

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Навчально-науковий інститут природокористування

Кафедра екології та технологій захисту навколишнього середовища

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеня магістра

студентки Підповітної Віри Ігорівни
(ПІБ)

академічної групи 183М-19з-1 ПІ
(шифр)

спеціальності – 183 «Технології захисту навколишнього середовища»
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою – Технології захисту навколишнього
(офіційна назва)

середовища

на тему: Удосконалення системи утилізації відходів плодово-овочевого
виробництва.

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
роботи	Борисовська О.О.		
розділів:			
Теоретичний	Борисовська О.О.		
Дослідницький	Борисовська О.О.		
Технологічний	Борисовська О.О.		
Охорона праці	Столбченко О.В.		
Економічний	Павличенко А.В.		
Рецензент			
Нормоконтролер	Грунтова В.Ю.		

Дніпро
2020

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

ЗАТВЕРДЖЕНО:
 завідувач кафедри ЕТЗНС
Павличенко А.В.
 «09» вересня 2020 року

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу ступеня магістра

студентці Підповітній В.І. академічної групи 183М-19з-1П
 (прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

за освітньо-професійною програмою – Технології захисту навколишнього
 (офіційна назва)

середовища

на тему: Удосконалення системи утилізації відходів плодово-овочевого виробництва, затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 30.11.2020 р. № 987-с.

Розділ	Зміст	Термін виконання
Теоретичний	Провести огляд літератури з проблеми утилізації органічних відходів. Охарактеризувати методи переробки рослинних відходів, їх переваги та недоліки	09.09.2020 03.11.2020
Дослідницький	Дослідити забруднення атмосфери від полігонів при традиційному захороненні твердих відходів. Надати екологічну характеристику полігонів відходів. Розрахувати викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря з полігону побутових відходів м. Дніпро	15.09.2020 08.11.2020
Технологічний	Охарактеризувати основні технологічні процеси виробництва соків, надати екологічну характеристику відходів плодово-овочевого виробництва. Проаналізувати системи збору та утилізації біогазу на полігонах відходів. Розробити пропозиції щодо удосконалення системи поводження з відходами плодово-овочевого виробництва	30.09.2020 24.11.2020
Охорона праці	Проаналізувати шкідливі і небезпечні виробничі фактори на полігоні та подати інженерно-технічні заходи боротьби з ними. Розглянути вимоги безпеки при експлуатації обладнання.	11.11.2020 15.12.2020
Економічний	Розрахувати капітальні і експлуатаційні витрати запропонованого способу утилізації відходів	11.11.2020 15.12.2020

Завдання видано Борисовська О.О.
 (підпис керівника) (прізвище, ініціали)

Дата видачі 09.09.2020 р.

Дата подання до екзаменаційної комісії 21.12.2020 р.

Прийнято до виконання Підповітна В.І.
 (підпис студентки) (прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 96 с., 5 рис., 14 табл., 5 додатків, 36 літературних джерел.

У вступі розглянуто проблему утилізації та переробки органічних відходів, їх можлива трансформація у один з альтернативних видів енергії – біогаз.

В теоретичному розділі виконаний огляд літератури щодо методів переробки рослинних відходів. Наводяться варіанти поводження з відходами, які складаються переважно с органічних складників.

В дослідницькому розділі наводиться загальна характеристика полігонів відходів. Проводиться розрахунок кількості викидів забруднюючих атмосферу речовин з полігону м. Дніпро. Аналізується кількість альтернативної енергії, яка може бути використана регіоном.

У технологічному розділі наведені основні технологічні процеси виробництва соку та його можливі органічні відходи. Розглянуто принципову схему розташування свердловин, трубопроводів та інших складових полігону для збирання та транспортування біогазу. Розроблено пропозиції та проведені розрахунки ефективності сумісного захоронення побутових відходів і відходів виробництва соку.

У розділі «Охорона праці» розглянуті небезпечні фактори при виробництві плодово-овочевої продукції та умови для персоналу при переробці сміття на полігонах та сміттєзвалищах.

В економічному розділі проводиться розрахунок витрат на встановлення та обслуговування обладнання для функціонування біогазової установки, а також її економічна ефективність.

У висновках показані головні результати кваліфікаційної роботи.

БІОГАЗ, ПЛОДОВО-ОВОЧЕВЕ ВИРОБНИЦТВО, ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ, ПОЛІГОН ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ, ПАРНИКОВИЙ ЕФЕКТ, МЕТАН.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ З ПРОБЛЕМИ УТИЛІЗАЦІЇ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ.....	8
1.1 Характеристика та методи переробки рослинних відходів.....	8
1.2 Гідролітична та біотехнологічна переробка органічних відходів....	9
1.2.1 Основні методи гідролізу.....	10
1.2.2 Перетворення основних компонентів рослинної тканини в умовах гідролізу.....	14
1.2.3 Виробництво дріжджів на гідролізаті.....	17
1.3 Твердофазна ферментація рослинних відходів.....	19
1.3.1 Отримання ферментів.....	20
1.3.2 Збагачення рослинної сировини білком одноклітинних.....	21
1.3.3 Силосування рослинних кормів.....	22
1.4 Компостування органічних відходів.....	22
1.5 Вермікультивування органічних відходів.....	27
2 ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ ВІД ПОЛІГОНІВ ПРИ ТРАДИЦІЙНОМУ ЗАХОРОНЕННІ ТВЕРДИХ ВІДХОДІВ.....	30
2.1 Характеристика полігонів відходів.....	30
2.1.1 Склад твердих побутових відходів.....	33
2.1.2 Система збору та утилізації біогазу полігонів ТП.....	35
2.2 Методика розрахунку викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря з полігонів побутових відходів.....	39
2.3 Розрахунок викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря з полігону побутових відходів м. Дніпро.....	45
3 УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ ПЛОДОВО-ОВОЧЕВОГО ВИРОБНИЦТВА.....	51
3.1 Основні технологічні процеси виробництва соків.....	51
3.2 Характеристика відходів плодово-овочевого виробництва.....	64

3.3	Системи збору та утилізації біогазу на полігонах відходів.....	68
3.4	Пропозиції щодо удосконалення системи поводження з відходами плодово-овочевого виробництва шляхом їх сумісного захоронення з побутовими відходами з метою отримання біогазу.....	73
3.5	Розрахунок очікуваної кількості біогазу з полігону сумісного захоронення побутового сміття та відходів плодово-овочевого виробництва.....	75
4	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НЕБЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	78
4.1	Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів	78
4.2	Пожежна безпека.....	79
4.3	Засоби індивідуального захисту та виробнича санітарія.....	80
4.4	Вимоги безпеки при виконанні робіт на полігоні.....	82
4.5	Вимоги безпеки розвантажувальних робіт.....	84
4.6	Медичне обслуговування персоналу.....	86
5	РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАПРОПОНОВАНИХ РІШЕНЬ.....	88
5.1	Розрахунок капітальних витрат.....	88
5.2	Розрахунок експлуатаційних витрат.....	89
5.3	Розрахунок економічного ефекту від впровадження установки.....	90
5.4	Розрахунок терміну окупності.....	91
	ВИСНОВКИ.....	92
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	93
	Додаток А. Копія публікації.....	97
	Додаток Б. Відгук на кваліфікаційну роботу магістра.....	99
	Додаток В. Рецензія на кваліфікаційну роботу магістра.....	100
	Додаток Г. Довідка про результати перевірки тексту кваліфікаційної роботи магістра на присутність запозичень (плагіату).....	101
	Додаток. Д. Відгуки керівників розділів.....	102

ВСТУП

Актуальність теми. Серед екологічних проблем утилізація та переробка сміття на планеті займає провідне місце. Населення всього світу продукує велику кількість відходів, більша частина яких залишається на сміттєзвалищах та полігонах і тільки деяка їх частина перероблюється.

Захоронення відходів, на перший погляд, найпростіший спосіб позбавлення від сміття. Але проблема в тому, що земля відведена під звалища має властивість закінчуватися. Розкладаючись, сміття виділяє гази (метан, вуглекислий газ та ін.), які забруднюють атмосферу, збільшуючи температуру повітря (посилюючи парниковий ефект), поширюючи неприємний запах і, як наслідок, можуть викликати захворювання.

Окрім цього, відходи забруднюють землю та підземні води, через недостатнє екранування, що викликає серйозну небезпеку для навколишнього середовища та здоров'я людини.

Мета та завдання кваліфікаційної роботи. Метою даної роботи є удосконалення системи утилізації відходів плодово-овочевого виробництва шляхом їх сумісного захоронення з побутовими відходами з метою отримання біогазу.

Для досягнення зазначеної мети були поставлені такі задачі:

1. Розгляд варіантів поводження з відходами, що складаються з органічної речовини, методи їх переробки за допомогою гідролізу, ферментації, компостування.
2. Дослідження викидів в атмосферу забруднюючих речовин від полігонів при захороненні твердих побутових відходів та розрахунок кількості передбачуваної кількості альтернативної енергії з біогазу.
3. Розгляд технологічного процесу виробництва соків та характеристика їх відходів. Перегляд схеми розташування компонентів системи збору та утилізації біогазу на полігонах, наведення пропозицій щодо сумісного захоронення відходів плодово-овочевого виробництва та твердих побутових відходів.

4. Аналіз вимог до техніки безпеки на плодово-овочевому виробництві та полігоні твердих побутових відходів.

5. Визначення капітальних та експлуатаційних витрат на встановлення та обслуговування обладнання для функціонування біогазової установки.

Апробація результатів магістерської роботи

Апробація роботи проводилась на 10-й секції VIII Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених. За результатами розробки надруковано тези доповіді:

Підповітна В.І., Борисовська О.О. Дослідження проблеми валових викидів звалищного газу з полігону ТПВ «Правобережний» // Молодь: наука та інновації: Матеріали VIII Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених (Дніпро, 27.11.2020 року) – НТУ «ДП», 2020 – С. 44-45

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ З ПРОБЛЕМИ УТИЛІЗАЦІЇ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ

1.1 Характеристика та методи переробки рослинних відходів

У 2018 році на сміттєзвалищах України знаходилось понад 7,8 млн. тонн відходів органічного походження. Кожного року ця цифра збільшується, адже, насамперед, головними джерелами цих викидів є сільське, лісове господарство, деревообробні підприємства, харчова промисловість, які стрімко розвиваються [1, 2].

За останні роки Україна стала одним з ключових постачальників органічної продукції до країн Європи, США та Канади, не забуваючи й про власний ринок. Виробництво сільськогосподарської продукції призводить до утворення величезної кількості відходів. При збиранні та переробці продукції в відходи йдуть: солома злакових культур (більше пшенична, рисова, в меншій кількості житня, вівсяна, ячмінна), сорго, відходи переробки цукрового буряка і цукрової тростини, стрижні кукурудзяних качанів, соняшникова і рисова лузга, стебла соняшнику, багаття луб'яних культур (льону, коноплі), гречане лушпиння, обріз фруктових дерев, відходи переробки овочів і фруктів [1, 3].

Досить велика частина цих відходів і відходів тваринного походження розкладається в природних умовах, сприяючи підвищенню родючості ґрунту. Однак, через інтенсивне сільськогосподарське виробництво, відходи частіше концентруються в одних і тих самих місцях і така їх кількість занадто велика для природного потенціалу біодеградації.

При лісопилці та деревообробці також утворюється певна кількість рослинних відходів, таких як пні, тирса, деревна мука, обрізки гілок. Їх основу становить целюлозо-лігніновий комплекс, який характеризується високою кристалічністю целюлози і її міцним зв'язком з лігніном. Тому для біотехнологічної переробки подібних целюлозо-лігнінових відходів їх потрібно

попередньо обробити або створити певні умови для роботи мікроорганізмів, які допомагають розщеплювати целюлозу [1].

