прискорення процесу компостування розробляється та продукується значна кількість спеціальних біопрепаратів. Для прикладу можна розглянути біопрепарат КОМПОСТ ТРІТ торгової марки «Мікрозим». Він представляє собою концентрат живих мікроорганізмів та комплексу ферментів (ензимів, амілази, протеази, лігнінази, кератинази, целюлози, пектінази). В препараті використовуються штами природних мікроорганізмів, селекціоновані та розмножені. Мікроорганізми при внесенні компостної маси використовують органічні речовини для живлення та отримання енергії, а ферментний комплекс виконує роль каталізатора біохімічних реакцій. Кожний фермент каталізує розкладання строго визначених речовин, що в цілому прискорює процеси розкладання органічних сполук в живі клітинах мікроорганізмів в  $10^{10}$ - $10^{15}$  разів. В результаті переробки відходів тваринництва отримують гумусовий компост. Зниження температури до 10-20 °С призводить до гальмування активності мікроорганізмів і навіть переходу їх в режим

сплячки. Підвищення температури до оптимальної зумовлює відновлення активності мікроорганізмів. В процесі компостування температура в компостній масі може підвищуватись до 60-70 °С, коли гине більшість мікроорганізмів, в т.ч. і патогенних, та пригнічується життєздатність насіння бур'янів. Біопрепарат „Мікрозим" КОМПОСТ ТРІТ не токсичний, не патогенний і цілком безпечний для людини, тварин, птахів та рослин.

Досить часто, особливо за кордоном, органічні відходи тваринництва використовують в якості кормових добавок для тварин чи птиці. Пов'язано це з тим, що в органічних відходах залишається значна кількість поживних речовин. Наприклад, помет птиці містить біля 40 % таких речовин. Тому його обеззаражують при високих температурах, видаляють перо, пух та насіння бур'янів і отриманий продукт використовують в якості кормової добавки при відгодівлі ВРХ. В Англії помет ферментують, обробляють мурашиною кислотою і використовують в тій же якості.

Для використання гною в якості корму його попередньо змішують з різними добавками для отримання спеціальних силосів. Одна з рецептур включає 57 % коров'ячого гною та 43 % сіна. Інша рецептура містить 40 % гною свиней, 42 % подрібненої кукурудзи і 18 % силосу кукурудзи. Для овець та кіз готують силос наступного складу: 40 % гною ВРХ, 42 % подрібненого сіна та 18 % подрібненої кукурудзи. В Канаді гній змішують із соломою, суміш засівають спорами грибів і отримують високобілковий корм для тварин. Варто зауважити, що використання відходів тваринництва в процесах харчування тварин не вирішує проблему, оскільки за об'ємами є досить незначним у порівнянні з об'ємами утворення і, фактично, не супроводжується повного утилізацією, а лише більш ефективним використанням природних речовин.

На сьогодні найбільш перспективною та економічно доцільною вважається *біоенергетична утилізація*. Найбільш простим методом біоенергетичної утилізації можна вважати метанове зброджування, в результаті якого отримують біогаз та високоякісне органічне добриво. В результаті процесу зброджування відходи тваринництва обеззаражуються та

позбавляються неприємних запахів і придатні для безпосереднього внесення в ґрунт. При цьому органічні добрива утворюються у вигляді рідкої та твердої фази. Тверда фаза – це незаражене дезодороване органічне добриво, придатне для отримання біогумусу чи безпосереднього внесення в ґрунт. По ефективності такі добрива значно перевищують вихідну сировину – гній. Рідка фаза також містить в своєму складі різноманітні поживні речовини, незаражена і використовується для підвищення врожайності різноманітних сільськогосподарських культур. Перевагою методу метанового зброджування є той факт, що загальні втрати азоту у вихідній сировині сягають 1-3 % , тоді як при компостуванні в залежності від умов вони можуть складати до 25-30%.

