

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування

Кафедра екології, технології захисту навколишнього середовища та
лісового господарства

05-02-372М

Методичні вказівки

до виконання практичних робіт та самостійної роботи
з навчальної дисципліни
«Альтернативні та енергоощадні технології утилізації відходів»
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) та другого
(магістерського) рівнів усіх освітньо-професійних програм
спеціальностей НУВГП усіх форм навчання

Схвалено науково-методичною
радою НУВГП
Протокол № 10 від 25.10.2023 р.

Рівне – 2023

Методичні вказівки до виконання практичних робіт та самостійної роботи з навчальної дисципліни «Альтернативні та енергоощадні технології утилізації відходів» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) та другого (магістерського) рівнів усіх освітньо-професійних програм спеціальностей НУВГП усіх форм навчання. [Електронне видання] / Бедункова О. О. – Рівне : НУВГП, 2023. – 57 с.

Укладач: Бедункова О. О., д.б.н, професор, професор кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства.

Відповідальний за випуск: Клименко М. О., доктор с.-г.н., професор, завідувач кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства.

Вчений секретар науково-методичної ради

Костюкова Т. А.

© О. О. Бедункова, 2023
© Національний університет
водного господарства та
природокористування, 2023

ЗМІСТ

	<i>стор</i>
Вступ.....	3
Практична робота №1 Сміттесортувальні комплекси: класифікація, принцип роботи, вибір сортувальних ліній.....	4
Практична робота №2 Оцінка енергетичного потенціалу полігону твердих побутових відходів.....	11
Практична робота №3 Утилізація відходів пластмас. Розрахунок потенційно можливого фрагментування твердої полімерної тари.....	16
Практична робота №4 Розрахунок тепловтрат у виробничому циклі отримання целюлози з відходів рослинництва.....	24
Практична робота №5 Визначення напрямку використання техногенних продуктів у будівельній індустрії.....	31
Практична робота №6 Оцінювання екологічних ризиків у ресурсозберігаючій технології використання компосту.....	37
Питання для самостійного опрацювання.....	41
Приклади тестових завдань.....	43
Рекомендована література.....	51
Додатки.....	52

ВСТУП

Метою вивчення дисципліни «Альтернативні та енергоощадні технології утилізації відходів» є забезпечення комплексного розуміння студентами проблем ефективної переробки відходів та розвитку практичних навичок для майбутньої участі в створенні сталого екологічного середовища.

Дані методичні вказівки наводять порядок виконання практичних робіт, що потребує проведення аналізу даних, пошуку рішень та прийняття обґрунтованих рішень і сприяє розвитку аналітичних навичок та прийняття рішень у реальних ситуаціях.

Приклади тестових завдань дозволяють студентам отримати уявлення про вимоги до рівня знань, які необхідні при складанні поточного контролю, що дозволить закріпити навчальний матеріал та отримати впевненість у собі під час контрольних заходів.

Практична робота № 1

Тема: Сміттесортувальні комплекси: класифікація, принцип роботи, вибір сортувальних ліній

Мета роботи: Ознайомитись із принципом роботи сміттесортувального комплексу; навчитись розраховувати кількість сортувальних ліній для конкретного міста.

Основні поняття

Сміттесортувальний комплекс (ССК) є складною інженерною системою, призначеною для автоматизованої обробки та сортування побутових та промислових відходів на різні фракції з метою подальшого перероблення, утилізації або вторинного використання. Основний принцип роботи сучасного сміттесортувального комплексу полягає у використанні автоматизованих процесів та технологій для ефективного відокремлення різних матеріалів та компонентів з суміші відходів.

Основні етапи роботи сучасного сміттесортувального комплексу:

Подача відходів. Відходи надходять до комплексу з транспортних засобів або з конвеєрних систем. Перед подачею може проводитися попереднє виділення великих об'єктів, таких як паперові та картонні коробки.

Первинне сортування: На цьому етапі відбувається видалення небажаних компонентів, таких як великі об'єкти, які не підлягають подальшому сортуванню, або небезпечні матеріали.

Подача на конвеєр для роздільного сортування: Залишки відходів подаються на конвеєр, де застосовуються різні технології для роздільного сортування. Це може включати оптичне сортування, магнітну сепарацію, відділення за розміром, об'ємом, густиною тощо.

Оптичне сортування. Застосування оптичних систем для визначення характеристик матеріалів, таких як кольори, форми та текстури. Це дозволяє відокремити папір, картон, пластик тощо.

Магнітна сепарація. Використання магнітних полів для відокремлення металевих компонентів, таких як алюміній, сталь та інші.

Аеродинамічне сортування. Використання повітряних потоків для розділення легких компонентів, таких як пластикові пляшки, від важких матеріалів.

Подальша обробка та переробка. Розділені матеріали далі піддаються обробці відповідно до їх властивостей та призначення. Наприклад, пластик може бути подрібнений для подальшого використання виробництва, папір може бути компостований або перероблений в нові паперові вироби.

Вторинне використання: Відокремлені та перероблені матеріали використовуються для виробництва нових товарів або матеріалів.

Видалення залишків: Невикористані або неутилізовані залишки відходів (наприклад, недосяжні дрібні фракції) видаляються з процесу та можуть підлягати подальшій обробці.

Сучасні сміттесортувальні комплекси передбачають комплексну переробку відходів, включаючи сортування, спалювання горючої частини ТПВ, ферментацію харчових залишків з отриманням компосту та біогазу, а також теплової та електричної енергії за рахунок вторинного тепла, отриманого при спалюванні ТПВ.

Сміттесортувальні комплекси класифікуються за комплектністю допоміжного технологічного устаткування:

1. *Мінімальної комплектації:* до складу допоміжного технологічного устаткування входить пресове устаткування для вторсировини низької автоматизації і бункер/тара для відсортованих компонентів відходів.

2. *Середньої комплектації:* до складу допоміжного технологічного устаткування входить пресове устаткування для вторсировини низької і високої автоматизації, подрібнення пластмас, бункер/тара для відсортованих компонентів відходів, автотранспортувач.

3. *Повної комплектації:* до складу допоміжного технологічного устаткування входить пресове устаткування для вторсировини високої автоматизації, устаткування для подрібнення пластмас, бункер/тара для відсортованих компонентів відходів, автотранспортувач, бункеровоз, транспортний сміттєвоз, мостовий кран і/або тельфер.

4. *Максимальної комплектації:* до складу допоміжного технологічного устаткування входить допоміжне устаткування сміттесортувального комплексу повної комплектації і пресове

устаткування для пресування залишку, що не утилізується, перед його захороненням.

Нижче представлена таблиця застосовності ССК до міст України за кількістю сортувальних ліній залежно від кількості жителів того або іншого міста (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Вибір ССК за кількістю сортувальних ліній, залежно від кількості жителів населеного пункту

ССК	Кількість жителів, тис. чол.				
	<103	< 205	<310	< 410	> 410
При S = 1,7	<135	<270	<400	<540	>540
При S = 1,3					
Одномодульна V=17,5 тис. м ³ /рік	+				
Двохмодульна V=35 тис. м ³ /рік		+			
Трьох модульна V=52,5 тис. м ³ /рік			+		
Чотирьохмодульна V=70 тис. м ³ /рік				+	
Більше одного ССК в місті V>70 тис. м ³ /рік					+

Принцип роботи ССК (рис. 1.1): ТПВ завантажуються в бункер дробарки, де відбувається подрібнення до розміру ≈ 30 см. Подрібнені відходи на транспортній стрічці проходять під стрічковим магнітним сепаратором, відбувається відбір чорного металу і переміщення його в накопичувальний бункер (близько 3% від загального об'єму ТПВ).

Далі ТПВ поступають в грохот, де відбувається відділення дрібної фракції до 5 см (за бажанням можна встановити барабан з розміром комірки від 10x10 мм до 150x150 мм; усього 30 варіантів комірок), близько 15-20% від загальної маси ТПВ.

Після грохоту відходи поступають в приймач ручної сортувальної установки. Швидкість транспортної стрічки установки можливо плавно регулювати до швидкості 0,9 м/с. Тут вручну можливо проводити відбір ПЕТ пляшок і пластика (близько 5-8%), кольорових металів (близько 3%), паперу і картону (близько 20-25%) і т.п. в кінці транспортної стрічки встановлений магнітний сепаратор для чорних металів (близько 2%).

Решта ТПВ потрапляє в накопичувальний бункер для вивезення на захоронення.

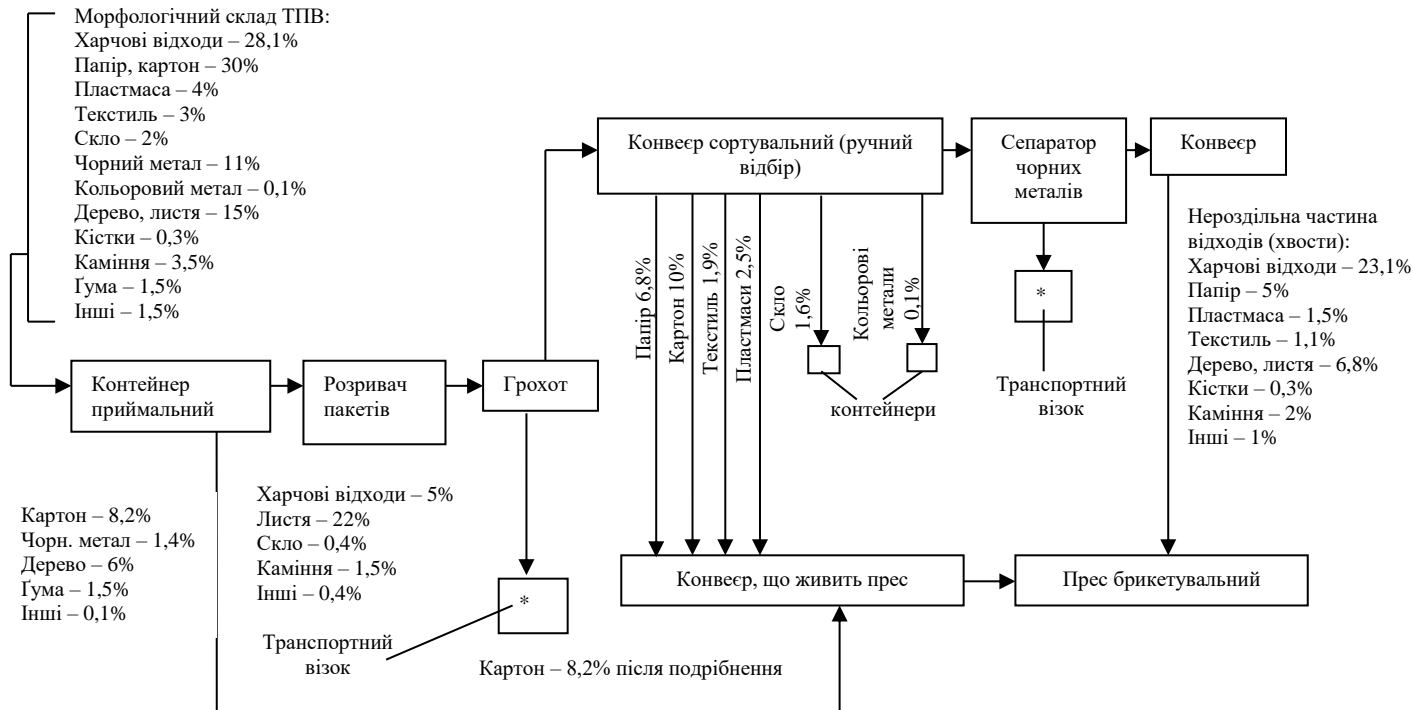


Рис. 1.1. Структурна схема комплексу сортування та пресування ТПВ і баланс компонентів (% загальної маси)

Вихідні дані:

а) Для смітсортувальних систем:

- продуктивність одного модуля (лінії) - 60 м³/год;

- час роботи смітсортувальних систем - не більше 8-ми год/добу.