Утилізація органічної речовини харчової промисловості має свої особливості. Відходи плодів і овочів в сезон переробки на харчових підприємствах накопичуються у величезних кількостях. При виробництві компотів, джемів, варення, соків кількість обрізків, вичавок, очисток досягає близько 30-35 % до маси перероблених плодів. Окрім цього на стадіях збору врожаю, очищенні плодів, промиванні також накопичується певна кількість некондиційної сировини. З одного боку технологічні відходи являються цінною сировиною для подальшої переробки в харчові та кормові добавки, з іншого боку, в сировині активізується мікрофлора, яка сприяє швидкому псуванню [4].

На даний момент виділяються 3 основних напрямки для переробки рослинної сировини:

1) гідролітична підготовка, яка в подальшому дає можливість отримати етиловий спирт та кормові дріжджі;

2) твердофазна ферментація (отримання ферментів, органічних кислот, збагачення відходів, що містять целюлозу мікробним білком, силосування, компостування);

3) отримання біогазу за допомогою анаеробної переробки відходів.

1.2 Гідролітична та біотехнологічна переробка органічних відходів

Для видалення лігніну, висушення целюлози та зміни кристалічної структури в рослинній сировині потрібна попередня обробка. Розділяють такі методи попередньої обробки: фізичні (розмелювання, замороження і розмороження, розтирання радіоактивне та СВЧ опромінення), хімічні (використання лугів, кислот, газів та розчинників), біологічні, комбіновані. Однак як показує аналіз та оцінка різних методів обробки, в більшості випадків дуже складно остаточно обрати більш дієвий.

Найбільш поширеним і економічно вигідним вважається кислотний гідроліз, який є основою галузі промисловості. Як правило на таких заводах продукують паливний етанол (біоетанол), фурфурол і його з'єднання, кормові дріжджі, лігнін.

1.2.1 Основні методи гідролізу

Велика кількість методів гідролізу органіки пов'язано з різними факторами, які впливають на змінні процесу: властивість сировини, температура, обладнання, концентрація та активність каталізатора. Властивості сировини визначені його хімічним та гранулометричним складом, фізичними властивостями. Важливим показником є щільність сировини, від якої залежить кількість завантаження в апарат для гідролізу сировини, та розмір її часток, що впливає на швидкість перколяції, через гідравлічний опір сировини.

Перколяційний гідроліз

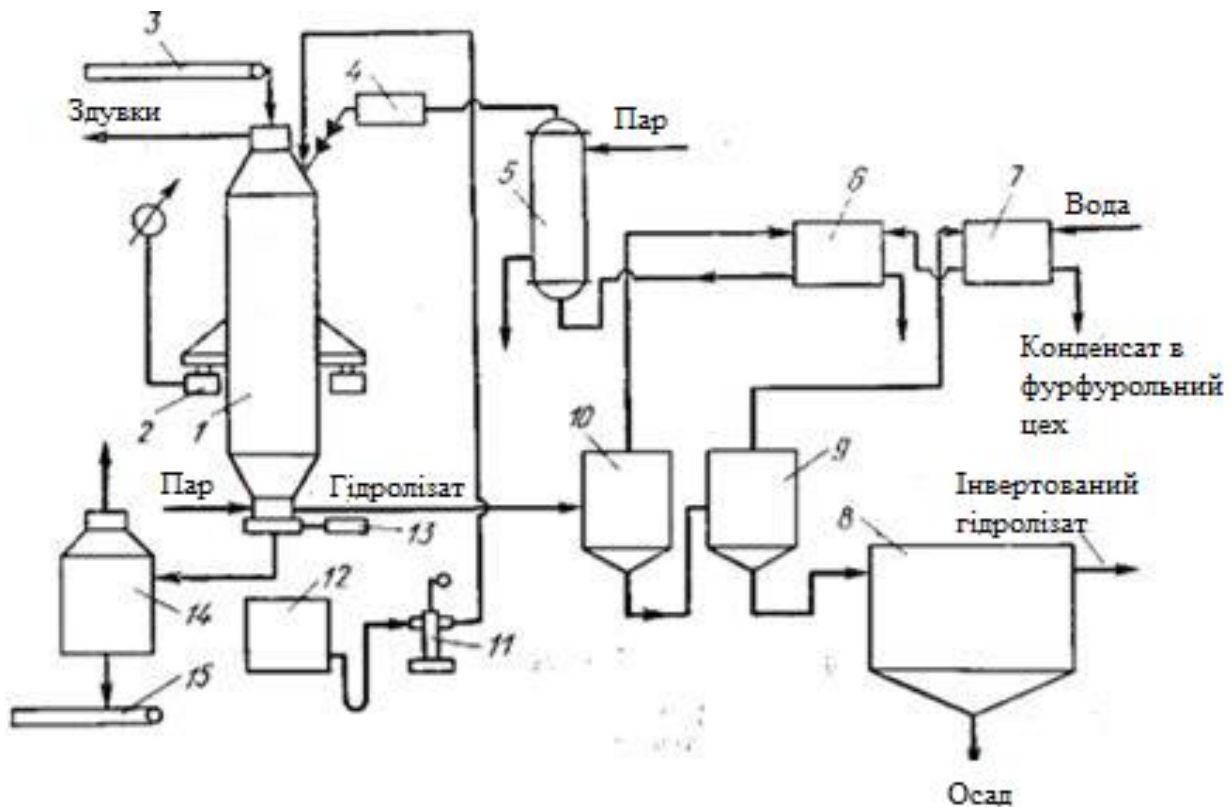
Найчастіше в якості каталізатору використовують неорганічні кислоти: насамперед сірчану кислоту, можливе використання мурашиної, оцтової та карбонатної кислоти. Частка сірчаної кислоти в розчині повинна бути 0,5-0,8 %. Технологічна схема гідролізу деревини розбавленою сірчаною кислотою наведена на рис 1.1 [1, 5].

В залежності від температурного режиму гідроліз розрізняють на:

- низькотемпературний (25-45 °С) за участі концентрованих кислот;
- гідроліз при підвищених температурах (100-190 °С) з розведеними кислотами;
- високотемпературний (200-250 °С).

При температурі більше 100 °С полісахариди деревини (в тому числі геміцелюлоза, яка досить стійка до нагрівання) починають інтенсивно руйнуватися. При температурі 200-240 °С з водою в деревині починають відбуватися реакції часткового деацетилювання геміцелюлоз, в результаті чого

утворюється оцтова кислота, яка є каталізатором. У такому випадку відбувається автогідроліз.



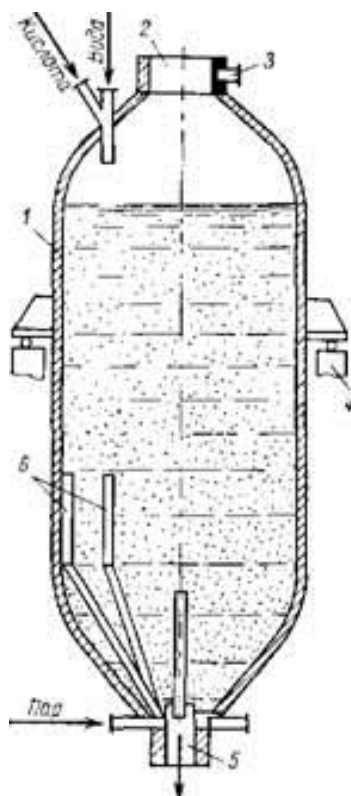
1 — гідролізапарат; 2 — вагомір; 3 — конвеєр сировини; 4,5 — підігрівачі; 6,7 — теплообмінники; 8 — інвертор; 9,10 — випаровувачі; 11 — кислотний насос; 12 — мірник кислоти; 13 — швидкодіючий клапан; 14 — циклон; 15 — конвеєр лігніну

Рисунок 1.1 – Технологічна схема гідролізу деревини розбавленою сірчаною кислотою

Гідромодуль процесу (співвідношення рідкої і твердої фаз) впливає на швидкість гідролізу і вихід моносахаридів. При маломодульному гідролізі відбувається часткова нейтралізація кислоти неорганічними (зольними) компонентами рослинної сировини. Чим вище гідромодуль, тим нижче вміст цукрів в гідролізі.

Найбільш висока продуктивність обладнання в безперервному процесі. Однак для апарату, що працює під тиском, складно в технічному відношенні організувати безперервну подачу сировини і вивантаження негідролізованого залишку (технічного лігніну). Тому найчастіше проводять перколяційний

гідроліз в періодичному режимі: в гідроліз апарат завантажують змочену розчином кислоти сировину, прогрівають її парою, потім здійснюють безперервну подачу розчину кислоти з одночасним відбором гідролізату (цей процес називають перколяцією) до повного гідролізу полісахаридів. Принципова технологічна схема гідроліз апарату наведена на рис 1.2. Лігнін видаляють з апарату під тиском в спеціальний приймач [1, 5].



1 — корпус; 2 — завантажувальна горловина; 3 — сдувочний штуцер; 4 — вагомір; 5 — вихлопна горловина; 6 — фільтруючі пристрої

Рисунок 1.2 – Гідроліз апарат

Важливе значення при перколяційному гідролізі має час перебування моносахаридів в зоні реакції. Для скорочення цього часу використовують сучасні методи перколяції: поєднання перколяції з центральною лінією труб і перколяції з висхідним потоком рідини через шар гідролізованого матеріалу. Конструкції пристроїв для подачі розчину каталізатора і відбору гідролізату забезпечують змішаний (вертикально-горизонтальний) напрямок руху рідинних потоків при поєднанні перколяції, що виключає ущільнення гідролізованого

матеріалу і зниження швидкості відбору гідролізату. Найбільш сприятливі гідродинамічні умови створюються при перколяції з висхідним потоком рідини [1].

Проте дані способи перколяційного гідролізу органічної сировини мають деякі суттєві недоліки:

- головні компоненти рослинної біомаси (лігнін, целюлоза) мають досить складну структуру та пов'язані великою кількістю зв'язків, що потребують застосування каталізаторів, високої температури (150-200 °С) та тиску, що тягне за собою чималі енерговитрати;

- продукти деполімеризації полісахаридів і їх вторинні перетворення нестабільні, мають підвищену реакцію, призводять до забруднення гідролізату і необхідності його багатоступінчатої підготовки до подальшої біохімічної переробки;

- при гідролізі органіки в промислових умовах теоретично можливий вихід сировини 65-70 % відносно сухої маси, проте реальний вихід моносахаридів не більше 40-45 %;

- процес гідролізу потребує застосування габаритного обладнання, великих витрат електроенергії, очищення значної кількості стічної води, через високі значення необхідної кількості розчину кислоти до кількості сировини;

- гідроліз компонентів рослинної біомаси супроводжується утворенням токсичних речовин (фурфуролу, окси-метил-фурфуролу, левулінової кислоти, формальдегіду, мурашиної кислоти, різних ароматичних сполук і ін.), які є інгібіторами біохімічних процесів або знижують якість одержуваних продуктів, значної кількості важко утилізованого відходу – технічного лігніну. Використання цих речовин для отримання цільових продуктів вимагає великих витрат енергії і супроводжується їх істотними втратами, а проблема утилізації лігніну так і не була вирішена, незважаючи на численні розробки та реалізовані в промисловості способи;

- висока агресивність середовища при застосуванні розчинів мінеральних кислот викликає необхідність захисту обладнання від корозії або застосування кислотостійких матеріалів [6].

Ферментативний гідроліз

Гідроліз може здійснюватися під дією целюлозолітичних ферментів грибного походження. Активними продуцентами цих ферментів є гриби *Trichoderma viride*.

Перевагами гідролізу є:

- специфічність каталізатора, що обумовлює виборчий гідроліз глікозидних зв'язків полісахаридів;
- відсутність деструкції утворення моносахаридів;
- можливість проведення процесу при 40-50 °С без значних енергетичних витрат.