Аналогічний показник для гною ВР складає 340 нм<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> сухого гною. Таким чином, як жартують вчені, КОЖНА корова, крім молока продуктує близько 600 л бензину на рік. Якщо зважати на те, що енергоємність біогазу із вмістом метану в 56-97 % коливається в межі 20-40 МДж/м<sup>3</sup> при енергоємності природного газу 33,6 МДж/м<sup>3</sup>, дизпаливі 36 МДж/дм<sup>3</sup> та бензину 30,5 МДж/дм<sup>3</sup>, то очевидно, що метанове збродж<sup>1</sup> вання можна вважати найбільш придатною, з точки зору охорони довкілля – енергозбереження, технологією. При цьому рентабельність забезпечується при наявності 20 корів, 200 свиней чи 3,5 тис. курей, а біогаз можна використовувати для опалення приміщень, для отримання електроенергії, для отримання моторного палива і т.п.

Використання біоенергетичних установок дозволяє одночасно вирішувати п'ять важливих проблем:

- екологічна – повна утилізація гною та помету;
- енергетична – отримання та використання біогазу;
- агрохімічна – отримання якісних добрив;
- соціальна – покращення умов праці та створення додаткових робочі місць;
- економічна – зниження платежів та отримання прибутку від реалізації добрив.

Сьогодні промисловістю України та Росії випускається кілька типів

біоенергетичних установок, котрі орієнтовані на переробку відходів тваринництва. Незважаючи на це, загальна кількість біоенергетичних установок на території цих країн навряд чи перевищить 10 та 100 відповідно. Разом з тим, та установки з'явилися в Індії ще у 1900 році, в Німеччині – 1918 р., в Україні до цієї теми звернулися лише в 1950 році, коли в Запорізькій філії Всесоюзного науково-дослідного інституту електрифікації сільського господарства було споруджено установку, орієнтовану на переробку гною від 150 корів та 20 свиноматок. Незважаючи на те, що з того часу було створено дослідно-промислові установки на птахофабриці "Київська" (продуктивність – 60 м<sup>3</sup> біогазу на добу) та свинорадгос «Росія» в Черкаській області (об'єм метантенку 160 м<sup>3</sup>, продуктивність – 200-250 біогазу на добу), розроблено та випущено промислові зразки "Кобос-1" "Біогаз-301 С". В той же час, ще в 90-х рр. в Індії їх нараховувалось 1,85 млн шт і вони забезпечували 10-15 МВт одиначної потужності. У 1995 році біогазові установки в Києві (4 табл.) виробляли 1,3 млрд. м<sup>3</sup> біогазу.

Таблиця 4

**Основні характеристики біогазових установок**

Технічні показники	Біогазові установки	
	ИБГУ-1	БИОЭН-1
Сировина	Відходи ВРХ, коней, верблюдів, свиней, птиці: курей, качок, гусей; фекалії, рослинні залишки, тверді побутові відходи	
Допустима вологість	Сировина	
Продуктивність	Допустима вологість	
Основна продукція	Продуктивність	
Теплота згоряння біогазу	21000-25100 кДж/м <sup>3</sup> (при нормальних)	
Об'єм біогазу	10 м <sup>3</sup> /добу	40м <sup>3</sup> /добу
Потужність електрогенератора	-	4 кВт
Потужність теплогенератора	-	23,2 кВт
Зіграта енергії на власні потреби	15 кВт-год/добу	30 % від виробленої
І Режим роботи	Енергозалежний, ТЕН 2 кВт	Автономний
Температура процесу	52-55 °С	52-55 °С
Площа для обігріву	-	120-140 м <sup>2</sup>
Додаткові продукти	Рідкі екологічно чисті органічні добрива	
Окупність	0,5 року	
Норма використання добрив	1-3 т. на 1 га в рік	
Підвищення врожайності	1,5-4,0 рази для різних культур	

В Європі сьогодні нараховується 6,4 тис. шт. БГУ, лише близько 10 у США. Такий стан речей пов'язаний, очевидно, з тим, що БГУ розглядають лише як засоби для вирішення локальних екологічних проблем і не вважають їх конкурентоздатним енергетичним джерелом.