б) Для міст України:

- норми накопичення ТПВ у житловому фонді - 1,0...1,3 м³/рік на одного жителя;

- норми накопичення установ і підприємств громадського призначення складають 30...50% від норм накопичення житлового фонду;

- сумарний розрахунковий об'єм відходів для міст України - 1,3...1,7 м³/рік на одного жителя.

- в містах відсутні системи спеціалізованого збирання крупногабаритних відходів.

в) Позначення:

V - розрахунковий річний об'єм оброблюваних відходів відповідно до годинної продуктивності одного сортувального модуля (лінії) при 8-ми годинному робочому дні на смітсортувальних системах.

S - сумарний розрахунковий об'єм відходів для міст України на одного жителя в м³/рік.

Після врахування додаткових аргументів отримаємо максимально наближену формулу розрахунку кількості сортувальних ліній ССК для кожного конкретного міста:

$$M = \frac{K \cdot N \cdot S}{H \cdot T \cdot D}, \quad (1.1)$$

де: M - необхідна кількість сортувальних ліній в ССК; K - демографічний коефіцієнт приросту (спаду) міського населення в рік (може бути більше одиниці або менше); N - кількість жителів в місті; H - продуктивність однієї сортувальної лінії ССК: 60 м³/год.; T - час роботи ССК на добу: 8 годин (залежно від щоденного регламенту збирання відходів того або іншого міста значення T може змінюватися); D - кількість робочих днів ССК в

рік: 365 днів (залежно від регламенту збирання відходів того або іншого міста значення В може змінюватися).

Застосування комплексу дозволяє:

1. Зменшити обсяг ТПВ, які підлягають захороненню, приблизно у 8 – 10 разів.
2. Вилучити з відходів до 40 – 45% вторинної сировини.
3. Завдяки подрібненню та отриманню фракції матеріалу з розмірами часток менш ніж 30 см і, відповідно, щільнішому укладанню ТПВ виключається поява порожнин і провалів поверхні полігонів.
4. Комплекс не вимагає капітального будівництва, призначений для роботи просто неба і в зимових умовах.
5. Мобільність комплексу дає можливість використовувати його на інших полігонах у міру їх заповнення або на стихійних звалищах, а також на будівельних майданчиках і паркових зонах.
6. Автономність (кожну установку урухомлює свій дизельний двигун) дозволяє використовувати окремо кожний агрегат залежно від потреби.

Обслуговувати комплекс може дистанційно один технік або оператор навантажувача (екскаватора). Ручна сортувальна установка розрахована на 4-8 робочих місць (залежно від поставлених завдань). На кожному робочому місці передбачено аварійне припинення руху транспортної стрічки.

Запропоноване розміщення установок умовне, і конфігурацію можна змінювати залежно від габаритів майданчика і заданих умов.

Використання ССК, за умови їх відповідності екологічним та санітарним нормам, доводить свою високу економічну ефективність на практиці. Пояснення цього полягає в можливості встановлення таких ССК якомога ближче до житлових та адміністративних районів, а також на існуючих полігонах відходів, тобто безпосередньо біля джерела утворення відходів.

Ще один із прикладів роботи ССК наведено у вигляді схеми на рис.1.2.

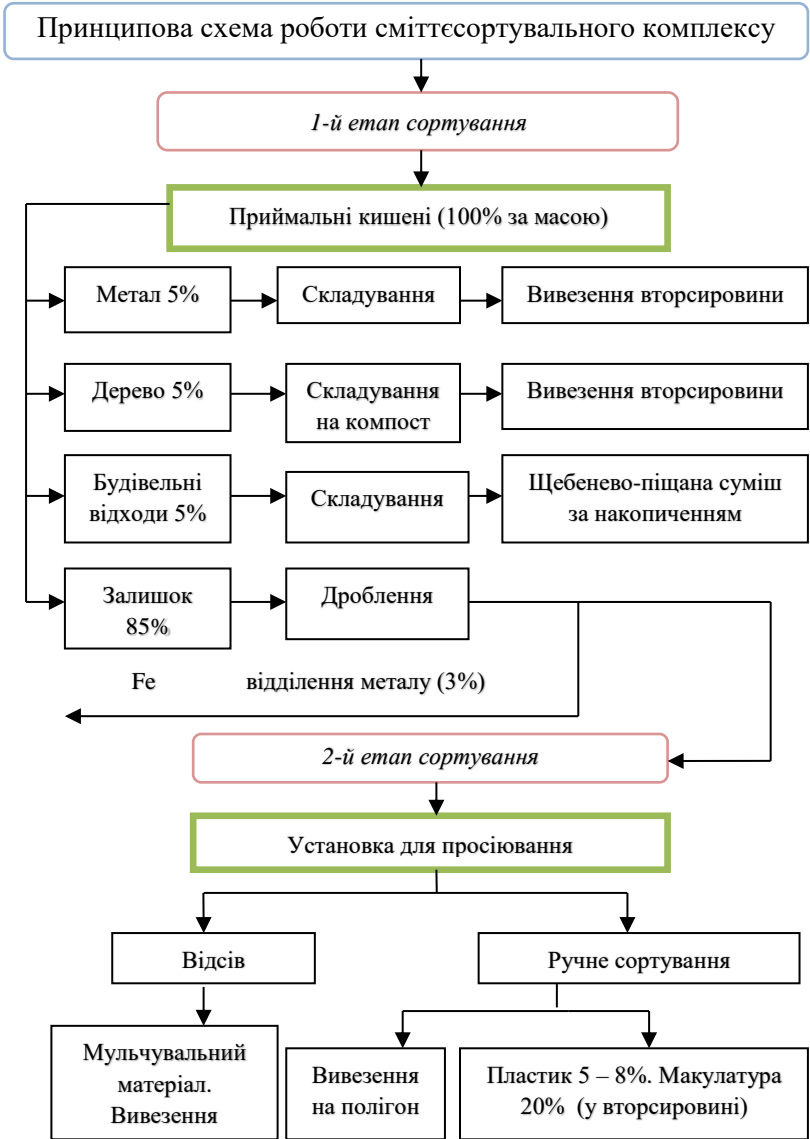


Рис. 1.2. Схема ССК для подрібнення і сортування відходів

Завдання: 1) Ознайомитись з основними принципами роботи сучасних сміттесортувальних комплексів; 2) Визначити необхідну кількість ліній ССК для конкретного міста, за вихідними даними згідно варіанту.

Питання для самоконтролю:

1. Які головні завдання сміттесортувальних комплексів? Опишіть основний принцип роботи сучасного сміттесортувального комплексу.?
2. За яким принципом класифікуються ССК?
3. За якими параметрами проводиться вибір сміттесортувальних комплексів для конкретного міста.
4. Назвіть основні технологічні цикли в роботі ССК.
5. Які переваги використання сміттесортувальних комплексів з точки зору сталого розвитку та охорони довкілля?
6. Які етапи включає процес сортування в сміттесортувальному комплексі?
7. Назвіть декілька методів роздільного сортування, які застосовуються в сміттесортувальних комплексах.
8. Як відбувається оптичне сортування в сміттесортувальних комплексах і яка його роль?
9. Які матеріали можуть бути виділені під час магнітної сепарації в сміттесортувальних комплексах?

Практична робота № 2

Тема: Оцінка енергетичного потенціалу полігону твердих побутових відходів

Мета роботи: Оволодіти методикою розрахунку максимально разових та валових викидів компонентів біогазу та оцінювання теоретичного енергетичного потенціалу полігонів твердих побутових відходів

Основні поняття

Традиційні джерела енергії, такі як нафта, газ, кам'яне вугілля, деревина з часом вичерпаються. За оцінками фахівців використання відновлюваних джерел енергії для виробництва електроенергії та тепла у світі розвиватиметься швидкими темпами, і до 2040 р. їх приріст досягне 77%, переважну частку при цьому становитиме біомаса з побутових відходів.

Значна частина твердих побутових відходів (ТПВ) представлена різними органічними речовинами, у тому числі папером, картоном (до 38%) та харчовими відходами (до 30%). Незважаючи на успіхи в галузі вдосконалення технологій переробки комунальних відходів, їх велика частина зберігається на полігонах. З кожним роком споживання різних продуктів зростає, а отже, збільшуються і відходи. Практично всі сховища побутових відходів негативно впливають на компоненти навколишнього середовища: забруднення ґрунтових вод, зміна ландшафту, біологічне забруднення, пов'язане з неконтрольованим розмноженням деяких видів тварин. Все це призводить до погіршення екологічної ситуації і зростання значущості забезпечення нешкідливих технологічних процесів. Одним із рішень цієї проблеми є виробництво альтернативного палива з висококалорійних компонентів ТПВ (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Усереднені дані розподілу висококалорійних компонентів і вологості ТПВ

Складова характеристика	Вміст, %
Органічна складова	55
Жироподібні речовини в органіці відходів	15
Вуглеводородоподібні речовини в органіці відходів	48
Білкові речовини в органіці відходів	13
Середня вологість відходів	41

Крім безпосереднього спалювання висококалорійних компонентів ТПВ, у світі широко застосовуються підходи збору звалищного газу (біогазу), що утворюється в тілі полігону, з

наступним його перетворенням у теплову енергію. Так званий біогаз, являє собою газову суміш, до складу якої входять:

- горюча складова – метан (CH_4) у кількості від 40 до 70%;
- інертний газ – двоокис вуглецю (CO_2) у кількості від 60 до 30%;
- домішки – кількість їх незначна, проте вони містять сірководень H_2S ;
- водяна пара – максимальний вміст якої у суміші може сягати 7%.

Питомий вихід біогазу (Q_w , кг/кг відходів) за період його виділення визначається за формулою:

$$Q_w = 10^{-6} \cdot R \cdot (100 - W) \cdot (0,92 \cdot Ж + 0,62 \cdot У + 0,34 \cdot Б) \quad (2.1)$$

де: R – вміст органічної складової у відходах, %; W – середня вологість відходів, %; $Ж$ – вміст жироподібних речовин у органіці відходів, %; $У$ – вміст вуглеводородоподібних речовин у органіці відходів, %; $Б$ – вміст білкових речовин у органіці відходів, %.

Період активного виділення біогазу, або період повного зброджування органічної частини відходів ($t_{збр}$, років) становить:

$$t_{збр} = \frac{10248}{T_{тепл} \cdot (t_{ср.тепл.})^{0,301966}} \quad (2.2)$$

де: $t_{ср.тепл.}$ – середня температура теплого періоду року ($t_{ср.тепл.} > 0$ °С), °С; $T_{тепл.}$ – середня тривалість теплого періоду року, днів.

Кількісний вихід біогазу за рік ($P_{кб}$), віднесений до однієї тони складованих відходів:

$$P_{кб} = \frac{Q_w}{t_{збр}} \cdot 10^3 \quad (2.3)$$

Щільність звалищного газу ($\rho_{б.г.}$, кг/м³) розраховується з врахуванням його компонентного складу:

$$\rho_{б.г.} = 10^{-6} \sum_{i=1}^n C_i$$

$$(2.4)$$

Ваговий відсотковий вміст компонентів у біогазі ($C_{\text{ваг.і}}$, %) розраховується:

$$C_{\text{ваг.і}} = 10^{-4} \cdot \frac{C_i}{\rho_{\text{б.г.}}} \quad (2.5)$$

Питома вага компонентів за рік ($P_{\text{пит.і}}$, кг/т·рік):

$$P_{\text{пит.і}} = \frac{C_{\text{ваг.і}} \cdot P_{\text{кб}}}{100} \quad (2.6)$$

Для розрахунку величин викидів береться до уваги кількість активних відходів, які стабільно генерують біогаз, з урахуванням того, що період стабілізованого активного виходу біогазу в середньому становить 20 років, а фаза анаеробного стабільного розкладу органічної складової відходів настає в середньому через 2 роки після захоронення відходів, тобто відходи завезені за останні 2 роки не є активними.