Разом з тим існує ряд факторів, що стримують застосування гідролізу:

1) невисока швидкість внаслідок того, що глобулярні макромолекули ферментів насилу проникають в міжмолекулярні області упорядкованих структур;

2) інгібування кінцевими продуктами – глюкозою і целобіозою;

3) вплив лігніну, який полягає в адсорбції ферментів, їх інгібуванні низькомолекулярними ароматичними продуктами його деструкції (фенол, п-гідроксибензойна кислота) і екранувальній дії. На швидкість гідролізу впливає вологість матеріалу. Оптимальною є відносна вологість сировини 400 %, при меншій вологості зростає інгібуюча дія продуктів, при більшій – знижується швидкість ферментативної реакції.

1.2.2 Перетворення основних компонентів рослинної тканини в умовах гідролізу

Перетворення полісахаридів. Основною метою гідролізу є розщеплення глікозидних зв'язків, що з'єднують залишки моносахаридів в молекулі

полісахариду. Ця реакція, за можливості, не повинна супроводжуватися вторинними перетвореннями утворення моносахаридів.

В якості основних продуктів гідролізу целюлози утворюється комплекс розчинних в умовах реакції олігосахаридів: целобіоза, целотріоза та ін. Швидкість гідролізу олігосахаридів набагато вища швидкості гідролізу целюлози, і основним продуктом реакції є D-глюкоза. Від хімічної будови геміцелюлози залежить їх реакційна здатність і вуглеводний склад гідролізатів. Основний полісахарид геміцелюлози деревини хвойних порід – галактоглюкоманан.

Для геміцелюлози характерне утворення розчинних олігомерних продуктів неповного гідролізу, в основному ксилобіози. Для перетворення їх в моносахариди проводять додатковий гідроліз в м'яких умовах – інверсію. Таким чином, основними продуктами гідролізу целюлози і геміцелюлози є D-ксилоза, D-маноза, D-галактози, L-арабіноза, D-глюкоза, уронові кислоти і їх ефіри. В результаті деацетилювання від макромолекул ксиланів і мананів утворюється оцтова кислота, при демето-ксиліруванні від залишків уронових кислот – метанол. Склад цієї суміші ускладнюється в результаті подальших перетворень моносахаридів.

Вторинні перетворення вуглеводів. Розпад цукрів призводить до зниження їх виходу і утворення фуранових похідних та інших інгібіторів біохімічних процесів. При дегідратації гексоз утворюється 5-гідроксиметилфурфурол, при дегідратації пентоз – фурфурол. Уронові кислоти в присутності кислотних каталізаторів піддаються декарбоксилуванню з утворенням пентоз і далі – фурфуролу, проте швидкість даного процесу невелика, і вихід фурфуролу з уронових кислот нижче, ніж з пентоз. Фуранові з'єднання в умовах гідролізу можуть зазнавати подальші перетворення з утворенням низькомолекулярних і полімерних з'єднань. У результаті поліконденсації молекул фурфуролу утворюються гумінові речовини. І фурфурол, і продукти його конденсації можуть взаємодіяти з розчиненим

лігніном з утворенням лігно-гумінових речовин, які надають гідролізату темне забарвлення.

Таким чином, в результаті вторинних перетворень вуглеводів в гідролізаті додатково з'являються: фурфурол, 5-гідроксиметилфурфурол, органічні моно-, ди- і кето- карбонові кислоти.

Перетворення лігніну. При гідролізі рослинної сировини відбуваються наступні перетворення лігніну:

- розчинення дрібно-молекулярної фракції лігніну, що міститься у вихідній сировині і утворюється в результаті гідролітичного розщеплення найменш міцних зв'язків між феніл-пропановими структурними ланками;

- кислотна конденсація макромолекул лігніну, а також їх конденсація з продуктами перетворень деревини карбонільної природи з утворенням сітчастої зшитої структури. Це призводить до втрати реакційної здатності лігніну, зниження його розчинності.

За умови підвищення температури відбувається прискорення реакції в обох випадках, а при підвищенні кислотності – переважно в другому.

В умовах промислового гідролізу в колоїдно-розчинений стан переходить до 10 % лігніну деревини хвойних порід, 10-20 % лігніну деревини листяних порід і до 40 % лігніну, що міститься в стержнях кукурудзяних качанів.

Перетворення екстрактивних речовин. Екстрактивні речовини – це, в основному, низькомолекулярні сполуки, які в залежності від методу виділення ділять на три групи:

- ефірні масла – речовини, що виділяються за допомогою водяної пари (терпени, деякі феноли, прості ефіри, альдегіди, кетони і лактони);

- деревні смоли – речовини, які добуваються органічними розчинниками (смоляні кислоти, ефіри органічних кислот, спирти, стерини, воски, жири);

- водорозчинні речовини – вуглеводи, таніди, фенольні сполуки, амінокислоти, поліпептиди.

Вміст екстрактивних речовин в рослинній сировині становить 5-15 %, причому найвищий їх вміст притаманний для деревини хвойних порід.

Основними перетвореннями екстрактивних речовин при гідролізі є ізомеризація і полімеризація терпенів, причому полімерні продукти і нерозчинні смоляні кислоти видаляються разом з лігніном. Тож, в результаті протікання кислотного гідролізу з рослинної сировини виходить розчин складної суміші компонентів – гідролізат, хімічний склад якого представлений в таблиці 1.1.

Гідролізат виходить з гідроліз апарату з температурою 160-180 °С, має значення рН 1,2-1,5, містить токсичні речовини: фурфурол (0,02-0,12 %), 5-гідроксиметилфурфурол (0,03-0,18 %), феноли (50-500 мг/л) і ін. В такому вигляді він не придатний для біохімічної переробки і повинен пройти підготовку.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад гідролізату рослинної сировини

Компонент	Склад, %	Компонент	Склад, мг/л
Редукуючі речовини	3,0-3,8	Метанол	20-400
Моносахариди	2,8-3,3	Етанол	5-25
Олігосахариди	0,1-0,4	Формальдегід	50-150
Фурфурол	0,02-0,12	Ацетальдегід	0,5-5,0
5- гідроксиметилфурфурол	0,03-0,18	Ацетон	0,4-2,0
Кислоти:		Пропіоновий альдегід	0,7-1,2
левулінова	0,1-0,3	Терпени	0,1-5,0
мурашина	0,03-0,1	Феноли	50-500
оцтова	0,2-0,5		
амінокислоти	0,02-0,04		
Сірчана кислота	0,4-0,7	Лігногумінові речовини, %	0,15-0,25
Неорганічні солі	0,1-0,3		

1.2.3 Виробництво дріжджів на гідролізаті

Виробництво кормових дріжджів на гідролізаті рослинної сировини має наступні стадії: ферментацію, концентрування дріжджової суспензії, сушку дріжджового концентрату.

Ферментація відбувається безперервно в умовах аерації без дотримання асептики. У ферментаторах відбувається розвиток популяції мікроорганізмів, в

яких в якості основних культур можуть бути дріжджі родів *Candida*, *Trichosporon*, *Torulopsis*: *C. scottii*, *C. tropicalis*, *C. utilis*, *C. mesenterica*, *C. parapsilosis* і ін. На більшості заводів основою є дріжджі *Candida scottii*.

В якості інфекції може бути присутня бактеріальна мікробіота, цвілеві гриби. Для боротьби з ними використовують підсиви чистої культури, відбувається регулювання параметрів культивування, відхилення їх від оптимальних для більшості мікроорганізмів. Тому значення рН підтримується значенням 4,2-4,4, температура культивування 36-38 °С. Концентрація біомаси дріжджів в рідині становить 30 г/дм³.

У виробництві застосовуються поєднання різних методів концентрування дріжджової суспензії:

- флотація > сепарація > вакуум-випаровування > сушка;
- флотація > сепарація > сушка;
- сепарація > вакуум-випаровування > сушка.

Після флотації виходить суспензія з концентрацією дріжджів 120-150 г/дм³, після сепарації першого ступеня – 300-400 г/дм³, другого ступеня – 500-600 г/дм³.

Відпрацьована культуральна рідина після флотації і двох ступенів сепарації має значення БСК 4-10 г О₂/дм³. В ній містяться органічні кислоти, моно- і олігосахариди, лігно-гумінові і фенольні сполуки, терпени, продукти метаболізму дріжджів. Зміст біологічно окислюваних компонентів оцінюється величиною БСК₅, яка становить 1,5-3,0 г О₂/дм³, що свідчить про доцільність проведення другого ступеня ферментації (так зване біо-окислення відпрацьованої культуральної рідини). У складі асоціації мікроорганізмів на цьому ступені переважають дріжджі роду *Trichosporon*, які активно споживають органічні кислоти. Вакуум-випаровування дріжджової суспензії здійснюють до змісту сухих речовин 20-25 %.

Концентрат висушують до вологості продукту не більше 10 %. Вихід дріжджів становить 50-55 % від загальної маси, або 180-210 кг з 1 т абсолютно сухої сировини. Кормові дріжджі отримують у вигляді порошку або в

гранульованому вигляді, за показниками якості їх ділять на чотири групи: I, II, III і IV (за масовою часткою білка по Барштейну (%)) не менше 44, 41, 36 і 32 відповідно). Такі дріжджі містять весь комплекс незамінних амінокислот, використовуються в якості білкової добавки з високим вмістом вітамінів групи В при виробництві комбікормів і кормосумішей для сільськогосподарських тварин, птиці, риби, хутрових звірів.

1.3 Твердофазна ферментація рослинних відходів

Твердофазна ферментація – процес, що протікає не в водному середовищі, а в масі подрібненої вологої сировини.

У країнах Далекого Сходу та Індокитаю процеси цього типу використовуються для приготування національних страв на основі соєвих бобів або сумішей з пшеницею або рисом. Спочатку проводять аеробну ферментацію бобів грибами роду *Aspergillus*, потім зброджують продукти ферментації в анаеробних умовах дріжджовими або бактеріальними культурами. Інший приклад – виробництво ферментного препарату кодзі, який вживається японцями в тих же цілях, що і солод європейцями. Він являє собою вирощену на відварному рисі або іншому зерні культуру грибів *Aspergillus oryzae*.

До теперішнього часу твердофазна ферментація знайшла застосування в наступних процесах переробки відходів рослинної сировини:

- отримання ферментів;
- збагачення лігніно-целюлозної сировини білком одноклітинних;
- силосування;
- компостування [1].

Перевагами твердофазної ферментації є використання менших та простіших за будовою реакторів, низькі енергетичні та водо-споживчі затрати, менша кількість стоків з біогазової установки, краща дезінфекція, простота в підготовці субстрату до ферментації, стійкість до дрібнодисперсних часток.

В процесі ферментації є і певні недоліки: проблеми з перемішуванням субстрату, забивання інжекторів біогазу, проблеми з рециркуляцією через закупорювання каналів по яким рухається рідина. Розведення концентрації інгібіторів водою при твердофазній ферментації не відбувається. Для неї характерна сповільнена стадія гідролізу [7].

1.3.1 Отримання ферментів

Твердофазною ферментацією отримують ферментні препарати в тому випадку, якщо продуцентами є гриби. Основними продуцентами ферментів є гриби родів *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Penicillium*, *Trichoderma*. Природні штами грибів синтезують комплекс ферментів, мутанти – синтезують переважно один фермент.

Більшості ферментів мікроорганізмів для синтезу необхідна присутність в середовищі індукторів (субстрат, на який діє сам фермент). Для синтезу ферментів, що розщеплюють крохмаль, середовищем живлення є пшеничні висівки, соєве борошно; для синтезу пектіназ – буряковий жом; целюлаз – солону, тирсу, висівки; протеїназ – біошрот олійної сировини.

Твердофазну ферментацію проводять за вологості сировини 55-65 %, температурі 35-38 °С, значення рН середовища 4-5. Витрату повітря на аерацію розраховують на відведення біологічного тепла. Культивування грибів ведуть до утворення нерухомих спор грибів, так як на цій стадії різко знижується продукція ферментів.