На Україні основним виробником устаткування для переробки сільськогосподарських відходів є Сумське машинобудівне НВО ім. М. В. Фрунзе, де з 1989 р. виробляється установка «Біогаз-301 С». Комплекс устаткування призначено для обеззараження та утилізації відходів свинокомплексів з поголов'ям в 3000 свиней.

Сьогодні розробляються і інші методи знешкодження відходів тваринництва та птахівництва. Відходи птахівництва, зважаючи на їх нижчу вологість запропоновано використовувати в якості палива для отримання теплової електричної енергії. Методом термічної деполімеризації запропоновано отримувати з відходів тваринництва та птахівництва газоподібне, рідке та тверде паливо, а також деякі хімікати та добрива. Обробка відходів проводиться дві стадії – при 250-350 °С та при 500-700 °С. В результаті отримують рідке паливо, аналогічне дизельному, тверді добрива, аналогічні апатитам та біо-добрива, що містять 25-28 % сульфату амонію. Розвиток цього напрямку утилізації органічних відходів на сьогодні лише виходить на стадію промислових випробувань.

### **Тестові питання до модулю 3**

1. Як відбувається реагентно-аеробна утилізація гною?
2. Дайте характеристику біологічним методам знешкодження гною?
3. Якого комплексу заходів слід дотримуватись при використанні підстилкового гною?
4. Принцип біотермічного методу знезараження твердої фракції гною?
5. Характеристика методу вермікультивування?
6. Що таке біогаз?
7. Назвіть склад біогазу?

8. Які бувають види біогазу?
9. Дайте характеристику системам отмання біогазу з метатенкових та сільськогосподарських біогазових установок?
10. Характеристика біогазу, який утворюється на полігонах ТПВ?
11. Принцип підготовки біогазу до використання?
12. Лідери виготовлення біогазу?
13. Назвіть вимоги щодо поводження з відходами тваринного походження?
14. Класифікація твердих відходів сільського господарства?

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Каратєєва О. І. Технологія переробки побутових відходів та відходів сільського господарства : курс лекцій для здобувачів вищої освіти ступеня «бакалавр» спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія». Миколаїв : МНАУ, 2018. 190 с.
2. Клименко М. О. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Альтернативні та енергоощадні технології утилізації відходів» для студентів усіх спеціальностей НУВГП. Рівне : НУВГП, 2017. 37 с.
3. Радовенчик В. М., Гомеля М. Д. Тверді відходи: збір, переробка, складування : навч. посіб. Київ : Кондор, 2010. 552с.
4. Управління та поводження з відходами : практикум / Клименко М. О. та ін. Херсон : Олді-Плюс, 2019. 180 с.
5. Управління та поводження з відходами : підручник / Шаніна Т. П. та ін. Одеса, 2012. 270 с.
6. Трохимчук І., Плюта Н., Логвиненко І., Сачук Р. Біотехнологія з основами екології : навчальний посібник. Київ : Видавничий дім Кондор, 2019. 304 с.
7. Kaza S., Bhada-Tata P. Decision Maker's Guides for Solid Waste Management Technologies. World Bank. Washington : DC. World Bank, 2018. 42 p.
8. Reynolds C., Soma T., Spring C., Lazell J. Routledge Handbook of Food Waste. Routledge London, 2020. 556 p.
9. Rhyner, C. R., Schwartz, L. J., Wenger, R. B., Kohrell, M. G. Waste management and resource recovery CRC Press, 2017. 544 p.





Навчальне видання

**ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ  
ТА ВІДХОДІВ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**

Методичні рекомендації

Укладач: **Каратєєва** Олена Іванівна

Формат 60 x 84 1/16. Ум. Друк. арк. 6,56.

Тираж 50 прим. Зам. № \_\_

Надруковано у видавничому відділі  
Миколаївського національного аграрного університету  
54029, м. Миколаїв, вул. Г. Гонгадзе, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від 20.02.2013 р.