Максимальна разова ($M_{\text{сум}}$, г/с) кількість звалищного газу розраховується:

$$M_{\text{сум}} = \frac{P_{\text{пит}} \cdot \Sigma D}{T_{\text{тепл}} \cdot 24 \cdot 3600} \cdot 10^3 = \frac{P_{\text{пит}} \cdot \Sigma D}{86,4 \cdot T_{\text{тепл}}} \quad (2.7)$$

$$M_i = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.і}} \cdot M_{\text{сум}} \quad (2.7a)$$

де: ΣD – кількість активних, стабільно генеруючих звалищний газ відходів, розраховується: - для полігонів, що функціонують менше 20 років, тобто менше періоду повного зброджування ($t_{\text{збр}}$) враховуються всі відходи, що завезені від початку роботи полігону, за виключенням відходів, завезених за останні два роки; - для полігонів, що функціонують більше 20 років, тобто більше періоду повного зброджування ($t_{\text{збр}}$) враховуються відходи завезені за останні двадцять років (або $t_{\text{збр}}$) без урахування відходів завезених за останні два роки; M_i – максимальні разові викиди і-го компонента.

Біогаз утворюється нерівномірно залежно від пори року. При від'ємних температурах процес мезофільного зброджування (до 55° С) органічної частини ТПВ припиняється, відбувається так зване законсервування до настання більш теплого періоду року ($t_{\text{ср.міс.}} > 0^\circ \text{C}$).

Наведена формула (2.7) є справедливою для випадку обстеження полігону та відбору проб біогазу в теплий період року ($t_{\text{ср.міс.}} > 8^\circ \text{C}$). При обстеженні в більш холодний період року ($0 < t_{\text{ср.міс.}} \leq 8^\circ \text{C}$), що недоцільно через ймовірність похибки вимірювань, у формулі необхідно застосовувати коефіцієнт нерівномірності утворення біогазу 1,3.

З урахуванням коефіцієнту нерівномірності, валові викиди i -го компоненту біогазу з полігону визначаються за формулою:

$$G_{\text{сум}} = M_{\text{сум}} \left(\frac{a \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600}{12} + \frac{b \cdot 365 \cdot 3600}{12 \cdot 1,3} \right) \cdot 10^{-6} \quad (2.8)$$

$$G_i = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.і}} \cdot G_{\text{сум}} \quad (2.8a)$$

де: a – тривалість теплого періоду року ($t_{\text{ср.міс.}} > 8^\circ \text{C}$), місяців; b – тривалість холодного періоду року ($0 < t_{\text{ср.міс.}} \leq 8^\circ \text{C}$), місяців; G_i – валові викиди i -го компонента.

Загальний корисний річний газовий потенціал полігону ($G_{\text{кор}}$, м^3) розраховується з врахуванням основного горючого компоненту – метану:

$$G_{\text{кор}} = G_{\text{утв}} \cdot G_{\text{ваг.іNH}_4} \quad (2.9)$$

$$G_{\text{утв}} = \frac{G_{\text{сум}}}{\rho_{\text{б.г.}}} \cdot 10^3 \quad (2.9a)$$

де: $G_{\text{утв}}$ – річний об'єм звалищного газу, м^3 .

Енергетична цінність полігону ($E_{\text{щ}}$) розраховується з врахуванням того, що теоретична теплотворна здатність біогазу становить приблизно 27,68 МДж/ м^3 .

Отримане значення використовують для розрахунку еквівалентних за теплом кількостей мастила і природного газу,

які можна економити в разі утилізації біогазу. Для фінансової оцінки ефективності утилізації біогазу необхідно виходити з економії еквівалентної кількості мазуту вартістю 68-80 \$/т і природного газу – 68-80 \$/м³.

Завдання: відповідно номеру варіанту провести: 1) розрахунок максимально разових та валових викидів компонентів біогазу; 2) оцінювання теоретичного енергетичного потенціалу полігонів твердих побутових відходів.

Питання для самоконтролю:

1. З чим пов'язана потенційна енергетична цінність твердих побутових відходів?
2. Які речовини продукуються при розкладі органічної фракції твердих побутових відходів?
3. Який час становить період активного виділення біогазу з товщі складованих на полігоні відходів?
4. Наведіть приклади горючої складової та інертної складової біогазу.
5. За якої фази розкладу органічної фракції відходів відбувається виділення метану?
6. Якою є теоретична теплотворна здатність біогазу?

Практична робота № 3

Тема: Утилізація відходів пластмас. Розрахунок потенційно можливого фрагментування твердої полімерної тари

Мета роботи: 1) ознайомитись з основними технологічними операціями при переробці відходів пластмас; 2) опанувати методи ідентифікації полімерних матеріалів; 3) провести розрахунок потенційно можливого фрагментування твердої полімерної тари.

Основні поняття

Утилізація відходів пластмас внаслідок швидкого росту обсягів їх застосування набула важливого економічного та екологічного значення. Вторинні полімерні матеріали повинні мати у промисловості з переробки пластмас таке ж значення як металобрухт у металургії.

Для полегшення сортування пластмасових відходів споживання у багатьох країнах виробу при їх виробництві маркують (додаток А), що дозволяє ідентифікувати вид полімеру, з якого вони зроблені. Роздільний збір сміття відходів споживання пластмасових деталей з врахуванням виду полімеру (а ще краще кольору) в нашій країні майже не здійснюється. Тому значна частина відходів пластмас не перероблюється.

У промисловості застосовуються наступні основні напрямки утилізації та ліквідації відходів пластмас:

- переробка відходів у полімерну сировину і повторне їх використання для отримання виробів;
- спалювання разом з побутовими відходами;
- піроліз та отримання рідкого і газоподібного палива;
- захоронення на полігонах та звалищах.

Основний шлях утилізації відходів пластмас - це їх повторне використання за прямим призначенням.

У загальному вигляді послідовність операцій з переробки відходів пластмас з метою їх повторного використання наведено на рис. 3.1. залежно від якості та чистоти відходів така схема може бути реалізована у повному або скороченому об'ємі.



Рис. 3.1. Послідовність операцій при переробці відходів пластмас

Як правило, промислові відходи на потребують виконання всіх стадій технологічного процесу, що показані на цій схемі. Побутові полімерні відходи, навпаки, потребують ретельного підготування. Виробнича схема переробки таких відходів пластмас наведена на рис. 3.2.

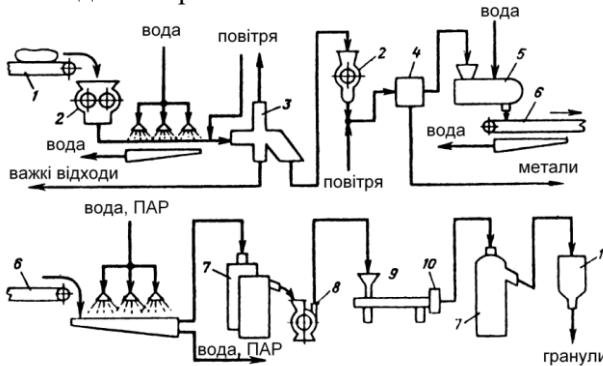


Рис. 3.2. Виробнича схема переробки відходів пластмас: 1 – конвеєр; 2 – дробарка; 3 – повітряний класифікатор; 4 – магнітний сепаратор; 5 – промивач; 6 – конвеєр; 7 – центр обіжні сушки; 8 – дробарка; 9 – бункер; 10 – екструдер; 11 – бункер для гранул.

Збір та сортування відходів пластмас є найбільш слабкою ланкою в процесі організації переробки як технологічних відходів, так і відходів споживання. Ідеальне сортування повинне забезпечувати розділення їх не лише по видам, маркам, кольору, але і за формою, ступенем забрудненості, вмісту сторонніх домішок, фізико-хімічними властивостями і т.п., що вимагає настільки великих затрат, що робить утилізацію відходів неефективною.

Ідентифікація пластмас має важливе значення. Серед проблем, що виникають при утилізації пластмас головна – визначення природи матеріалу, тобто її ідентифікація.

Якщо відсутнє спеціальне обладнання для проведення хімічного, фізико-хімічного та інших видів спеціальних аналізів, тоді можна скористатись простими, але достатньо точними

методами ідентифікації, за допомогою виключення або порівняння з точно відомими зразками або шляхом аналізу даних про можливість застосування тих або інших видів пластмас для певних цілей.

Щоб відрізнити термопластичний матеріал від термореактивного, необхідно прикласти до зразка розжарений металевий предмет. Якщо при цьому поверхня контакту з ним плавиться, то це термопластичний матеріал.

Якщо зразок пластмаси (непористий) плаває на поверхні води, у яку додано декілька крапель миючого засобу (для послаблення поверхневого натягу), то цей зразок, вочевидь, з неполярного полімеру – поліетилену або пропілену. Продукти горіння таких матеріалів мають запах як при горіння стеаринової свічки.

Спалювання зразків пластику – достатньо надійний спосіб його ідентифікації. Для цього шматок або смужку пластику беруть пінцетом, кліщами або іншим аналогічним інструментом (порошкоподібний матеріал насипають на кінчик ножа або інший зручний інструмент) і підносять до полум'я. Отримані результати порівнюють з відомою поведінкою пластмас при горінні (додаток В). До уваги приймаються наступні характеристики: легкість спалаху, характер плавлення, тривалість горіння після винесення з полум'я, наявність кіптяви, колір полум'я, запах. При цьому необхідно пам'ятати про заходи безпеки при підпалюванні зразків. Поведінка різних полімерів у полум'ї описана в таблиці 3.2.

Полімерні матеріали, що містять хлор (наприклад полівінілхлорид), можна розпізнати, якщо прикласти до їх поверхні розжарений мідний дріт. Якщо після внесення її у полум'я сірника або пальника вона зафарбовується у зелений колір, то це свідчить про присутність у полімері хлору.

Повторному використанню відходів термопластів, як правило, передуює переробка, пов'язана з їх *подрібненням* та *гранулюванням*. З цією метою розроблені спеціальні машини та установки для переробки відходів самих різних форм та розмірів для отримання вторинної сировини, яка за формою та розмірам у значній мірі відповідає первинній сировині.

Первинна сировина, що використовується при переробці пластмас, являє собою головним чином гранули зі стандартною величиною зерен, з постійною об'ємною масою та гарною сипучістю. Відходи термопластів повинні мати аналогічний гранулометричний склад.

Для гранулювання широко використовуються ріжучі гранулятори, переробка відходів у яких відбувається між роторними та стаціонарними ножами, а сито яке розташоване у нижній частині машин, відокремлює задану величину зерен.

Для підготовки до переробки об'ємних відходів пластмас, наприклад плівки, використовують *агломерацію*.

Агломератори забезпечують безперервне приготування сипучого грануляту з відходів термопластів всіх видів: поліефірних, поліпропіленових, полістирольних, поліамідних, полівінілхлорид них та інших. В процесі агломерації можливе введення у композицію певних добавок (наповнювачів, фарбників та ін.).

Розділення сумішей відходів полімерів здійснюється різними методами. Змішані відходи термопластів містять, як правило, речовини, які відрізняються за своїми механічними та хімічними властивостями, що дозволяє для їх розділення застосовувати фізичні та хімічні способи.

Розділення сумішей термопластів можна здійснювати поєднанням процесу грохочення і повітряної сепарації, основу якою становить відмінність у швидкостях осадження, розмірах твердих часток та їх щільності. Повне сортування досягається, коли швидкість осадження найбільших часток легкого компонента рівна швидкості осідання найменших важкого компоненту. За допомогою такого методу можна розділити до п'яти-шести видів матеріалу.

Хороші результати досягаються при послідовному розділенні відходів різних пластмас методом флотації та сольових розчинах з різною щільністю.

На теперішній час у якості вирішення проблеми пластикового забруднення запропонований перехід на економіку замкнутого циклу та залучення до ресурсообігу відходів ПЕТ, ПП, ПС та ін.