З отриманої поверхневої культури ферменти екстрагують водою. Екстракт, що містить 6-12 % сухих речовин, упарюють під вакуумом і осаджують ферменти солями або органічними розчинниками. Далі в залежності від необхідної чистоти препарату проводять кристалізацію та видалення домішок.

1.3.2 Збагачення рослинної сировини білком одноклітинних

Структура лігноцелюлозного комплексу стійка до ферментативного впливу і в природі не існує мікроорганізмів, здатних швидко і ефективно руйнувати цю структуру.

Однак даний процес набув значного поширення в навколишньому середовищі, тож можливо підібрати мікроорганізми та умови для ефективного збагачення лігноцелюлозної сировини білком одноклітинних. Залежно від властивостей сировини і виду мікроорганізмів в сировині залишається невикористаною різна кількість лігніну, целюлози і геміцелюлози. Проте ці залишки можуть використовуватися тваринами, як складова кормів, адже не мають ніякого негативного впливу на організм. Таким чином, готовий кормовий препарат являє собою суміш невикористаної рослинної сировини і біомаси мікроорганізмів.

Відбір продуцентів відбувається по виходу білка від використаного субстрату, його амінокислотним складом, вмістом вітамінів, нуклеїнових кислот, засвоюваності білка в шлунково-кишковому тракті сільськогосподарських тварин. При цьому враховується, що ефективність переробки лігноцелюлозного комплексу вище при застосуванні асоціацій мікроорганізмів, ніж окремих культур. Найбільшу целюлолітичну активність мають міцеліальні гриби родів *Trichoderma* і *Chaetomium*, які синтезують на термічно обробленій соломі до 12 % білка. При вирощуванні їх спільно з дріжджами *Candida lipolytica* або *Endomycopsis fibuligera* вміст білка збільшується з 12 до 18 %.

Відходи, що містять крохмаль є найбільш придатними для збагачення білком одноклітинних через те, що не потребують попередньої обробки; на цих відходах, окрім грибів, добре ростуть і дріжджові мікроорганізми, при чому їх швидкість росту вище та розвиток відбувається не тільки на поверхні але і всередині гранул крохмалю; невикористаний крохмаль добре засвоюється тваринами.

Отже, на даний момент за допомогою твердофазної ферментації можна збагатити висівки різних видів зерна, картопляні очистки, буряковий жом, верховий торф.

Проте, широке застосування ускладнюється через проблему зберігання та розміщення сировини для безперебійної роботи установок; складність підтримки оптимальних умов для мікроорганізмів; непостійність складників сировини, а значить і гарантії виходу і якості продукту та його висока собівартість.

1.3.3 Силосування рослинних кормів

Трава, відходи рослинництва збираються в ранній та середній стадії зростання з високим вмістом цукрів, низьким вмістом волокон та оптимальним рівнем рідини. Сировина ущільнюється і герметизується для створення анаеробних умов (на низ кладеться сухе сіно для вбирання зайвих соків, по бокам та зверху накривається плівкою). Розмножуються молочнокислі бактерії використовуючи цукор, звільнений із зруйнованих рослинних клітин. Висока концентрація молочної кислоти перешкоджає розвитку сторонніх мікроорганізмів: при значенні рН 3,8-4,2 силос надійно консервується. Концентрація молочнокислих бактерій в ньому становить 10^9 - 10^{10} клітин на 1 г. В сировині збільшується вміст білка і вітамінів, рослинні полімери стають доступнішими для тварин.

Для стимуляції процесу в якості добавок при силосуванні можуть вноситися патока, післяспиртова барда та інші джерела вуглеводів або культури бактерій і ферментні препарати [1].

1.4 Компостування органічних відходів

Компостування — аеробний процес розкладання органічних речовин популяцією біологічних організмів при певних температурах та вологості, який

схематично показаний на рис. 1.3. В результаті цього процесу утворюється кінцевий продукт — компост. У його складі присутні органічні речовини, біомаса живих та мертвих мікроорганізмів, продукти розпаду та похідні хімічної взаємодії всіх компонентів [1,8].

Компостування важливе, не тільки як джерело природного добрива, але й як походження корисної мікрофлори, без наявності хворобливих збудників та насіння бур'яну. Компост оновлює ґрунтову мікрофлору за допомогою спор бактерій та грибів, різні види яких наведено в таблиці 1.2. Таким чином покращуються біологічні процеси, підвищується родючість, утворюється якісна продукція. Компостувати можна рослинні відходи, побутові відходи, мул [9].

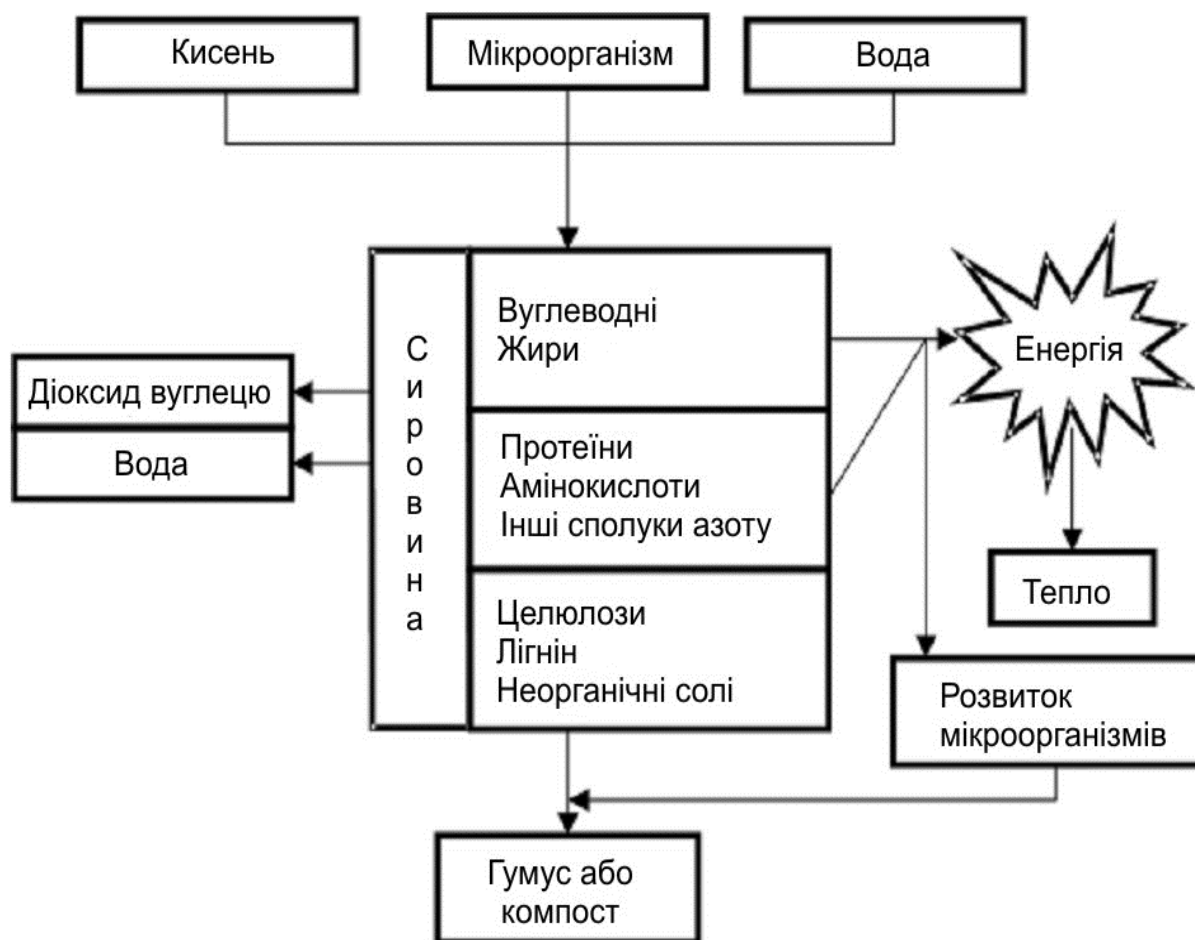


Рисунок 1.3 – Схема компостування

Таблиця 1.2 – Групи живих організмів, що приймають участь в компостуванні

Живі організми в компості	Морфологічна та фізіологічна характеристика
Мікроорганізми	
Бактерії	Безліч форм – коки, палички, нитчасті; розмір 1-8 мкм
Актиноміцели	Ростуть при високих температурах, зниженій вологості, утворюють розгалужений міцелій; діаметр 3-50 мкм
Гриби, в т.ч. дріжджі	Утворюють міцелій; розмір 3-50 мкм
Водорості	Сприятливі до вологості; розмір 10-100 мкм
Віруси	Неклітинні, паразитують на клітинах «хазяїна»; розмір до 0,1 мкм
Найпростіші	Деякі види споживають бактерії; переміщуються за допомогою джгутиків, війок; розмір 5-80 мкм
Макроорганізми	
Вищі гриби	Ростуть на компості, утворюючи плодові тіла, діаметр до 25 мм
Кліщі, багатоніжки, терміти, павуки, жуки	Безліч видів, серед яких хижаки та фітофаги; розмір 0,1-30 мм
Черв'яки	Дощові черв'яки (<i>Lumbricidae</i>); розміром 30-100 мм

В природних умовах процес біодеградації протікає повільно, за температури навколишнього середовища, в основному в анаеробних умовах. Природний процес можна прискорити, якщо проводити його так, щоб затримувалося тепло, що виділяється.

Процес компостування проходить завдяки активній діяльності спільноти мікро- і макроорганізмів. Так за різних умов навколишнього середовища, підвищених чи знижених температурах, різних показників вологості до процесу долучаються ці чи інші живі організми.

На початку процесу відходи знаходяться при температурі навколишнього середовища, мають слабо кислі значення рН. Присутні в них мікроорганізми починають швидко розмножуватися, споживаючи легкодоступні джерела вуглецю. За рахунок тепла, що виділяється відходи підігріваються, швидкість процесів окислення зростає, кислотність збільшується, так як накопичуються органічні кислоти.

При досягненні температури 40 °С мезофільні мікроорганізми починають відмирати, поширення набувають термофіли, температура піднімається ще вище (до 60 °С). У цих умовах гриби відмирають і процес продовжують спороутворюючі бактерії і актиноміцети. При розпаді білків виділяється аміак.

Протягом термофільної стадії швидко споживаються цукор, білки, жири, до процесу залучаються більш стійкі субстрати, швидкість окислення починає падати. В цей час тепловиділення знижуються і стають рівними тепловтрат, фіксується максимальна температура, після чого компост вступає в стадію охолодження.

Компостований матеріал досягає стабільного стану, коли легкодоступні субстрати вже спожиті, з'єднання S і N зв'язані або видалені, матеріал перестає погано пахнути, залучаються комахи. Термофільні гриби з більш холодних зон знову розповсюджуються на весь обсяг, разом з актиноміцетами споживають целюлозу, геміцелюлози. Оскільки виділення тепла невеликі, матеріал остигає до температури навколишнього середовища, значення рН повільно падає, але залишається лужним. Всі ці зміни проходять протягом декількох днів або тижнів. Далі починається дозрівання компосту, яке триває місяцями.

Параметри, що впливають на процес компостування

Склад сировини. Сировина має містити максимум органічного матеріалу і мінімум неорганічного. Потреба в макро- і мікроелементах в основному задовольняється за рахунок сировини, іноді потрібно коригувати співвідношення С: N і вмісту P. Оптимальне співвідношення С: N = 25. Більш високий вміст С призводить до видалення його у вигляді CO₂, іноді при нестачі азоту на пізніх стадіях компостування в мезофільних умовах можуть розвиватися азотфіксатори. Багато рослинні відходи, сирий активний мул мають низький вміст С, в цьому випадку азот видаляється у вигляді аміаку.

Додатки. Для прискорення досягнення термофільної стадії можна додавати деяку кількість готового компосту.