Несумісність полімерних матеріалів призводить до втрати якості вторинної сировини. Проста візуальна перевірка та вилучення полімерних виробів із ТПВ на початковій стадії сортування відходів (споживачами) прискорює процес переробки відходів та робить його більш ефективним та економічно доцільним.

Сепарація пластикової упаковки за міжнародним маркувальним позначенням у складі ТПВ свідчить, що перше місце за масою посідають відходи поліетилентерефталату (48,3%), далі йдуть відходи поліпропілену (38,4%). Найбільш легкими є відходи полістиролу (13%) (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Фактичне утворення відходів твердої полімерної упаковки сім'єю з 4-х людей

Утворення відходів твердої полімерної упаковки	1 місяць	Всього за 1 рік	1 рік	
			т/рік	кг/м ³
Поліпропілен / РР	0,3	3,6	0,0034	0,0038
Поліетилентерефталат / РЕТ	0,36	4,32	0,0043	0,0032
Полістирол / PS	0,1	1,2	0,0012	0,0011

Отже, близько 86% твердої полімерної упаковки в складі ТПВ припадає на ПЕТ та ПП, які більш ніж у три рази перевищують за масою відходи з ПС. Але, незважаючи на малу щільність та легкість, відходи полістиролу також здатні завдати негативний вплив на навколишнє середовище та здоров'я людини.

Розрахунок кількості дрібних поліпропіленових часток, з яких складається одноразовий стакан з кришкою для сметани

Стандартна одноразова тверда тара для молочних продуктів нетривалого зберігання виробляється переважно з поліпропілену. Його частки потенційно є вторинним мікропластиком, який потрапляє у довкілля двома шляхами: 1) через полігони / звалища ТПВ; 2) напряму – при викиданні використаної тари в місцях несанкціонованого розміщення відходів. Вплив мікрочастинок, що утворюються внаслідок фрагментації одноразової тари, буде відбуватись поступово та нелінійно, залежно від того середовища, до якого потрапить одноразовий пластик.

Знаючи геометричні розміри пластикової упаковки можливо спрогнозувати скільки часток поліпропіленового походження утвориться при дефрагментації цієї тари, що може бути корисною інформацією з огляду залучення її у повторне використання.

Площа найбільш розповсюдженої поліпропіленової тари з кришкою для сметани дорівнює сумі площ основи та бічної поверхні усіченого конусу (рис. 3.3).

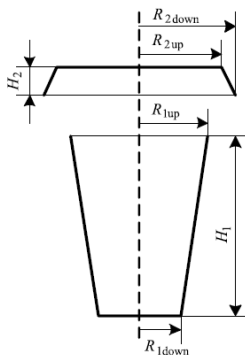


Рис. 3.3. Схема одноразової полімерної тари з кришкою для молочних продуктів – сметани

Оскільки кришка повторює форму стакану, то для розрахунку її площі використовують аналогічну формулу:

$$S_{\text{тари}} = S_{\text{екв.1}} + S_{\text{екв.2}} \quad (3.1)$$

де: $S_{\text{екв.1}}$ – площа стакану; $S_{\text{екв.2}}$ – площа кришки.

$$S_{\text{екв.}} = S_{\text{осн.}} + S_{\text{бічн.}} \quad (3.2)$$

де: $S_{\text{осн.}}$ – площа основи, $S_{\text{бічн.}}$ – площа бічної поверхні усіченого конусу.

$$S_{\text{осн.}} = \pi R_{1\text{down}}^2 \quad (3.3)$$

$$S_{\text{бічн.}} = \pi L(r + R) \quad (3.4)$$

$$S_{\text{екв.1}} = \pi \left(R_{1\text{down}}^2 + \sqrt{H1^2 + (R_{1\text{up}} - R_{1\text{down}})^2} (R_{1\text{down}} + R_{1\text{up}}) \right) \quad (3.5)$$

$$S_{\text{екв.2}} = \pi \left(R_{2\text{down}}^2 + \sqrt{H2^2 + (R_{2\text{down}} - R_{1\text{up}})^2} (R_{2\text{down}} + R_{2\text{up}}) \right) \quad (3.6)$$

Кількість фрагментованих часток тари визначається за формулою:

$$N_{\text{мкрч}} = \frac{S_{\text{тари}}}{S_{\text{мкрч}}} \quad (3.7)$$

де: $S_{\text{мкрч}}$ – площа поверхні мікрочасток пластику.

Завдання: 1) Ознайомитись з основним технологічними операціями при утилізації відходів пластмас; 2) Провести ідентифікацію кількох зразків пластику; 3) провести розрахунок кількості поліпропіленових часток, які утворюються при дефрагментації полімерного стакану з кришкою.

Питання для самоконтролю:

1. З якою метою у світовій практиці проводять маркування виробів з пластмас?
2. Яким шляхом можливо ідентифікувати термопластичні та терморективні матеріали пластикових відходів.
3. Охарактеризуйте процес агломерації полімерів. Для яких видів відходів його зазвичай використовують?
4. За яким принципом розраховується площа поліпропіленової тари (стакану з кришкою)?

Практична робота № 4

Тема: *Розрахунок тепловтрат у виробничому циклі отримання целюлози з відходів рослинництва*

Мета роботи: 1) ознайомитись з основними технологічними операціями при виробництві целюлози та лігніну; 2) провести

розрахунок тепловтрат у виробничому циклі отримання целюлози з відходів рослинництва.

Основні поняття

Целюлоза, що має хімічну формулу $(C_6H_{10}O_5)_n$ є найпоширенішим у природі полісахаридом та одним із основних компонентів клітинної стінки рослин. У складі деревини вміст целюлози становить 50-70%, бавовни – 98%. Частка цього полісахариду від загального складу карбону в організмі рослин складає близько 50%.

За фізичними і хімічними властивостями целюлоза є безбарвною твердою речовиною, що нерозчинна в органічних розчинниках (воді, спирті, хлороформі та ін.), але є обмежено розчинною в лугах. Добре розчинна целюлоза в сульфатній та ортофосфатній кислотах, або водних розчинах комплексних сполук d-елементів, таких як Ni, Cu, Cd. Деструкція целюлози відбувається при 150 °С, при цьому утворюються низькомолекулярні сполуки та інші продукти складної будови. Мікрокристалічна целюлоза диспергована у воді утворює тіксотропний гель.

Целюлоза має широке промислове використання в якості сировини для різноманітних матеріалів і продуктів (табл. 4.1). Поруч із целюлозою, цінним продуктом клітинних стінок рослин є лігнін. За фізичними та хімічними властивостями, лігнін є полімером природного походження з нерегулярною будовою. У різних рослинах, масові частки С, Н і O₂ у лігніні відрізняються, але в середньому приблизно становлять: карбон – 63%, гідроген – 6%, кисень – 31%.

Таблиця 4.1

Приклади використання целюлози в промисловості

Виробничий напрямок	Застосування
Паперова промисловість	Для виробництва паперу та картону. Вона обробляється та переробляється у паперову масу, а потім

	використовується для створення різноманітних паперових продуктів, включаючи книги, журнали, газети, упаковку та інші вироби.
Текстильна промисловість	Віскозне волокно, відоме також як регенероване волокно, отримується з целюлози та використовується для створення текстильних матеріалів. Віскозні тканини можуть мати м'якість і блиск, схожі на натуральні волокна, і вони часто використовуються для виробництва одягу, постільної білизни та текстильних виробів.
Харчова промисловість	Мікрокристалічна целюлоза (МСС) використовується в харчовій промисловості як загусник, стабілізатор та покращувач текстури у продуктах, таких як молочні продукти, соуси, кондитерські вироби та дієтичні продукти.
Фармацевтична промисловість	Целюлоза може бути використана для створення капсул та таблеток, а також як носій для лікарських речовин у таблетках.
Виробництво біопластиків	Целюлоза може бути сировиною для виробництва біопластиків. Біопластики на основі целюлози екологічно стійкіші, ніж традиційні пластмаси, оскільки вони біорозкладаються і можуть бути отримані з відновлюваних ресурсів.

продовження табл. 4.1

Будівельна індустрія	Целюлозні матеріали можуть використовуватися для створення ізоляційних матеріалів, підкладок, лакофарбових матеріалів, а також як
----------------------	---

	добавки в будівельних матеріалах для поліпшення їх характеристик.
Хімічна промисловість	Целюлоза може бути перетворена на різні целюлозні ефіри, такі як метилцелюлоза, етилцелюлоза, гідроксипропілцелюлоза та інші. Ці сполуки використовуються у фармацевтиці, харчовій промисловості та як добавки у різних продуктах та матеріалах. Нітроцелюлоза виходить шляхом нітрування целюлози та використовується у виробництві вибухових речовин, пропелерів для ракет, пластмас та інших хімічних продуктів.

Синтезований лігнін являє собою аморфний порошок або волокна жовтуватого або темно-коричневого кольору. Лігнін не розчиняється у органічних розчинниках та у воді. Лігнін використовується в аграрній сфері для покращення поживного режиму ґрунту, а також у хімічній промисловості для отримання щавлевої кислоти, фенолів, ваніліну, бузкового альдегіду, медичного та технічного алігніну.

Більшість виробників для одержання целюлози переробляють деревину, оскільки порівняно з іншою сировиною, деревина має найбільший вміст целюлози (табл. 4.2). Технології отримання целюлози з тростини або листя мають нижчу рентабельність. Доволі поширеною сировиною є також солома, особливо в країнах зі значним обсягом вирощування злакових культур.

Таблиця 4.2

Порівняльний вміст компонентів у рослинній сировині

Вихідна сировина	Вид компоненту	Вміст, %
Деревина	Целюлоза	35-42
	Лігнін	20-30

	Зола	4-5
	Інші органічні речовини	3
	Волога	20
Солома	Целюлоза	32-40
	Лігнін	15-25
	Зола	2
	Інші органічні речовини	3
	Волога	30
Листя	Целюлоза	15-20
	Лігнін	17-20
	Зола	4
	Інші органічні речовини	8
	Волога	70-80
Тростина	Целюлоза	20-25
	Лігнін	10-15
	Зола	5
	Інші органічні речовини	3
	Волога	70

Технологічну схему виробництва целюлози можна описати наступними послідовними стадіями: подрібнення; волога очистка; делігніфікація; охолодження; промивання; відділення; гідроліз; охолодження; промивання; відділення; сушіння; просіювання. У складі даної технології передбачено й отримання лігніну, з наступними стадіями: відновлення; осадження; промивання (рис. 4.1). Найбільш енергозатратним етапом отримання целюлози і лігніну є сушіння вихідного продукту. Оцінювання тепловтрат при сушінні соломи, деревини тощо ідентифікує, наскільки ефективно проводиться процес сушіння і допомагає оптимізувати його для забезпечення максимальної продуктивності та витрати енергії.

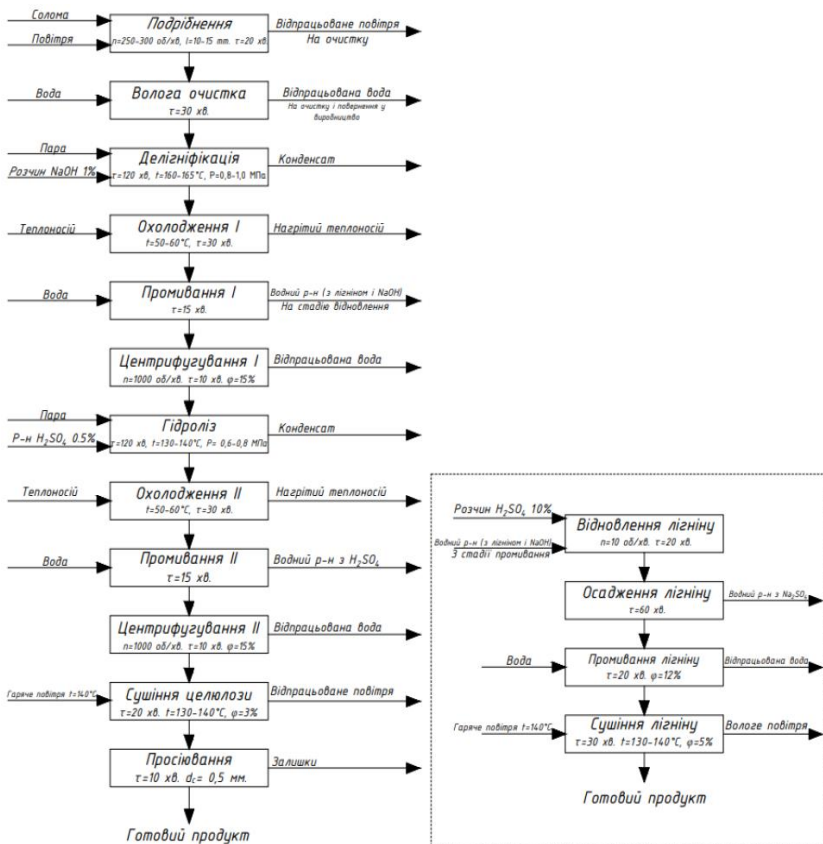


Рис. 4.1. Послідовність етапів у принциповій технологічній схемі виробництва целюлози та лігніну з соломи

Проведення розрахунків тепловтрат дозволяють:

- визначити, наскільки ефективно відбувається процес сушіння соломи, що допомагає зрозуміти, чи необхідно вносити зміни в процес сушіння, щоб підвищити його продуктивність і зменшити час сушіння;

– спрогнозувати скільки енергії потрібно для сушіння соломи, що важливо для зменшення енергетичних витрат і зниження витрат на сушіння;

– виявити фактори, що впливають на втрати продуктивності під час сушіння соломи, і розробити стратегії для їх зменшення;

– контролювати температуру та інші параметри під час сушіння, що допомагає забезпечити високу якість сухої соломи та запобігти псуванню чи втраті корисних властивостей;

– виявити, чи дотримується процес сушіння необхідних стандартів безпеки і не загрожує пожежній безпеці.

Для визначення кількості енергії, яка була витрачена на процес сушіння, розраховується витрата тепла на нагрів абсолютно сухої целюлози до температури сушіння:

$$Q_1 = G_1 \cdot 1,34 \cdot (t_2 - t_1) \quad (4.1)$$

де: G_1 – маса абсолютно сухого волокна, кг; 1,34 – теплоємність сухої целюлози кДж/(кг· °С); t_1 – температура целюлози до процесу сушіння; t_2 – середня температура в процесі сушіння.

Витрати тепла на нагрівання води, що міститься в матеріалі до процесу сушіння розраховують за формулою:

$$Q_2 = W_1 \cdot 4,19 \cdot (t_2 - t_1) \quad (4.2)$$

де: W_1 – вміст води у целюлозі перед сушінням, кг; 4,19 – теплоємність води, кДж.

Витрату тепла на випаровування вологи розраховують:

$$Q_3 = W \cdot r \quad (4.3)$$

де: W – маса випарованої вологи, кг; r – теплота випаровування води (2258 кДж/кг).

Теоретичні витрати тепла на сушіння целюлози становлять:

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (4.4)$$

Витрати повітря в процесі сушіння становлять:

$$L = \frac{W}{X_{1ц} - X_{2ц}} \quad (4.5)$$

де: W – маса вологи, що випарувалась, кг; $X_{1ц}$ та $X_{2ц}$ – початкова та кінцева вологість целюлози.

Тепло, затрачене на нагрівання повітря розраховується за формулою:

$$Q_4 = L \cdot (1 + 1,93 \cdot x_1) \cdot (t_2 - t_1)$$

де: L – кількість повітря, кг; 1 – теплоємність сухого повітря, кДж/(кг·°C); x_1 – початковий вологовміст повітря, кг; t_1 – початкова температура повітря, °C; t_2 – кінцева температура повітря, °C.

Розрахунок втрат тепла у процесі сушіння проводиться за формулою, що передбачає втрати енергії на рівні 20%:

$$Q_s = (Q_0 + Q_4) \cdot 0,2 \quad (4.6)$$

Загальні витрати тепла на сушіння целюлози становлять:

$$Q = Q_0 + Q_4 + Q_5 \quad (4.7)$$

Усі ці аспекти важливі для забезпечення оптимального процесу сушіння соломи, який би був ефективним, економічно вигідним і якісним. Тому проведення розрахунків тепловтрат є важливою складовою технології альтернативних та енергоощадних технологій утилізації відходів рослинництва.

Завдання: 1) Ознайомитись з принциповою технологічною схемою виробництва целюлози та лігніну з соломи; 2) Провести розрахунок тепловтрат при сушінні соломи.

Питання для самоконтролю:

1. У чому полягає цінність целюлози як сировини в різних галузях промисловості?
2. Назвіть основні фізико-хімічні характеристики целюлози.

3. Назвіть основні фізико-хімічні характеристики лігніну.
4. Наведіть послідовність стадій у процесі виробництва целюлози.
5. Який етап є найбільш енергозатратним у процесах отримання целюлози і лігніну?
6. Які рослинні матеріали використовуються для отримання целюлози? В чому різниця між ними?
7. З якою метою проводиться розрахунок тепловтрат при сушінні соломи?
8. Від чого залежать витрати повітря в процесі сушіння соломи?
9. Від чого залежать витрати тепла на випаровування вологи в процесі сушіння соломи?

Практична робота № 5

Тема: *Визначення напрямку використання техногенних продуктів у будівельній індустрії*

Мета роботи: *запропонувати поетапність дослідження техногенних продуктів як сировини для будіндустрії, розглянути методику їх оцінки як наповнювача та компонента в'язучого.*

Основні поняття

У сировинній основі будіндустрії є і природне, і техногенне (промислові відходи) сировину. Одним з основних напрямів зниження матеріаломісткості в виробництві будівельних матеріалів є застосування вторинних мінеральних ресурсів (ВМР). ВМР можна розділити за галузевою ознакою, але найефективнішими для оцінки ВМР як сировини є класифікації за агрегатним станом та за коефіцієнтом основності. Такий поділ дає можливість вже на першому етапі визначити спрямованість застосування ВМР у будіндустрії.

Класифікація за агрегатним станом:

– група А – продукти, що не втратили природних властивостей (кар'єрні залишки при видобутку порід та хвости

збагачення руди та природного вугілля). Ця природна сировина не зазнає фізико-хімічних змін;

– група Б – відходи, отримані внаслідок глибоких фізико-хімічних та термічних процесів. Це продукти, отримані при високих температурах або з розплаву при швидкісному або повільному охолодженні, а також із розчинів солей нерозчинних сполук. Ці продукти мають приховану активність і енергією;

– група В – продукти, що утворилися при тривалому зберіганні в шлаконакопичувачах, продукти розпаду чи мимовільного випалу, наприклад, горілі породи.

Для встановлення придатності застосування промислових відходів у виробництві будівельних матеріалів та виробів пропонується послідовність роботи, показана на рис. 5.1.

Спочатку необхідно оцінити агрегатний стан та обсяги накопичення техногенного продукту (етап 1) для з'ясування напрямку його подальшого застосування.

Далі необхідно перевірити екологічність: радіоактивність та токсичність (етап 2).

Сумарна ефективна питома активність матеріалу, що не перевищує 370 Бк/кг робить його придатним для використання в будівельній індустрії. Вміст токсичних речовин, що виділяються будівельною сировиною в повітря, не повинен перевищувати гранично допустимої концентрації (ГДК), зазначеної в гігієнічних нормативах (“Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць” Наказ МОЗ України від 14.01.2020 р. № 52). До основних токсичних речовин належать: оксиди MnO_2 , NO_2 , CO , SO_2 ; миш'як, ртуть, свинець; пил, сажа; сірчисті сполуки PbS , H_2S , H_2SO_4 , SO_2 , CS_2 ; фтор; фтористий та хлористий водень.

У випадку відповідності показників (радіоактивності, токсичності) продуктів, що вивчаються нормативам, у подальшому відбувається оцінка речовинного та хіміко-мінералогічного складу сировини (етап 3).

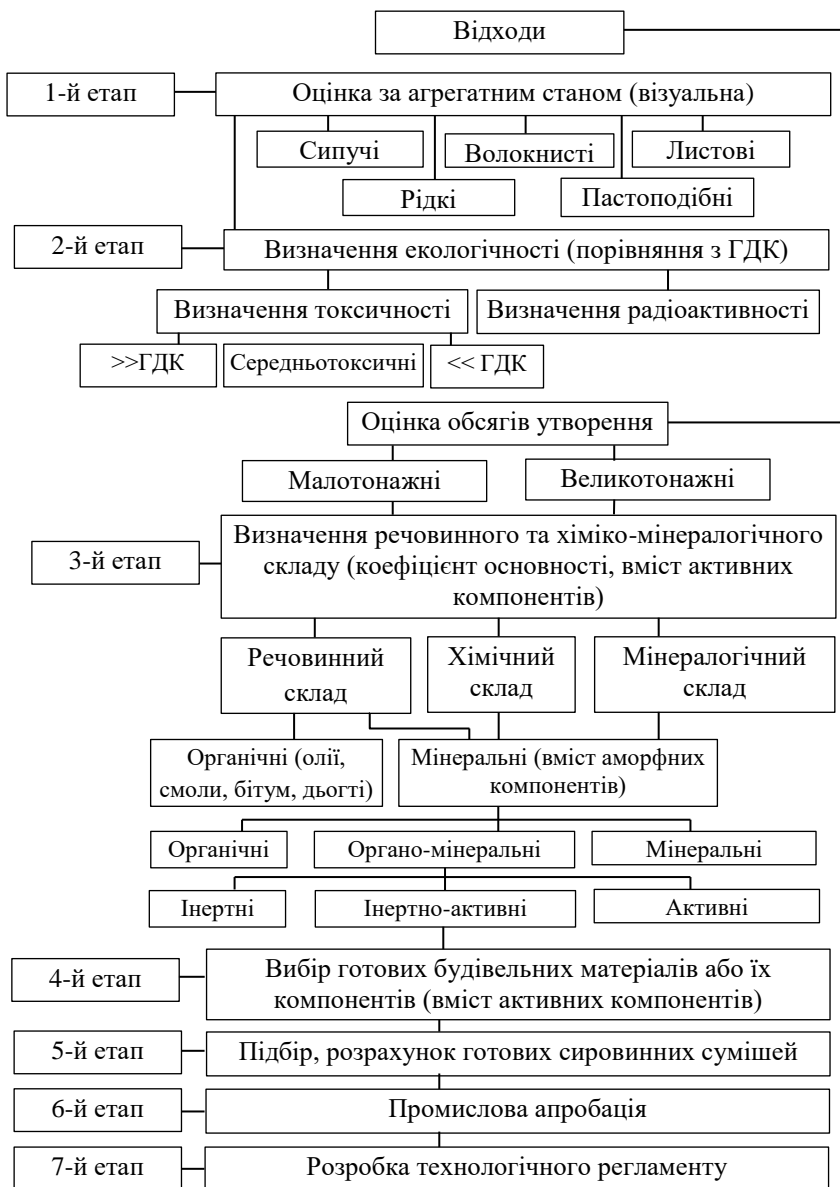


Рис. 5.1. Етапи дослідження промислових відходів

Знаючи хімічний склад, можливо розрахувати коефіцієнт основності ($K_{осн}$) за наступною залежністю:

$$K_{осн} = \frac{(CaO+0,93MgO+0,6R_2O)}{0,93SiO_2} - \frac{(0,55Al_2O_3+0,35Fe_2O_3+0,7SO_3)}{0,93SiO_2} \quad (5.1)$$

де: CaO, MgO, R₂O, Al₂O₃, Fe₂O₃, SO₃, SiO₂ – вміст відповідного компоненту, %.