Дисперсність частинок. Чим менше розмір часток, тим вище їх питома поверхня, а значить, вище швидкість мікробіологічної деструкції. Разом з тим

матеріал з дуже малим розміром частинок має високу щільність і вузькі пори. Це обмежує дифузію кисню і діоксиду вуглецю і уповільнює процес. Рекомендований розмір часток: близько 50 мм для систем з природною аерацією і 12-13 мм – в разі примусової.

Оптимальна вологість відходів для компостування 50-60 %. При більш високій вологості деякі відходи (папір) втрачають структурну стійкість, матеріал злежується, порушуються умови аерації. При використанні носіїв з жорсткою структурою або в умовах примусової аерації вологість може бути і вище. При вологості відходів при використанні носіїв з жорсткою структурою або в умовах примусової аерації вологість може бути і вище. При вологості відходів < 30 % швидкість біологічних процесів падає, при 20 % вони повністю перестають діяти. Слід враховувати, що при перемішуванні або при примусовій аерації вологість відходів може зменшуватися, аж до їх пересихання.

Аерація. Може бути природною і примусовою. Природної дифузії кисню може виявитися недостатньо, особливо на ранніх стадіях, коли потреба в ньому найвища. У цьому випадку для попередження розвитку зон анаеробіозу в товщі матеріалу необхідно його перемішування.

Примусова аерація дозволяє збільшити швидкість біодеградації і виключити необхідність перемішування матеріалу. Вона може здійснюватися за допомогою спеціальних повітряних каналів або труб, прокладених під компостуючим матеріалом, або за рахунок відсмоктування повітря з цих каналів, або за рахунок нагнітання.

Тепловиділення. При окисленні різних органічних з'єднань виділяється різна кількість тепла. Теплота згоряння білків становить 16,7 кДж/кг, вуглеводів – 15,7 кДж/кг, жирів – 37,7 кДж/кг. Оскільки склад відходів, як правило, гетерогенний, оцінити теплоту, що виділяється при їх розкладанні, складно. У будь-якому випадку кількість виділеного тепла дуже сильно зміниться й при компостуванні більших мас можна досягти температури 80-90 °С. Регулювати температуру матеріалу можна інтенсивністю аерації або перемішуванням.

Перемішування необхідно, по-перше, для попередження зон анаеробіозу, по-друге, для диспергування великих фрагментів сировини, збільшення його питомої поверхні.

Управління процесом перемішування забезпечує переробку більшої частини відходів в термофільних умовах. Надлишкове перемішування призводить до охолодження і пересихання матеріалу, до розривів міцелію грибів і актиноміцетів. Крім того, при цьому зростають енергетичні витрати [1].

Компост використовують у сільському господарстві, у садівництві й у формуванні ландшафтів як альтернативу для торфу. Часто компост до його використання для рослин змішують із іншими матеріалами (піском, землею).

Перевагами використання компосту є:

- повернення живильних речовин з відходів назад до екосистеми;
- зменшується кількість тих речовин, які при не правильній переробці можуть забруднити повітря, воду чи ґрунт;
- у процес компостування можна включити листя, гній, комунальні води, траву, побутові відходи;
- низькі економічні затрати забезпечують економічну ефективність компостування.

Однак компостування також має ряд недоліків:

- якщо компост отриманий з твердих побутових відходів (ТПВ), він не придатний для використання в сільському господарстві (тільки для покриття звалищ);
- у процесі компостування виділяються аміак, вуглеводні, оксиди сірки;
- при переробці ТПВ не вся органічна складова переходить в компост, близько 30 % матеріалу потребує спалювання, захоронення або подальшої переробки [8].

1.5 Вермикультивування органічних відходів

Через поступове збільшення різних видів відходів, науковцями почав активно впроваджуватися ще один метод біоконверсії – вермикультивування. Сутність методу полягає в переробці різних видів відходів (побутових, органічних, промислових) у біогумус за допомогою дощових черв'яків. Це дає можливість не тільки перетворювати відходи, які шкодять довкіллю, у гумусне добриво задля зменшення використання пестицидів та мінеральних добрив, а й вирощувати білок тваринного походження, як корм для тварин та людей. А головне, що за допомогою них можна також переробити ті види відходів, що важко піддаються переробці.

Ідея переробки відходів таким способом з'явилася ще у 30-ті роки ХХ століття в США, тоді ж були перші спроби вирощування черв'яків, а наприкінці 50-х був виведений червоний каліфорнійський черв'як, якій відрізнявся більшою тривалістю життя та більшою продуктивністю.

Вирощування черв'яків можна проводити в закритих приміщеннях, або ж просто неба, якщо дозволяє теплий клімат. Їх заселяють в спеціальну грядку – ложе щільністю близько 30-100 тисяч. Ложе виготовляється з металеві оцинкованої сітки та розміщується на бетонній, дерев'яній, металевій або пластиковій підложці (в залежності від місця знаходження).

Білок черв'яка має амінокислотний склад, такий як у м'ясо-кістковому та рибному борошні. Його можна використовувати як джерело повноцінного білка, як добавку до раціону сільськогосподарських тварин та у харчуванні людей. У багатьох країнах розробляються програми, в яких передбачено поповнення білкових ресурсів для тваринництва в основному за рахунок землеробства — вирощування сільськогосподарських культур. Так, з 1 га найкращих земель можна одержати протеїну: кукурудзи — 390 кг, пшениці — 350 кг, конюшини — 1000 кг, а з 1 га площі заселеної вермикультурою — 40 тис. кг білкової муки на рік.

Дощові черв'яки використовуються у китайській медицині близько двох тисячоліть. Нині в Китаї на основі нової технології виготовлена антивірусна і анти-пухлинна сироватка F 76. Екстракти з біомаси черв'яків

використовуються при виготовленні мазей для лікування лишаю, екземи і варикозної язви нижніх кінцівок. Біомаса черв'яків використовується у косметології при виготовленні кремів, шампунів, лосьйонів.

Дощові черв'яки відіграють винятково важливу роль у формуванні ґрунту і створенні сприятливих умов для розвитку рослин. Вони створюють систему ходів, тим самим дозволяючи воді та повітрю краще збагачувати ґрунти.ходами дощова вода швидко проникає у ґрунт разом з розчиненими в ній копролітами дощових черв'яків. Наявність ходів допомагає краще проникати корінню в глибокі шари ґрунту.

Ходи черв'яків ідуть у різних напрямках. Стінки їх просочені слизовими виділеннями черв'яків, що надає їм великої міцності. Змінюється хімічний склад ґрунту, а біля копролітів краще розвивається корисна мікрофлора.

Заселення дощовими черв'яками проводиться на ступиним чином. Ґрунт попередньо зорають на глибину 0-35 см і по всій площі розкидають органічний субстрат, який забезпечить харчування черв'яків протягом 6 місяців. Потім поливають площу так, щоб вона добре змочилася, але не перетворилася на багно і заселяють черв'яками з розрахунку 50 особин на 1 м². Це бажано робити рано вранці, щоб з появою сонця вони одразу заглибились у землю.

Нині метод вермикультивування використовується в багатьох країнах – США, Китаї, Австралії, країнах Європи. Для деяких країн дана діяльність зайняла комерційну ланку не тільки у власних межах, а й добре працює на експорт. І хоча за кордоном цей метод активно вивчається та вдосконалюється, в Україні він все ще відомий більше у вузьких колах [10].

2 ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ ВІД ПОЛІГОНІВ ПРИ ТРАДИЦІЙНОМУ ЗАХОРОНЕННІ ТВЕРДИХ ВІДХОДІВ

2.1 Характеристика полігонів відходів

Щорічно на території Дніпропетровської області утворюється більше 1,15 млн. т. твердих побутових відходів (ТПВ), 96 % яких утилізується методом «полігонного захоронення». При цьому, за приблизними оцінками, щорічно в навколишнє середовище потрапляє близько 13,8 млн. м³ звалищного газу та 296 тис. м³ фільтрату, що забруднюють земельні, повітряні та водні ресурси регіону.

Складування відходів на полігонах – один з основних методів утилізації відходів, адже він призначений для ізолювання та складування сміття для зменшення впливу на населення та безпеки довкілля.

Проте збитки від функціонування полігонів все ж існують і обумовлюються факторами:

- виділення звалищного газу, в результаті біологічних процесів розкладання маси сміття, що призводить до виникнення вибухів, пожеж, наявності неприємного запаху;
- пожежі при горінні сміття;
- забруднення ґрунтових вод при їх контакті з дренажними водами полігону, через недостатнє ізолювання відходів;
- винесення сміття вітром за межі території полігону;
- розмноження щурів, мишей, мух та інших паразитів, а також хвороботворних мікроорганізмів і найпростіших.

При проектуванні та будівництві полігонів повинні враховуватись всі ці фактори, заради зменшення негативного впливу на довкілля. Крім того, полігони повинні забезпечувати статистичну стійкість складованих відходів з урахуванням динаміки ущільнення, мінералізації, газовиділення, а також

можливості подальшого використання ділянки після його закриття і рекультивації [11,12].

При організації полігонів ТПВ важливим є правильний вибір майданчика, створення необхідних інженерних споруд, порядок заповнення полігону відходами; глибина попередньої обробки відходів; проведення моніторингу навколишнього середовища.

З точки зору розміщення полігону сприятливими ділянками вважаються:

- землі несільськогосподарського призначення, не зайняті зеленими насадженнями;

- ділянки, де можливі заходи і впровадження інженерних рішень, що виключають забруднення середовища, розвиток небезпечних геологічних процесів або інших негативних процесів і явищ;

- ділянки, прилеглі до міських територій, які не включені до списку житлової забудови з планом розвитку міста на найближчі 25 років, а також під перспективну забудову;

- відкриті ділянки, що добре продуваються, не підтоплюються, допускають проведення природоохоронних заходів та виконання інженерних рішень, забезпечують запобігання забруднення навколишнього середовища;

- розташовані з підвітряного боку щодо знаходження населених пунктів і рекреаційних зон, відповідно до рози вітрів;

- розташовані нижче водозаборів господарсько-питного водопостачання, рибних господарств;

- віддалені від аеропортів на 15 км і більше, від сільськогосподарських угідь та транзитних магістральних доріг на 200 м, від лісових масивів і лісопосадок, не призначених для рекреації, на 50 м;

- на яких забезпечується дотримання 500 м санітарно-захисних зон від житлової забудови до меж полігону;

- з переважаючими ухилами в бік населених пунктів, промислових підприємств, сільськогосподарських угідь і лісових масивів не більше 1,5 %;

- з заляганням ґрунтових вод при найбільшому підйомі їх рівня не менше 1 м від нижнього рівня складованих відходів;
- з переважанням в геологічному розрізі порід, що екранують;
- з розвиненим регіональним водотривким горизонтом, що характеризується відсутністю тріщин;
- з відсутністю небезпечних геологічних процесів.

Розміщення полігонів ТПВ не допускається:

- на площах залягання корисних копалин і територіях з гірничими виробками без узгодження з органами державного гірничого нагляду;
- в небезпечних зонах відвалів породи різних шахт чи збагачувальних фабрик;
- в зонах активного карсту, розвитку тектонічних розломів, зсувів, селевих потоків, снігових лавин, підтоплення та інших небезпечних геологічних процесів;
- в заболочених місцях, зонах поповнення і виходу на поверхню підземних вод, зонах формування і використання мінеральних вод;
- в зонах санітарної охорони курортів та заповідників.

Розміщення полігонів ТПВ допускається:

- на ґрунтах, що просідають за умови усунення просідань;
- на підтоплених територіях за умови спорудження дренажу з улаштуванням протифільтраційного екрану в основі і на схилах полігона і обеззараження вод в разі аварійної ситуації;
- в зоні III поясу санітарної охорони водозаборів за наявності у них природної захищеності з улаштуванням у чаші полігона надійного протифільтраційного екрану (коефіцієнт фільтрації води не більше 9-10 м/с);
- в сейсмічних районах при дотриманні відповідних нормативних вимог СНіП II-7;
- на ділянках, віддалених від тектонічних розломів і активних зон геодинамічної напруженості, які виявляються за допомогою інженерного вишукування.