У формулі (5.1) зменшуване в чисельнику відображує загальний вміст лужного компоненту («умовного» оксиду кальцію CaO), від'ємник визначає кількість оксиду кальцію, що зв'язаний відповідними оксидами. Різниця між ними складає кількість оксиду кальцію, який за певних умов утворює силікати кальцію; їх кількість зафіксована у знаменнику.

Коефіцієнт основності дозволяє попередньо оцінити напрямок застосування і активність продукту як компоненту в'язучого (рис. 5.2).

Напрямок використання

<i>Скло, склокераміка</i>	<i>Кераміка</i>	<i>Безшпальовальні матеріали</i>	
<i>Заповнювач (у т.ч. для силікатних матеріалів)</i>	<i>Заповнювач (в т.ч. для силікатних матеріалів)</i>	<i>Заповнювач (в т.ч. для силікатних матеріалів)</i>	<i>В'язучі речовини (в т.ч. для силікатних матеріалів)</i>

Мінеральна вата

<i>Ультракислі</i>	<i>Кислі</i>	<i>Нейтральні</i>	<i>Основні</i>	<i>Ультраосновні</i>
$-\infty$	0	0,8	1,2	$+\infty K_{осн}$
	<i>Відходи вуглезбагачення, зола кам'яно- вугільна, доменні шлаки</i>	<i>Зола кам'яно- вугільна, хвости збагачення залізної руди, доменні шлаки</i>	<i>Чавуно- плавильні шлаки, шлами</i>	<i>Зола бурого вугілля, тил газоочищення ватнякового походження</i>

Сировинні матеріали (техногенні продукти)

Рис. 5.2. Визначення напрямку використання техногенних продуктів за коефіцієнтом основності

Далі визначається можливість застосування ВМР як готового сировинного матеріалу, що не вимагає підшихтовки (етап 4). Підбираються активуючі добавки, розробляються склади шихт (етап 5). Після експериментальної лабораторної та промислової апробації та отримання позитивних результатів (етап 6) розробляється та затверджується технологічний регламент на виготовлення будівельних виробів (етап 7).

Для використання досліджуваних відходів у якості заповнювача необхідно їх перевірити на вапняний, силікатний та металевий розпад (розсіпання).

Відомо, що з підвищенням змісту оксиду кальцію CaO у складі сировини, вона схильна до вапняного та силікатного розпаду. Двокальцієвий силікат, що знаходиться в сировині, з нестійкої форми ($\gamma \cdot \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) при 675 °C перетворюється на стабільний стан ($\beta \cdot 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), що супроводжується збільшенням його обсягу на 10%. У результаті заповнювач розтріскується та розсіпається. Перевірити стійкість промислових продуктів до силікатного розпаду можна за формулами:

$$\text{SiO}_{2\min} = \frac{100 - \Sigma RO}{2,5}; \quad \text{CaO}_{\max} = \frac{100 - \Sigma RO}{1,8} \quad (5.2)$$

де: ΣRO – сума вмісту всіх оксидів (за виключенням вмісту CaO SiO₂), %.

Техногенні продукти є стійкими до розпаду, якщо $\text{SiO}_{2\min} < \text{SiO}_{2\text{факт}}$, а $\text{CaO}_{\max} > \text{CaO}_{\text{факт}}$.

Лабораторний спосіб перевірки на силікатний розпад – пропарювання проби.

Вапняний розпад характерний для відходів із підвищеним вмістом вільного оксиду кальцію, за гідратації якого збільшення його об'єму може доходити до 2,5 разів. Гідратація оксиду кальцію здійснюється за реакцією: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$. Лабораторний спосіб перевірки на вапняний розпад – пропарювання та витримання в воді.

Металевий розпад відбувається внаслідок гідратації сульфідів заліза FeS , а також сірчистих з'єднань металів MnS , ZnS , MeS під впливом атмосферної вологи.

Внаслідок реакції $\text{FeS} + \text{H}_2\text{O} = \text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{S}$ об'єм збільшується на 38%. Лабораторна перевірка здійснюється шляхом витримання проби в дистильованій воді протягом 30 діб.

Завдання: 1) Ознайомитись з процедурою визначення придатності промислових відходів для використання в будівельній індустрії; 2) Провести розрахунок шихти цементу за коефіцієнтом основності; 3) Провести розрахунок складу шихти для отримання в'язучого.

Питання для самоконтролю:

1. У чому полягає основне призначення класифікації вторинних матеріальних ресурсів за агрегатним станом та за коефіцієнтом основності?
2. На які групи поділяються ВМР відповідно їх класифікації за агрегатним станом?
3. Яка сумарна ефективна питома активність матеріалу дозволяє вважати його придатним для використання в будівельній індустрії?
4. Який етап передує етапу проведення оцінки речовинного та хіміко-мінералогічного складу сировини для використання в будіндустрії?
5. Які властивості досліджуваних відходів необхідно дослідити для використання їх у якості заповнювача при виробництві будівельних матеріалів?
6. З якою метою проводиться розрахунок коефіцієнту основності техногенних продуктів?
7. Назвіть основні напрямки використання в будіндустрії кислих техногенних продуктів.
8. Назвіть основні напрямки використання в будіндустрії ультраосновних техногенних продуктів.

Практична робота № 6

Тема: Оцінювання екологічних ризиків у ресурсозберігаючій технології використання компосту

Мета роботи: ознайомитись із перспективами та проблемами використання компосту з ТПВ у сільськогосподарському виробництві.

Основні поняття

Виснаження природних ресурсів викликає потребу розробки ресурсозберігаючих технологій, що базуються на використанні нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії.

Однак створення та впровадження таких технологій у сільському господарстві йде повільно. Тим часом, тепличне овочівництво, будучи дуже енергоємною галуззю має великий потенціал впровадження ресурсозберігаючих технологій, особливо в галузі забезпечення температурних режимів при вирощуванні продукції. У зв'язку з цим використання компосту з ТПВ в овочівництві захищеного ґрунту та у присадибному господарстві має велике значення.

ТПВ є джерелом забруднення довкілля, сприяючи поширенню небезпечних речовин. Разом з тим вони містять у своєму складі цінні компоненти, які можуть бути використані як вторинні ресурси. Існують три основні способи знешкодження ТПВ: складування (поховання) на звалищах; спалювання; компостування. Головною проблемою знешкодження ТПВ є їх несортованість, висока вологість, низька теплотворна здатність і, як наслідок, неможливість дотримання екологічно безпечної технології складування на полігонах, компостування, спалювання.

Компост з ТПВ в овочівництві захищеного ґрунту використовується як біопаливо для біологічного обігріву ґрунту та повітря при вирощуванні ранніх овочів у парниках та теплицях з 60-х років ХХ століття. Енергетична цінність компосту прирівнюється до кінського гною. Свіжий компост із ТПВ

характеризується високим біоенергетичним потенціалом: 1 кг сухої речовини його при розкладі виділяє 1050-1090 кДж. Недоліком використання компосту як біопалива, в більшості випадків, є некерованість температурного режиму його «горіння». Крім того, після використання компосту як біопалива, концентрація важких металів суттєво зростає (табл. 6.1) за рахунок розкладання органічної фракції.

Таблиця 6.1

Зміна хімічного складу компосту з ТПВ після його використання як біопалива* (на суху речовину)

Показник	Компост до використання	Біопаливо
Cr, мг/кг	260	292
Mn, мг/кг	149	305
Ni, мг/кг	80	75
Cu, мг/кг	206	271
Zn, мг/кг	1048	1907
Pb, мг/кг	479	1524
Fe, мг/кг	4844	17552
pH	7,9	7,2
Ca, %	5,5	9,9
N, %	1,16	0,84
Органічна речовина, %	75,8	28,6

Тим не менш, суміш тепличного ґрунту та біопалива є органічним добривом, яке містить всі елементи, необхідні для живлення рослин. Крім того, включення використаного біопалива до біологічного кругообігу дозволило б частково вирішити проблему рециркуляції відходів.

Компост із ТПВ практично не використовується для обігріву теплиць через недоліки системи збирання та переробки відходів. Величезна кількість органічної речовини залишається незатребуваною. Однак це питання може бути частково вирішене шляхом жорсткого нормування доз та тривалості внесення «викочування» з теплиць у ґрунт. При розрахунку допустимої дози внесення компосту (або «викочування») ($DD_{\text{комп}}$) в ґрунт необхідно враховувати такі показники:

- концентрацію мікроелементів у ґрунті до внесення компосту ($C_{\text{фон}}$);
- концентрацію мікроелементів у компості ($C_{\text{комп}}$);
- граничні допустимі концентрації (ГДК) мікроелементів у ґрунті залежно від механічного складу та кислотності ґрунту (табл. 6.2);
- кількість років (T), протягом яких планується вносити компост у ґрунт на конкретній ділянці.

Таблиця 6.2

Орієнтовні допустимі концентрації (ОДК з врахуванням фону, мг/кг) важких металів і миш'яку в ґрунтах

Ґрунти	Нікель	Мідь	Цинк	Миш'як	Кадмій	Свинець
Піщані та супіщані	20	33	55	2	0,5	32
Суглинисті та глинисті рНКСl<5,5	40	66	110	5	1,0	65
Суглинисті та глинисті рНКСl>5,5	80	132	220	10	2,0	130

Для оцінки $ДД_{\text{комп}}$ накладається обмежувальна умова на лінійну модель накопичення елементів у ґрунті при щорічному внесенні добрив: через заданий час $t=T$ величина $C_T \leq ГДК_l$, тоді:

$$ДД_{\text{комп}} = (0,8ГДК_T - C_{\text{фон}})M_T / (C_{\text{комп}} - C_{\text{фон}})T \quad (6.1)$$

де: C_T – концентрація елемента в ґрунті після застосування компосту протягом t років; M_T – маса 1 га ґрунту.

Тобто, $ДД_{\text{комп}}$ є лінійною функцією $C_{\text{фон}}$ кожного елемента. $ДД_{\text{комп}}$ повинна розраховуватись для тих мікроелементів, концентрація яких у компості вище, ніж ГДК для ґрунту. Лімітуючою дозою вважається найменше з отриманих значень $ДД_{\text{комп}}$.

Лінійна модель враховує тільки накопичення елемента в ґрунті при щорічному внесенні добрив. Якщо брати до уваги не тільки надходження елемента в ґрунт, але й винесення його

рослинами та водами (що фільтруються та поверхневими), то необхідно користуватися експоненційною моделлю накопичення елемента у ґрунті. Однак при цьому необхідно знати загальну константу (k) винесення елемента із ґрунту. Тоді $ДД_{\text{комп}}$ обчислюється за формулою:

$$ДД_{\text{комп}} = 0,8(\text{ПДК}_T - C_{\text{фон}}) \cdot k \cdot \text{Мг} / (C_{\text{комп}} - C_{\text{фон}})^{[1 - \exp(-kT)]} \quad (6.2)$$

Величина k для ВМ становить у середньому $0,05 \text{ рік}^{-1}$.

Даний підхід дозволяє оцінити, скільки років в умовах конкретного господарства можна застосовувати компост з ТПВ як біопаливо та добрива без загрози забруднення ґрунту та продукції рослинництва важкими металами.

Таким чином, технології використання ТПВ, що розробляються, повинні містити інструкції щодо подальшої утилізації використаного біопалива, при виконанні яких буде виключено небезпеку забруднення навколишнього середовища.

Завдання: 1) проаналізувати можливі ризики при використанні компосту з ТПВ у якості добрив; 2) провести розрахунок допустимої дози внесення компосту з ТПВ при вирощуванні сільськогосподарських культур.

Питання для самоконтролю:

1. У чому полягає потенціал впровадження технологій використання ТПВ у сільськогосподарській галузі?
2. Якою є кількісна характеристика біоенергетичного потенціалу компосту, отриманого з ТПВ?
3. Що є недоліком використання компосту як біопалива?
4. Які екологічні ризики має технології використання компосту, отриманого з ТПВ у сільськогосподарському виробництві?
5. Які підходи дозволяють розрахувати допустимі дози внесення компосту в ґрунт?