Полігони ТПВ залежно від особливостей розташування в рельєфі поділяються на:

- рівнинні (розташовані на відносно рівній поверхні з ухилом рельєфу до 5 %);
- схиліві (розташовані в схилах рельєфу з ухилом місцевості більше 5 %);
- вододільні (розташовані на вододільних просторах);
- яружно-балкові (розташовані в зниженнях рельєфу, балках і ярах);
- котловинні чи кар'єрні (розташовані в штучних виїмках або кар'єрах після видобутку будівельних матеріалів або корисних копалин);
- гірські (розташовані в гірській місцевості);
- змішані (наприклад, кар'єрно-схиліві та ін.) [13, 14].

2.1.1 Склад твердих побутових відходів

При проведенні заходів по підвищенню ефективності профілактичної роботи на полігонах необхідно враховувати морфологічний склад ТПВ і обмеження, що накладаються на спільне їх поховання і ступінь небезпеки, як джерело виникнення техногенної аварії.

До твердих побутових відходів відносяться відходи, що утворюються в житлових будинках і точках громадського харчування, а також в установах при наявності там харчоблоку і не містять промислових токсичних відходів.

Склад ТПВ різноманітний, вони можуть бути класифіковані за різними ознаками. Умовна класифікація ТПВ наступна:

- 1) харчові відходи - залишки невикористаної їжі, відходи виробництва їжі (шкірка, огризки, не їстівні частини рослин і т.д.);
- 2) полімерні відходи – як правило це ПЕТ-пляшки, використані поліетиленові і поліпропіленові пакети і кульки, стреч-плівка, пластиковий одноразовий посуд, а також використані підгузники, синтетичний одяг;
- 3) папір та відходи деревини (поламані і старі меблі, картонні коробки газети, старі книги, серветки, паперові пакети);

- 4) алюмінієві відходи (бляшані банки з-під напоїв, харчова фольга);
- 5) скляні відходи (скляні пляшки і банки, розбите скло і дзеркала);
- 6) рослинні відходи;

7) великогабаритні відходи змішаної природи – стара побутова, аудіо- та відеотехніка, відпрацьовані лампи розжарювання і денного світла;

- 8) інші типи відходів – серед яких відзначається упаковка Tetra Pak.

Співвідношення різних видів відходів в загальній масі всіх ТПВ істотно відрізняється в різних країнах, в залежності від рівня життя населення, культури споживання і харчування, умов і вимог місцевої влади, кліматичної зони і від ряду інших факторів, що представлені в таблиці 2.1 [15].

З наведених компонентів важливу роль відіграють харчові відходи та відходи паперу, адже в силу їх органічного походження можуть відбуватися термічні реакції з утворенням біогазу.

Ті відходи, що можуть бути вторинною сировиною (за можливості утилізації); токсичні, отруйні і агресивні до споруд полігону речовини не можуть бути прийняті на полігон [13].

Таблиця 2.1 – Склад ТПВ в різних країнах

Види відходів	Україна	Європейські країни	США
Папір, картон	37,0	16,0	42,0
Харчові відходи	30,0	29,9	12,0
Дерева, листя	2,0	-	-
Текстиль	5,5	2,0	0,6
Шерсть	-	-	2,4
Шкіра, резина	0,5	-	-
Полімерні матеріали	5,5	5,4	1,6
Відходи вулиці	-	-	15,0
Інші органічні відходи	-	26,1	-
Кістки	1,0	-	-
Метали чорні	3,3	2,8	4,0
Метали кольорові	0,5	0,4	4,0
Скло	4,0	9,2	6,2

2.1.2 Система збору та утилізації біогазу полігонів ТПВ

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

Метод утилізації біогазу можна визначити під час розроблення технічного завдання на проектуванні системи збору та утилізації біогазу для конкретного полігону ТПВ, схема конструктивних елементів якого описана на рисунку 2.1. Здебільшого, біогаз складається з метану, тому може використовуватися в якості палива для енергетичних установок (котлоагрегати, стаціонарні двигуни-генератори, промислові печі) або для заправки в балони. Приблизний склад біогазу наведений в таблиці 2.2.

Для збору біогазу полігон повинен бути облаштований системою засобів, які не тільки дозволять зібрати та знешкодити звалищний газ, але і не дадуть поверхневим стокам та шкідливим речовинам вплинути на навколишнє середовище. До них відносяться: протифільтраційний екран на дні полігону, система дренажу для збору фільтрату та відводу поверхневого стоку з прилеглих територій, система відкачування і знешкодження (утилізації) газових емісій, система відкачування і очищення звалищного фільтрату, газо-дренажна система, непроникний поверхневий рекультиваційний екран [14, 16, 17].

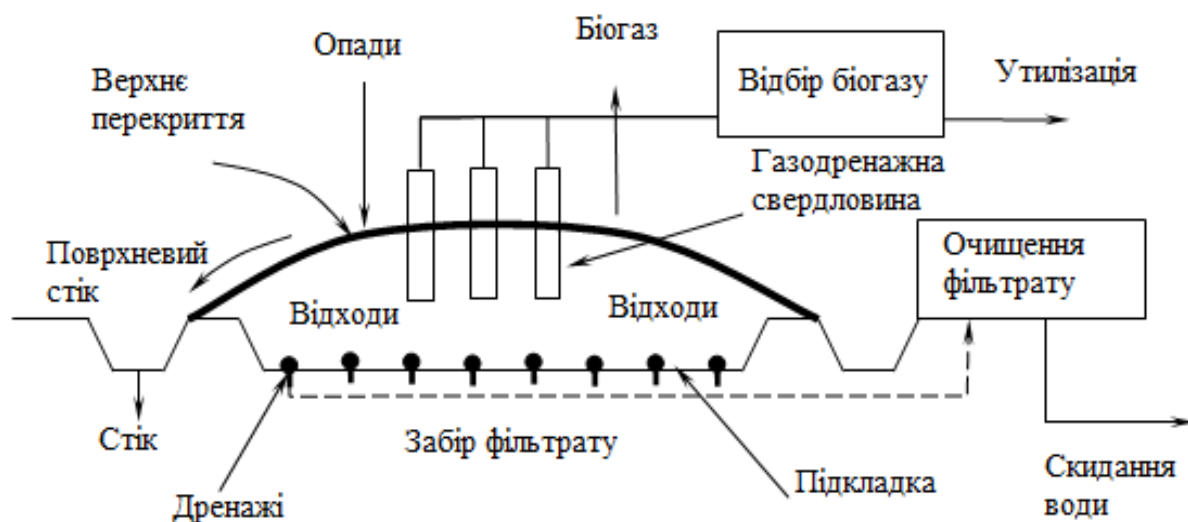


Рисунок 2.1 – Схема конструктивних елементів полігону

Таблиця 2.2 – Склад біогазу

Елемент	Відсоткове співвідношення, %
CH ₄	50-75
CO ₂	20-50
Інші гази	0-5

Процес руйнування органічної частини протікає нерівномірно та з різною інтенсивністю, що свідчить про нерівномірний розподіл концентрацій компонентів біогазу на глибині 1,5 м від поверхні полігону.

Виділяють 5 фаз розкладання органічної речовини ТПВ на полігонах:

- 1-а фаза – аеробне розкладання;
- 2-а фаза – анаеробне розкладання без виділення метану (бродиння);
- 3-я фаза – анаеробне розкладання з непостійним виділенням метану (змішане бродіння);
- 4-а фаза – анаеробне розкладання з постійним виділенням метану (метанове бродіння);
- 5-а фаза – загасання анаеробних процесів.

Аеробне розкладання відбувається в перші 10-15 днів з моменту розміщення відходів, друга і третя фази тривають від 180-500 днів до 2-10 років, четверта – від 10 до 30 років, загасання метаногенеза і повна асиміляція звалищних відкладень можуть займати від 100 до 1000 років.

Дослідження процесів руйнування ТПВ показали, що на характер процесів їх розкладання, час протікання, кількість і швидкість виділення метану впливають ряд факторів:

- морфологічний, фракційний та хімічний склад ТПВ;
- умови метаногенеза (вологість ТПВ, густина, рН, температура, час);
- кліматичні і геологічні умови території;
- параметри полігону і умови поховання (площа, висота, ущільнення, ізоляція шарів);
- технологія дегазації масиву відходів (пасивна, активна).

В значній мірі метаногенез визначається морфологічним складом відходів та наявністю компонентів, здатних до біодеструкції. Зміст в складі ТПВ рослинних залишків, паперу, текстилю, деревини та інших органічних фракцій визначає кількість біогазу, що утворюється і концентрацію у ньому метану. Питома вага фракції з високим вмістом органічних речовин (СО), що легко розкладаються, визначає кількість поживних мікроелементів, потрібних для метано-утворюючих бактерій.

Кількість біогазу пропорційна вологості відходів. Волого-утримання визначає активність анаеробних процесів в екосистемі масиву відходів. Розчинність діоксиду вуглецю у воді вище, ніж розчинність метану, тож висока вологість ТПВ збільшує вміст метану в газовій фазі. Мінімальна вологість для початку процесу утворення газу складає 20 %. Максимальна кількість біогазу утворюється при значеннях вологості 60-80 %. Фактичне утримання вологи в депонованих відходах буде визначатися вихідною вологістю, підготовкою відходів до поховання, дотриманням технології поховання (наявність пошарової ізоляції ТПВ).

Температура, як і вологість, є визначальним фактором активності метано-утворюючих бактерій. Мезофільні групи метано-утворюючих бактерій активно працюють при температурі до 40 °С, термофільні – до 70 °С. Поступовий зріст температури в масиві відходів не пов'язаний зі зміною температури зовнішнього середовища і приблизно однаковий на глибині 2-4 м. При висоті складованих відходів більше 15 м нижні шари не схильні до впливу температур повітря. Зазвичай температура в «тілі» полігону становить 30-40 °С.

Органічні речовини, що містяться у відходах, володіють різною інтенсивністю розкладання. Наприклад, шкіра, гума, полімерні матеріали розкладаються мікроорганізмами дуже повільно, коли органічна складова відходів, що містить білкові речовини, розкладається набагато швидше. Тож, можна вважати, що органічна складова відходів складається з «пасивної» (що не генерує) органічної речовини і «активної» (що генерує) органічної речовини.

В результаті реакції гідролізу утворюються низькомолекулярні органічні речовини, які протягом кількох тижнів проходять стадію киснево-нітратного окиснення і розкладаються в аеробних умовах до води, діоксиду вуглецю й азоту. При протіканні цих процесів у тілі полігону відзначається підвищення температури. Для анаеробних умов характерна стадія розпаду продуктів гідролізу. Тривалість цієї стадії – від 1 до 6 місяців. В результаті процесів ферментації та відновлення сульфатів органічні речовини руйнуються до низькомолекулярних кислот (утворюється оцтова кислота), діоксиду вуглецю і сульфіді водню та в невеликих кількостях виділяється метан. При цьому утворюються проміжні продукти – карбонові кислоти і спирти. Утворені з'єднання можуть бути використані метано-утворюючими бактеріями для виробництва метану.

В тілі полігону ТПВ під впливом мікрофлори відбувається біотермічний анаеробний процес розпаду органічних складових відходів, здатних на 70-80 % до розкладання в анаеробних умовах. Кінцевим продуктом даного процесу є біогаз. Показники біогазу (кількісний та якісний склад) залежить від багатьох факторів, в тому числі від кліматичних і геологічних умов місця розташування полігону, морфологічного і хімічного складу відходів, умов складування (площа, обсяг, глибина поховання), вологості, густини і т.п., та підлягає уточненню в кожному конкретному випадку.