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ОПРАЦЮВАННЯ

1. Методи магнітної сепарації та флотації.
2. Піроліз, інкрементальне спалювання.
3. Переваги та недоліки властиві кожному з цих методів.
4. Проекти чи компанії відомі своїм успішним застосуванням альтернативних методів переробки відходів.
5. Утилізація відходів деревини.
6. Утилізація токсичних відходів. Утилізація звалищного газу.
7. Визначення проблеми забруднення пластиковими відходами та необхідності їх ефективної утилізації.
8. Вплив пластикових відходів на навколишнє середовище та здоров'я людини.
9. Процес виробництва пластику та його широке застосування. Механічна переробка пластику: дроблення, промивання, плавлення.
10. Огляд світових та регіональних ініціатив та програм щодо переробки пластику.
11. Успішні приклади проектів з переробки пластику в паливо.
12. Використання новітніх технологій у переробці пластику.
13. Роль науки та досліджень у вдосконаленні процесів переробки.
14. Визначення проблеми великого обсягу харчових відходів та їх вплив на навколишнє середовище.
15. Вплив використання органічних відходів для відновлення енергії на сталість довкілля.
16. Сумісне спалювання біогазу та природного газу.
17. Актуальність проблеми доступу до чистої питної води в світі.
18. Роль сонячних технологій у вирішенні цієї проблеми.
19. Огляд сонячної енергії як відновлювального джерела.
20. Різні способи використання сонячної енергії: фотоелектричні панелі, теплові колектори тощо.
21. Роль наукових досліджень у вдосконаленні та поширенні сонячних систем для переробки води.

22. Позитивні приклади використання сонячних технологій для переробки води в різних країнах.
23. Вплив таких проєктів на якість життя та здоров'я місцевих громад.
24. Значення сонячних технологій для забезпечення доступу до питної води.
25. Законодавчі ініціативи та стандарти щодо використання будівельних відходів.
26. Роль урядових та громадських організацій у стимулюванні сталого використання відходів.
27. Зменшення викидів та забруднення завдяки вторинному використанню.
28. Виклики стосовно якості та стандартів перероблених матеріалів.
29. Важливість використання відходів у будівництві для сталого розвитку та збереження ресурсів.
30. Ресурсозбереження. Зменшення відходів.
31. Вплив неправильного управління відходами на довкілля.
32. Зелене підприємництво, як елемент економіки замкнутого циклу.
33. Інтелектуальні системи управління відходами для стійкості економіки замкнутого циклу.
34. Приклади успішного впровадження циклічної економіки в Європі.
35. Приклади компаній, які впроваджують зелені стратегії управління відходами.

ПРИКЛАДИ ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ

Рівень 1

(обрати одну правильну відповідь серед приведених)

1. У класифікації відходів за класом токсичності до II класу належать:
 - а. помірно-небезпечні
 - б. незначно небезпечні
 - в. *високо небезпечні*
 - г. дуже небезпечні
 - д. безпечні

2. Помірно-небезпечні відходи належать до класу токсичності:
 - а. I
 - б. II
 - в. *III*
 - г. IV
 - д. V

3. У державному класифікаторі відходів до розділу "Б" належать відходи, що утворились внаслідок діяльності:
 - а. виробничої
 - б. послугам по відходам
 - в. *побутової*
 - г. медичної
 - д. інші види діяльності

4. Остаточне видалення ТПВ шляхом розміщення їх контрольованим чином у призначеному місці, називається:
 - а. збирання
 - б. зберігання
 - в. *захоронення*
 - г. знешкодження
 - д. утилізація

5. Продуктивність млинів, що здійснюють подрібнення твердих відходів, оцінюють за:

- а. кількістю матеріалу, який перероблюється за одиницю часу
- б. робочим об'ємом барабану млина
- в. потужністю двигуна
- г. виходом класу продукту
- д. всі відповіді вірні

6. Завдяки високій продуктивності, надійності в роботі та відносно невеликим енергозатратам, на практиці більше розповсюдження отримали гранулятори:

- а. барабанні
- б. тарілчасті
- в. центробіжні
- г. лопатні
- д. вібраційні

7. Якщо до складу сміттесортувального комплексу входить пресове устаткування для вторсировини низької і високої автоматизації, установка подрібнення пластмас, бункер/тара для відсортованих компонентів відходів і автонавантажувач, то він відноситься до класу:

- а. мінімальної комплектації
- б. середньої комплектації
- в. неповної комплектації
- г. повної комплектації
- д. максимальної комплектації

8. Теплотворна здатність ТПВ непостійна і змінюється залежно від:

- а. пори року і морфологічного складу відходів
- б. періодичності збору та вивезення від житлових будинків
- в. рівнів доходу населення, що їх утворює
- г. об'єму ємностей для збору відходів
- д. розмірів майданчиків під контейнери для збору ТПВ

9. Яка фракція в морфологічному складі відходів зумовлює інтенсивне забруднення повітря, ґрунту, поверхневих і ґрунтових вод патогенними мікроорганізмами:

- а. *органічні залишки*
- б. скло
- в. папір
- г. текстиль
- д. гума

10. До методів знезараження ТПВ не належать:

- а. *складування на звалищах*
- б. спалювання органічної складової на сміттєспалювальних заводах
- в. оброблення дезінфікуючими розчинами
- г. глибоке пресування з повним віджиманням фільтрату
- д. капсулювання подрібненого ТПВ різними затверджувачами

11. При переробці ТПВ, методом електродинамічної сепарації вилучають:

- а. *кольоровий металобрухт*
- б. чорний металобрухт
- в. органічну фракцію
- г. пластик і текстиль
- д. феромагнітні сплави

12. При переробці ТПВ, методом аеросепарації вилучають:

- а. *макулатуру, полімерну плівку, текстиль*
- б. кольоровий металобрухт і чорний металобрухт
- в. органічну фракцію
- г. феромагнітні сплави
- д. текстиль і гуму

13. Оберіть вірне визначення терміну "утилізація" відходів:

- а. здійснення будь-яких технологічних операцій, пов'язаних зі зміною фізичних, хімічних чи біологічних властивостей

- відходів, з метою підготовки їх до екологічно безпечного зберігання, перевезення чи видалення
- б. зменшення або усунення небезпечності відходів шляхом механічного, фізико-хімічного чи біологічного оброблення
 - в. *використання відходів як вторинних матеріальних чи енергетичних ресурсів*
 - г. остаточне розміщення відходів під час їх видалення у спеціально відведених місцях чи на об'єктах таким чином, щоб довгостроковий шкідливий вплив відходів на навколишнє природне середовище та здоров'я людини не перевищував установлених нормативів
 - д. діяльність, пов'язана з вилученням, накопиченням і розміщенням відходів у спеціально відведених місцях чи об'єктах, включаючи сортування відходів

14. Продуктивність середніх сміттєперевантажуючих станцій становить:

- а. 50–150 т/добу
- б. 10-50 т/добу
- в. не більше 10 т/добу
- г. 100 т/добу
- д. понад 150 т/добу

15. Деструкція целюлози за якої утворюються низькомолекулярні сполуки та інші продукти складної будови, відбувається за температури:

- а. 50 °С
- б. 80 °С
- в. 100 °С
- г. 150 °С
- д. 200 °С

16. Біологічний процес трансформації бактеріями і грибами (мікро- та макроміцети) високомолекулярних вуглецевих сполук отримав назву:

- а. біоконденсування

- б. біоконверсія
- в. біотрансформація
- г. біофосфорилування
- д. біоміка

17. Піролізна смола, отримана на стадії первинного фракціонування використовується для отримання:

- а. *технічного вуглецю*
- б. сірководню
- в. метану
- г. ацетилену
- д. бензолу

18. Біопаливо 2-го покоління, сировиною для виробництва якого слугують неістівні залишки рослинної сировини (деревина, стебла кукурудзи і пшениці), непродовольчі швидкоростучі рослини (міскантус, верба, тополя, деякі сорти проса) має назву:

- а. біодизель
- б. *диметилфуран*
- в. метилтетрагідрофуран
- г. емульговане дизпаливо
- д. синтетичне паливо

19. Перспективним напрямом утилізації порід, що містять вуглецеву речовину, є їх:

- а. *газифікація*
- б. магніфікація
- в. сульфатредукція
- г. термофікація
- д. пластифікація

20. Фосфогіпс є потенційно якісною сировиною для виробництва:

- а. цегли
- б. асфальту
- в. *різних в'язучих*
- г. бетону

д. тротуарної плитки

Рівень 2
(встановити відповідність)

1. Встановіть відповідність складу матеріалів з відходів деревини на основі мінеральних в'язучих:

Тирсобетон – матеріал, що містить у своєму складі крім тирси, пісок або інші мінеральні заповнювачі і як в'язучий елемент цемент

Короліт – матеріал, що виробляють на основі мінеральних в'язучих та кори

Арболіт – легкий бетон на основі заповнювачів із деревини

2. Згідно Директиви ЄС по спалюванню відходів, допустима концентрація забруднюючих речовин у викидах при спалюванні відходів становить (встановити відповідність):

Пил – 10

SO₂ – 50

НІ – 10

Со – 50

Hg – 0,05

3. Переробка однієї тони пластику може зберегти (встановити відповідність):

5774 – кВт/год

103292000 – кілоджоулів енергії

30 – кубічних метрів місця на звалищах

48000 – літрів води

4. Співставити характерні ознаки до відповідних класів біореакторів (ферментаторів):

за поданням повітря – аеробні, анаеробні; аеробно-анаеробні

за іммобілізацією мікроорганізмів у апараті – з прикріпленими мікроорганізмами на завантаженні, з плаваючою мікрофлорою

за конструктивними особливостями – з прикріпленою насадкою, з насадкою яка обертається, з псевдозрідженим шаром за конструктивно-технологічними ознаками – біофільтри, біосорбери, біотенки, фільтр-біореактори, флототенки

5. Залежно від виду палива, вміст золашлаку в продуктах згорання буває різним:

у бурому вугіллі – до 15%

у кам'яному вугіллі – від 3 до 40%

в антрациті – до 30%

у горючих сланцях – від 50 до 80%

у дровах – 0,5-1,5%

у мазуті – 0,2%

Рівень 3

(обрати кілька правильних відповідей серед приведених)

1. Якщо відходи сортовані та розподілені на фракції, це робить їх придатними для:

- а. спалювання*
- б. отримання з них енергії*
- в. повторного використання*
- г. рециркуляції матеріалів*
- д. захоронення*

2. Якщо відходи несортовані (тобто мішані), для них найбільш технічно та економічно доцільним буде:

- а. захоронення в землю*
- б. отримання з них енергії*
- в. рециркуляція*
- г. спалювання*
- д. повторне використання*

3. У промисловості застосовуються наступні основні напрямки утилізації та ліквідації відходів пластмас:

- а. *переробка відходів у полімерну сировину і повторне їх використання для отримання виробів*
- б. *спалювання разом з побутовими відходами*
- в. *піроліз та отримання рідкого і газоподібного палива*
- г. *захоронення на полігонах та звалищах*
- д. *сумісне компостування з органічними відходами*

4. Суміш вапна і сірки, що утворюється під час спалювання та піролізу відпрацьованих автомобільних шин використовують як:

- а. *добриво*
- б. *будівельний матеріал*
- в. *фарбник*
- г. *розчинник*
- д. *згущувач*



5. Використання піролізного газу можливе для:

- а. *виробництва енергії для роботи піролізної установки, а в деяких випадках – для подавання споживачеві*
- б. *спалювання в печі піролізної установки (наприклад, для підігріву води)*
- в. *використання в ролі побутового палива, сконденсованого в балонах*
- г. *використання (після попередньої модифікації) в якості пального для двигунів внутрішнього згоряння*
- д. *зварювальних робіт та заправки вогнегасників*

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Галиш В. В., Радовенчик В. М., Радовенчик Я. В., Гомеля М. Д. Утилізація та рекуперація відходів: переробка відходів целюлозно-паперових виробництв : навч. посіб.; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 75 с.
2. Каратеєва 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.
3. Крисоватий А. І., Зварич, Р. Є, Зварич І. Я. Циркулярна політика управління відходами: підручник. Тернопіль : ЗУНУ, 2023. 458 с.
4. Микітчак Г. С, Койнова І. Б. Вторинні ресурси твердих побутових відходів : монографія. Львів : Видавництво Старого Лева, 2018. С. 534–546.
5. Технології захисту навколишнього середовища. Ч. 4. *Технології поводження з відходами харчових виробництв* : підручник / Петрук В. Г., Васильківський І. В., Петрук Р. В., Крусір Г. В., Клименко М. О., Сакалова Г. В. Херсон : Олді плюс. 2019. 520 с.
6. Сухенко Ю. Г., Серьогін О. О., Сухенко В. Ю., Рябокони Н. В. Ресурсозберігаючі технології в харчових і переробних виробництвах : підручник. К. : ЦП «КОМПРИНТ», 2016. 338 с.
7. Управління та поводження з відходами : підручник / Шаніна Т. П., Губанова О. Р., Клименко М. О., Сафранов Т. А., Коріневська В. Ю., Бедункова О. О., Волков А. І. Одеса : ТЕС, 2012. 272 с.
8. Утилізація твердих побутових відходів : навчальний посібник / Клименко М. О., Рокочинський А. М., Бедункова О. О., Маланчук Є. З., Жомірук Р. В., Громаченко С. Ю. Рівне : НУВГП, 2010. 307 с.