Для розрахунку кількісних і якісних характеристик утворення біогазу для конкретного регіону (мегаполісу) в якості вихідних даних приймається морфологічний склад органічної частини відходів, утримання основних хімічних елементів у сухій речовині і кількість сухої речовини органічною складовою відходів, здатної до розкладання в анаеробних умовах. Зброджування без доступу кисню призводить до утворення етанолу, діоксиду вуглецю і виділення невеликої кількості тепла (в 12 разів менше, ніж при аеробному процесі). Тому, процес знезараження ТПВ при анаеробному зброджуванні досить повільний і вимагає великих витрат часу. Стадія анаеробного розкладання органічних речовин розтягнута в часі і триває

протягом 8-40 років, причому перші три роки процес утворення метану протікає стійко. По мірі зниження виходу біогазу починається остання стадія розкладання органічних відходів – стадія утворення гумусу. Її тривалість – до 40 років.

Біохімічна деструкція органіки в тілі полігону і місцях захоронення ТПВ, яка пояснює стадії розкладання органічних складових ТПВ, може бути представлена наступними теоретичними поясненнями. Щодобове перекриття ТПВ шарами інертного ґрунту, з одного боку, захищає повітря від забруднення, а з іншого – припиняє доступ кисню до ТПВ, покладеним в «тіло» полігону. Однак ТПВ є пористим матеріалом, тому запасу повітря в їх порах достатньо, щоб перший час (до 3 місяців) в тілі полігону протікали аеробні процеси. При цьому відбувається розігрів тіла полігону до температури 20-40 °С і основними продуктами аеробних процесів є діоксид вуглецю і вода. Поступово, по мірі використання запасів кисню в порах ТПВ активність аеробних процесів падає, тож починають переважати анаеробні процеси, викликані діяльністю анаеробних мікроорганізмів. Ці процеси йдуть повільно і переважно в харчових відходах і інших органічних сполуках. Анаеробні мікроорганізми не використовують молекулярний кисень повітря для окислення органічних речовин, а отримують необхідну для життєдіяльності енергію в результаті розщеплення органічних речовин. Ці процеси отримали назву анаеробного зброджування – комплексу біохімічних процесів, що перетворюють органічні сполуки ТПВ в стабільний продукт.

2.2 Методика розрахунку викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря з полігонів побутових відходів

Захоронення ТПВ – пріоритетний спосіб знешкодження відходів в Україні. На даний час на території України знаходиться велика кількість несанкціонованих і стихійних звалищ відходів і закритих поховань, які експлуатуються з порушенням екологічних та протипожежних вимог.

Порушення, як правило полягають у відсутності або неефективності захисту (відсутність дренажних систем, екранування). Речовини, які виділяються під час процесу біодеструкції (метан, сірководень, аміак) можуть бути вибухонебезпечними.

Пожежна небезпека метану обумовлена можливістю його поширення на прилеглі до поховання території і, як наслідок, створенням вибухонебезпечних газоповітряних сумішей при досягненні концентрації від 5 до 15 % обсягу. На території захоронення ТПВ при порушенні технології (нерегулярної ізоляції, відсутності зволоження відходів в пожежонебезпечний період) метан сприяє загорянню відходів. Вигорання відходів всередині звалищних відкладень може бути причиною загибелі людей і втрати техніки через раптові провали поверхні. На українських полігонах і звалищах біогаз практично не збирається.

Для захисту від загоряння метану і запобігання загрози вибухо-пожежних ситуацій необхідно утилізувати біогаз, що утворився в тілі полігону, не допускаючи його проникнення в атмосферу [18].

На кількісну характеристику викидів забруднюючих речовин з полігонів відходів впливає значна кількість чинників, серед яких:

- кліматичні умови;
- робоча (активна) площа полігону;
- термін експлуатації полігону;
- кількість відходів, що захороненні;
- потужність шару складованих відходів;
- співвідношення кількості завезених побутових і промислових відходів;
- морфологічний склад завезених відходів;
- вологість відходів;
- вміст органічної складової у відходах;
- вміст жироподібних, вуглеводоподібних і білкових речовин в органічній масі відходів;
- технологія захоронення відходів.

Питомий вихід біогазу за період його активної стабілізованої генерації при метановому бродінні визначається за формулою:

$$Q = 10^{-4} \cdot R \cdot (0,92 \cdot Ж + 0,62 \cdot В + 0,34 \cdot Б), \quad (2.1)$$

де Q – питомий вихід біогазу за період його активної генерації, кг/кг відходів;

R – вміст органічної складової у відходах, %;

$Ж$ – вміст жироподібних речовин в органіці відходів, %;

$В$ – вміст вуглеводоподібних речовин в органіці відходів, %;

$Б$ – вміст білкових речовин в органіці відходів, %.

R , $Ж$, $В$ і $Б$ – визначаються шляхом аналізу відібраних проб відходів. Жири та білки визначаються за стандартними методиками аналітичного аналізу (жири – екстрагуванням, білки – із застосуванням гідролізу); методика визначення вуглеводів описана в працях Академії комунального господарства ім. К. Д. Памфілова – «Методика дослідження властивостей твердих відходів».

Формула (2.1) складена відповідно до абсолютно сухої речовини відходів. В реальних умовах відходи містять певну кількість вологи, яка сама по собі біогаз не генерує. Отже вихід біогазу, віднесений до одиниці ваги реальних вологих відходів, буде меншим, ніж віднесений до тієї ж одиниці абсолютно сухих відходів у $10^{-2} \cdot (100 - W)$ разів (тут W – фактична вологість відходів у %, визначена шляхом аналізу проб відходів).

З урахуванням зазначеного вище, формула виходу біогазу при метановому бродінні реальних вологих відходів набуває вигляду:

$$Q_W = 10^{-6} \cdot R \cdot (100 - W) \cdot (0,92 \cdot Ж + 0,62 \cdot В + 0,34 \cdot Б). \quad (2.2)$$

Кількісний вихід біогазу за рік (кг/т відходів на рік), віднесений до однієї тонни відходів, визначається за формулою:

$$P_{\text{пит}} = \frac{Q_W}{t_{\text{збр}}} \cdot 10^3, \quad (2.3)$$

де $t_{\text{збр}}$ – період повного зброджування органічної частини відходів (активне виділення біогазу), який визначається за наближеною формулою (роки):

$$t_{збр} = \frac{10248}{T_{тепл} \cdot (t_{сер.тепл})^{0,301966}}, \quad (2.4)$$

де $t_{сер.тепл}$ – середня середньомісячна температура повітря в районі полігону твердих побутових і промислових відходів за теплий період року ($t_{сер.міс} > 0$), °C;

$T_{тепл}$ – тривалість теплового періоду року в районі полігону ТПВ та ПВ, дні;
10248 і 0,301966 – питомі коефіцієнти, що враховують біотермічне розкладання органіки.

Органічні речовини, що містяться у відходах, характеризуються різною інтенсивністю розкладання та наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Орієнтовна тривалість розкладання компонентів ТПВ

Компонент ТПВ	Тривалість розкладання	Компонент ТПВ	Тривалість розкладання
Паперовий рушник	2-3 тижні	Коробка з-під молока	5 років
Бананова шкірка	3-4 тижні	Недопалок сигарети	10-12 років
Паперовий пакет	1 місяць	Шкіряні чоботи	25-40 років
Газета	1,5 місяці	Пінопластовий стакан	50 років
Огризок яблука	2 місяці	Гумова шина	80 років
Картон	2 місяці	Алюмінієва банка	200-500 років
Апельсинова шкірка	6 місяців	Пластикова пляшка	450 років
Фанера	1-3 роки	Одноразовий підгузок	500 років

Щільність біогазу визначається за законом адитивності як сумарна величина добутків об'ємних концентрацій його компонентів на їх щільності, вимірюється в кг/м³:

$$\rho_{біогаз} = \frac{\sum_{i=1}^n C_{об.і} \cdot \rho_i}{100}, \quad (2.5)$$

де $C_{об.і}$ – вміст і-го компонента у біогазі, об'ємні %;

ρ_i – щільність і-го компонента біогазу, кг/м³;

n – кількість компонентів у біогазі.

Примітка 1: середня щільність біогазу зазвичай становить 0,95–0,98 щільності повітря; тобто при щільності повітря 1,2928 кг/м³ середня щільність біогазу складатиме $1,2928 \cdot 0,965 = 1,24755$ кг/м³.

З іншого боку, зв'язок щільності компонентів, їх концентрацій у біогазі й об'ємного процентного вмісту визначається за формулою:

$$C_{\text{об.і}} = 10^{-4} \cdot \frac{C_i}{\rho_i}, \quad (2.6)$$

де C_i – концентрація і-го компонента у біогазі, мг/м³.

Формула для визначення щільності біогазу виводиться спільним рішенням рівнянь (2.5) та (2.6):

$$\rho_{\text{біогаз}} = 10^{-6} \cdot \sum_{i=1}^n C_i. \quad (2.7)$$

У таблиці 2.4 вказані щільності найбільш ймовірних компонентів біогазу. Склад біогазу та концентрації компонентів в ньому визначаються через 2 роки після початку експлуатації полігону шляхом хімічних аналізів проб біогазу, відібраних в ряді точок за рахунок його відсмоктування по площі полігону на глибині 1,0-1,5 м за існуючими затвердженими методиками.

Таблиця 2.4 – Щільність компонентів біогазу

Найменування речовини	Щільність, кг/м ³	Найменування речовини	Щільність, кг/м ³
Метан	0,717	Формальдегід	0,815
Вуглецю діоксид	1,977	Ангідрид сірчистий	2,930
Толуол	0,867	Етилбензол	0,867
Аміак	0,771	Бензол	0,869
Ксилол	0,869	Сірководень	1,540
Вуглецю оксид	1,250	Фенол	1,071
Азоту діоксид	1,490	-	-

Використовуючи дані щодо отриманих концентрацій компонентів біогазу та його щільності, можна визначити ваговий процентний їх вміст компонентів у біогазі:

$$C_{\text{ваг.і}} = 10^{-4} \cdot \frac{C_i}{\rho_{\text{біогаз}}}. \quad (2.8)$$

Враховуючи показники кількісного виходу біогазу за рік, віднесеного до однієї тонни відходів (формула 2.3), і вагового процентного вмісту компонентів у біогазі (формула 2.8), визначають питомі маси компонентів, що викидаються за рік (кг/т відходів на рік), за формулою:

$$P_{\text{пит.і}} = \frac{C_{\text{ваг.і}} \cdot P_{\text{пит}}}{100} \quad (2.9)$$

При використанні розрахункового методу інвентаризації викидів діючого полігону, а також при проектуванні нового або розширення існуючого полігону ТПВ, може прийматися середньостатистичний склад біогазу, рекомендований при проектуванні та наведений в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Середньостатистичний склад біогазу

Компонент	$C_{\text{ваг.і}}, \%$	Компонент	$C_{\text{ваг.і}}, \%$
Метан	52,915	Азоту діоксид	0,111
Толуол	0,723	Формальдегід	0,096
Аміак	0,533	Етилбензол	0,095
Ксилол	0,443	Ангідрид сірчистий	0,070
Вуглецю оксид	0,252	Сірководень	0,026

Для розрахунку величин викидів підраховується кількість активних відходів, стабільно генеруючих біогаз, з урахуванням того, що період стабілізованого активного виходу біогазу в середньому становить двадцять років, а фаза анаеробного стабільного розкладання органічної складової відходів в середньому настає через два роки після захоронення відходів (тобто відходи, завезені в останні два роки, не входять до числа активних).

Підрахунок проводиться за одним з двох варіантів:

- перший варіант – полігон функціонує менше двадцяти років, тобто менше періоду повного зброджування ($t_{\text{збр}}$). У цьому випадку враховуються всі відходи, завезені з початку роботи полігону (за винятком відходів, завезених за останні два роки);
- другий варіант – полігон функціонує більше двадцяти років, тобто більше періоду повного зброджування ($t_{\text{збр}}$). В цьому випадку підраховуються відходи, завезені за останні двадцять років (без урахування відходів, завезених за останні два роки).