Маркування пластмас

	<p>Знак пластику, який переробляється (знак рециклінгу) ставиться на полімерних упаковках. До пластикових пакувальних матеріалів належать 7 видів пластмас, для кожного з яких існує свій цифровий символічний код, які виробники проставляють з метою надання інформації про тип матеріалу, можливості його переробки та для полегшення процедури сортування перед відправленням пластику на переробку для вторинного використання.</p>
	<p><i>PETE</i> або <i>ПЕТ</i> - поліетиленперефталат. Використовується для виготовлення різної пакувальної продукції (пляшок, коробок і т.д.) для розливу різних напоїв, соків, води та т.п. Також, цей матеріал можна зустріти в упаковках різних порошків, сипучих харчових продуктів і т.д. ПЕТ дуже добре піддається переробці і вторинному використанню. <i>Переробка:</i> здійснюється механічно (подрібнення) та фізико-хімічно. З продуктів вторинної переробки можна виготовляти саму різну продукцію, зокрема пластикові пляшки знову.</p>
	<p><i>HDPE</i> або <i>ПВД</i> – поліетилен високої густини. Використовується для виготовлення фасувальних пакетів, пакетів для води та молока, контейнерів для продуктів, пляшок для відбілювачів, шампуні, миючих засобів, каністр для машинних олій і т.п. ПВД дуже добре піддається переробці та вторинному використанню. <i>Переробка:</i> HDPE – сміття подрібнюється у спеціальних дробарках, після чого гранули переплавляються у різні вироби.</p>

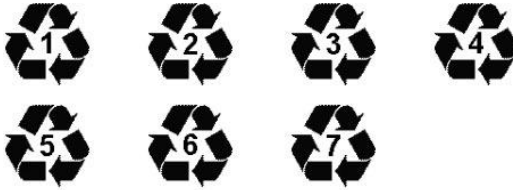
продовження табл.

The image shows a standard recycling symbol consisting of three chasing arrows forming a triangle. In the center of the triangle is the number '3'. Below the triangle, the letters 'PVC' are printed in a bold, sans-serif font.	<p><i>PVC</i> або <i>ПВХ</i> – полівінілхлорид, вініл. Застосовується для виготовлення лінолеуму, віконних профілів, кромок меблів, для пакування побутової техніки, штучної шкіри, ізоляції дроту та кабелю, труб, тари рідин для миття вікон, харчових рослинних олій, банок для сипучих харчових продуктів та різного роду харчових жирів. І саме цей пластик практично не піддається переробці. Більше того, є докази, що канцероген вінілхлорид, який в ньому міститься і велика кількість токсичних добавок – здатні проникати до продуктів харчування, а потім і в організм людини. А виробництво, експлуатація та утилізація ПВХ викликає утворення великої кількості діоксинів та інших вкрай токсичних хімічних речовин.</p> <p><i>Переробка:</i> відливання під тиском, пресування, екструзія, каландрування.</p>
The image shows a standard recycling symbol consisting of three chasing arrows forming a triangle. In the center of the triangle is the number '4'. Below the triangle, the letters 'LDPE' are printed in a bold, sans-serif font.	<p><i>LDPE</i> або <i>ПНД</i> – поліетилен низької густини. З нього виготовляють поліетиленові пакети, гнучкі пластикові упаковки та деякі пластикові пляшки. Добре піддаються переробці. На жаль, його переробка низькорентабельна та зводиться до подрібнення LDPE- виробів та наступного гранулювання. Масштабність виробництва ПНД призводить до “захламлення” навколишнього середовища. ПНД-пакетами засмічені вулиці міст всього світу і всі звалища, вони мільонами плавають у морях та океанах, що викликає загибель птахів, риб, морських черепах та інших тварин. Багато міст у світі відмовились від використання поліетиленових пакетів.</p>

продовження табл.

 <p>The image shows a standard recycling symbol consisting of three chasing arrows forming a triangle. Inside the triangle is the number '5'. Below the triangle, the letters 'PP' are printed.</p>	<p><i>PP</i> або <i>ПП</i> – поліпропілен. З поліпропілену виготовляють усілякі відра, пластиковий посуд для гарячих страв, одноразові шприці, мішки для упаковки цукру, контейнери для заморожування продуктів, кришки для пляшок з кетчупом, сиропами і т.д., тару для йогуртів, упаковку для фотоплівок та ін. більшість виробників побутової техніки надають перевагу поліпропілен для виготовлення упаковки своєї продукції, відмовляючись від полівінілхлориду. Вважається, що поліпропілен є безпечним для життя.</p> <p><i>Переробка:</i> відливання під тиском, пресування, екструзія.</p>
 <p>The image shows a standard recycling symbol consisting of three chasing arrows forming a triangle. Inside the triangle is the number '6'. Below the triangle, the letters 'PS' are printed.</p>	<p><i>PS</i> або <i>ПС</i> – полістирол. Використовується у виробництві одноразового посуду, харчових контейнерів, стаканчиків для фасування йогурту, іграшок, теплоізоляційних плит, сандвіч панелей, стелевої декоративної плити, пакувальних підносів для продуктів харчування у супермаркетах (для м'яса, салатів, нарізок і т.д.), піддонів для м'яса і птиці, контейнерів для яєць. Полістирол- продукт полімеризації стиролу, який належить до канцерогенів.</p> <p><i>Переробка:</i> екструдуювання з наступним дробінням та гранулюванням.</p>
 <p>The image shows a standard recycling symbol consisting of three chasing arrows forming a triangle. Inside the triangle is the number '7'. Below the triangle, the word 'OTHER' is printed.</p>	<p><i>OTHER</i> або <i>ІНШІ</i>. Суміш різних пластиків або полімери, які не вказані вище (акрил, нейлон, полікарбонат та ін.). Упаковка з таким маркуванням не підлягає вторинній переробці та спрямовується після використання на звалище або в піч сміттєспалювального заводу.</p>

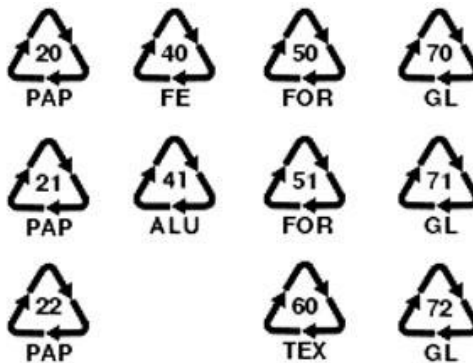
Альтернативний набір символів для пластику, який використовується поряд з вищевказаними:



Набір символів, у якому до назви пластику додана буква *R* – *Recycled* (рециклінг), - позначає полімерний матеріал, що вже був перероблений:



Маркування тари повинно бути чітке, виразне і стійке при зберіганні. Згідно з Директивою 94/62/ЄС передбачено таку нумерацію: від 1 до 19 - для полімерів; від 20 до 39 - для паперу і картону; від 40 до 49 - для металів; від 50 до 59 - для деревини; від 60 до 69 - для текстилю; від 70 до 79 - для скла:



Маркування полімерної тари залежно від використаного матеріалу Маркування пакувальних матеріалів регламентують міжнародні стандарти серії ISO. Упаковка з чистих матеріалів або співполімерів маркується символами, встановленими знаками пунктуації «<», наприклад, > PP <. Суміші полімерів або сплави маркують відповідними скороченими термінами.

На першому місці наведено символ головного компонента, а за ним наводять інші з урахуванням зниження концентрації та їх складу. Вони відділені один від одного одним знаком. Матеріали зі спеціальними добавками, з окремими наповнювачами або із зміцнювальним матеріалом маркують скороченим терміном для полімерів з дефісом, а потім розміщують скорочений термін чи символ для добавки відповідно до ISO 1043-2, з його відсотковим вмістом за масою. Прикладами можуть бути різні матеріали: > PP — MD30< — ПП (містить 30% за масою мінерального порошку); > PA66 — (GF25 — MD15)< або > PA66 (GF+MD)40< (GF — скловолокно; MD — мінеральний порошок); > UP — (MD50+GF25)< або > UP — (MD+GF)75, < (UP — ненасичений полієфір, який містить 50 % мінерального порошку; 25 % скловолокна); > PVC — P (ДВР)< (полівінілхлорид, який містить пластифікатор дибутілфталат).



Починаючи з 1990 року, на пластикових пакувальних матеріалах ставиться знак «Der Grüne Punkt» - «Зелена крапка», який означає, що фірма-виробник гарантує приймання на вторинну переробку маркованого матеріалу. Знак використовується у Німеччині, Австрії, Франції, Бельгії, Ірландії, Іспанії, Люксембурзі, Португалії та ряді інших країн.

Капітальні затрати при такому способі утилізації невеликі. При цьому не лише досягається ресурсозберігаючий ефект від повторного залучення матеріальних ресурсів у виробничий цикл, але й суттєво знижується вплив на навколишнє середовище.

Додаток В
Таблиця

Особливості горіння полімерів

Полімер	Поведінка при горінні	Запах при горінні
Поліетилен, поліпропілен	Горить блакитним полум'ям з жовтою верхівкою, мало диму, краплини розплаву	Парафіну що горить
Полівінілацетат	Горить жовтим з іскрами полум'ям	Оцту
Полістирол	Горить помаранчово-жовтим полум'ям, що світиться, сильно коптить	Квітковий
Акрілонітрілбута-дієновий пластик (АБС)	Горить помаранчово-жовтим полум'ям, сильно коптить	Квітковий, гуми яка горить
Поліметилметакрилат	Горить з потріскуванням синім полум'ям, коптить	Квітково-плодовий
Поліамід	Горить блакитним полум'ям з білою верхівкою	Паленої кістки
Целюлоза	Горить жовтим полум'ям, слабо коптить	Паленого паперу
Поліетилен-терифталат	Горить жовтим полум'ям, яке світиться, слабо коптить	Солодкуватий
Полікарбонат	Горить жовтим полум'ям, що здригається, слабо коптить, при виносі з полум'я повільно затухає	Слабкий запах фенолу
Поліформальдегід	Горить синюватим полум'ям, краплі розплаву	Різкий запах формальдегіду
Полівінілхлорид	Горить зеленим з блакитною верхівкою полум'ям, при виносі з вогню затухає	Різкий запах