Максимальні разові викиди i -го компонента біогазу з поверхні полігону, г/с, визначаються за формулою:

$$M_i = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.і}} \cdot M_{\text{сум}}, \quad (2.10)$$

де $C_{\text{ваг.і}}$ – ваговий відсотковий вміст компонентів у біогазі (визначається за формулою 2.8 або за таблицею 2.5);

$M_{\text{сум}}$ – сумарний максимальний разовий викид біогазу з полігону, г/с.

Сумарний максимально-разовий викид біогазу з полігону складе:

$$M_{\text{сум}} = \frac{P_{\text{пит}} \cdot \Sigma D}{T_{\text{тепл}} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 10^{-3}} = \frac{P_{\text{пит}} \cdot \Sigma D}{86,4 \cdot T_{\text{тепл}}}, \quad (2.11)$$

де ΣD – кількість активних стабільно генеруючих біогаз відходів, т;

$T_{\text{тепл}}$ – тривалість теплого періоду року в районі полігону ТПВ та ПВ, дні.

Біогаз утворюється нерівномірно в залежності від пори року. При негативних температурах процес «мезофільного зброджування» (до 55 °С) органічної частини ТПВ і ПВ припиняється; відбувається так зване «призупинення» до настання більш теплого періоду року ($t_{\text{сер.міс.}} > 0$ °С).

Наведена формула (2.10) справедлива для випадку обстеження полігону і відбору проб біогазу в теплу пору року ($t_{\text{сер.міс.}} > 8$ °С). При обстеженні у більш холодну пору року ($0 < t_{\text{сер.міс.}} \leq 8$ °С), що недоцільно хоча б через додаткові похибки вимірювань, у формулі 2.10 слід застосовувати коефіцієнт нерівномірності утворення біогазу, який дорівнює 1,3.

З урахуванням коефіцієнта нерівномірності валові викиди і-ої забруднюючої речовини з полігону, т/рік, визначаються за формулою:

$$G_i = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.і}} \cdot G_{\text{сум}}, \quad (2.12)$$

де $G_{\text{сум}}$ – валові викиди біогазу, т/рік.

У свою чергу, валові викиди біогазу будуть дорівнювати:

$$G_{\text{сум}} = M_{\text{сум}} \cdot \left(\frac{a \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600}{12} + \frac{b \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600}{12 \cdot 1,3} \right) \cdot 10^{-6}, \quad (2.13)$$

де a і b відповідно періоди теплої та холодної пори року, місяці (a : при $t_{\text{сер.міс.}} > 8$ °С; b : при $0 < t_{\text{сер.міс.}} \leq 8$ °С) [19].

2.3 Розрахунок викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря з полігону побутових відходів м. Дніпро

Проведемо розрахунок викидів на основі інформації про полігон ТПВ Правобережний. Комплекс розташований за межами м. Дніпро на землях не сільськогосподарського призначення з дотриманням санітарно-захисної зони. Він оснащений системою дренажу, бентонітовою підложкою, газовими гарматами проти птахів, засобами проти неприємного запаху [20, 21].

Вихідні дані:

1. Результати аналізу проб відходів, відібраних на полігоні приймаємо виходячи з даних усередненого складу відходів.

Вміст органічної складової у відходах, $R = 72 \%$.

Вміст жироподібних речовин у органічних відходах, $Ж = 2 \%$.

Вміст вуглецевих речовин у органічних відходах, $B = 83\%$.

Вміст білкових речовин у органічних відходах, $Б = 15 \%$.

Середня вологість відходів, $W = 57 \%$ [22, 23].

2. Результат щільності компонентів біогазу має стандартні значення, що наведені в таблиці 2.6.

3. Полігон функціонує з 2012 року (менше 20 років).

4. Щорічно на полігон завозиться 199143 тонн відходів [21].

5. Середня місячна температура повітря, що спостерігається на території м. Дніпро представлена в таблиці 2.7 [24].

Таблиця 2.6 – Результати аналізу проб біогазу

Найменування речовини	Щільність, мг/м ³
Метан	660908
Вуглецю діоксид	558958
Толуол	9029
Аміак	6659
Ксилол	5530
Вуглецю оксид	3148
Азоту діоксид	1392
Формальдегід	1204
Ангідрид сірчистий	878
Етилбензол	1191
Сірководень	326

Таблиця 2.7 – Середня місячна температура повітря

Місяць	Температура, °С	Місяць	Температура, °С
Січень	-3,6	Липень	22,1
Лютий	-3,4	Серпень	21,4
Березень	1,8	Вересень	15,6
Квітень	9,7	Жовтень	9,0
Травень	16,2	Листопад	2,0
Червень	19,9	Грудень	-2,4

Питомий вихід біогазу за період його активної генерації (2.2):

$$\begin{aligned}
 Q_W &= 10^{-6} \cdot R \cdot (100 - W) \cdot (0,92 \cdot Ж + 0,62 \cdot В + 0,34 \cdot Б) = \\
 &= 10^{-6} \cdot 72 \cdot (100 - 57) \cdot (0,92 \cdot 2 + 0,62 \cdot 83 + 0,34 \cdot 15) = \\
 &= 0,18081 \text{ кг/кг відходів.}
 \end{aligned}$$

Період активного виділення біогазу для міста (при $t_{\text{сер.тепл}} = 13,07 \text{ }^\circ\text{C}$;

$T_{\text{тепл}} = 275$ днів) (2.4) [24, 25]:

$$t_{\text{збр}} = \frac{10248}{T_{\text{тепл}} \cdot (t_{\text{сер.тепл}})^{0,301966}} = \frac{10248}{275 \cdot (13,07)^{0,301966}} = 17,14 \text{ років.}$$

Кількісний вихід біогазу за рік, віднесений до однієї тонни захоронених відходів (2.3):

$$P_{\text{пит}} = \frac{Q_W}{t_{\text{збр}}} \cdot 10^3 = \frac{0,18081}{17,14} \cdot 10^3 = 10,55 \text{ кг/т відходів на рік.}$$

Щільність біогазу (2.7):

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{біогаз}} &= 10^{-6} \cdot \sum_{i=1}^n C_i = 10^{-6} \cdot (660908 + 558958 + 9029 + 6659 + \\
 &+ 5530 + 3148 + 1392 + 1204 + 1191 + 878 + 326) = 1,249 \text{ кг/м}^3.
 \end{aligned}$$

Ваговий процентний вміст компонентів в біогазі (2.8):

$$C_{\text{ваг.метан}} = 10^{-4} \cdot \frac{C_{\text{метан}}}{\rho_{\text{біогаз}}} = 10^{-4} \cdot \frac{660908}{1,249} = 52,91 \text{ \%};$$

$$C_{\text{ваг.толуол}} = 10^{-4} \cdot \frac{C_{\text{толуол}}}{\rho_{\text{біогаз}}} = 10^{-4} \cdot \frac{9029}{1,249} = 0,723 \text{ \%};$$

$$C_{\text{ваг.аміак}} = 10^{-4} \cdot \frac{C_{\text{аміак}}}{\rho_{\text{біогаз}}} = 10^{-4} \cdot \frac{6659}{1,249} = 0,533 \text{ \%};$$

$$C_{\text{ваг.ксилол}} = 10^{-4} \cdot \frac{C_{\text{ксилол}}}{\rho_{\text{біогаз}}} + 10^{-4} \cdot \frac{5530}{1,249} = 0,443 \text{ \%};$$

$$C_{\text{ваг.вугл.оксид}} = 10^{-4} \cdot \frac{C_{\text{вугл.оксид}}}{\rho_{\text{біогаз}}} = 10^{-4} \cdot \frac{3148}{1,249} = 0,252 \text{ \%};$$

$$C_{\text{ваг.азоту діокс.}} = 10^{-4} \cdot \frac{C_{\text{азоту діокс.}}}{\rho_{\text{біогаз}}} = 10^{-4} \cdot \frac{1392}{1,249} = 0,111 \%;$$

$$C_{\text{ваг.формальд.}} = 10^{-4} \cdot \frac{C_{\text{формальд.}}}{\rho_{\text{біогаз}}} = 10^{-4} \cdot \frac{1204}{1,249} = 0,096 \%;$$

$$C_{\text{ваг.етилбензол}} = 10^{-4} \cdot \frac{C_{\text{етилбензол}}}{\rho_{\text{біогаз}}} = 10^{-4} \cdot \frac{1191}{1,249} = 0,095 \%;$$

$$C_{\text{ваг.ангідр.сірч.}} = 10^{-4} \cdot \frac{C_{\text{ангідр.сірч.}}}{\rho_{\text{біогаз}}} = 10^{-4} \cdot \frac{878}{1,249} = 0,07 \%;$$

$$C_{\text{ваг.сірковод.}} = 10^{-4} \cdot \frac{C_{\text{сірковод.}}}{\rho_{\text{біогаз}}} = 10^{-4} \cdot \frac{326}{1,249} = 0,026 \%.$$

Примітка 2: Діоксид вуглецю, як ненормовану речовину, з розрахунку виключаємо.

Питомі маси компонентів біогазу, що викидаються за рік (2.9):

$$P_{\text{пит.метан}} = \frac{C_{\text{ваг.метан}} \cdot P_{\text{пит}}}{100} = \frac{52,91 \cdot 10,55}{100} = 5,58 \text{ кг/т відходів на рік};$$

$$P_{\text{пит.толуол}} = \frac{C_{\text{ваг.толуол}} \cdot P_{\text{пит}}}{100} = \frac{0,723 \cdot 10,55}{100} = 0,076 \text{ кг/т відходів на рік};$$

$$P_{\text{пит.аміак}} = \frac{C_{\text{ваг.аміак}} \cdot P_{\text{пит}}}{100} = \frac{0,533 \cdot 10,55}{100} = 0,056 \text{ кг/т відходів на рік};$$

$$P_{\text{пит.ксилол}} = \frac{C_{\text{ваг.ксилол}} \cdot P_{\text{пит}}}{100} = \frac{0,443 \cdot 10,55}{100} = 0,047 \text{ кг/т відходів на рік};$$

$$P_{\text{пит.вугл.оксид}} = \frac{C_{\text{ваг.вугл.оксид}} \cdot P_{\text{пит}}}{100} = \frac{0,252 \cdot 10,55}{100} = 0,027 \text{ кг/т відходів на рік};$$

$$P_{\text{пит.азоту діокс.}} = \frac{C_{\text{ваг.азоту діокс.}} \cdot P_{\text{пит}}}{100} = \frac{0,111 \cdot 10,55}{100} = 0,012 \text{ кг/т відходів на рік};$$

$$P_{\text{пит.формальд.}} = \frac{C_{\text{ваг.формальд.}} \cdot P_{\text{пит}}}{100} = \frac{0,096 \cdot 10,55}{100} = 0,001 \text{ кг/т відходів на рік};$$

$$P_{\text{пит.етилбензол}} = \frac{C_{\text{ваг.етилбензол}} \cdot P_{\text{пит}}}{100} = \frac{0,095 \cdot 10,55}{100} = 0,001 \text{ кг/т відходів на рік};$$

$$P_{\text{пит.ангідр.сірч.}} = \frac{C_{\text{ваг.ангідр.сірч.}} \cdot P_{\text{пит}}}{100} = \frac{0,07 \cdot 10,55}{100} = 0,007 \text{ кг/т відходів на рік};$$

$$P_{\text{пит.сірковод.}} = \frac{C_{\text{ваг.сірковод.}} \cdot P_{\text{пит}}}{100} = \frac{0,026 \cdot 10,55}{100} = 0,003 \text{ кг/т відходів на рік}.$$

Кількість активних стабільно генеруючих біогаз відходів.

Активно виділяють біогаз відходи, завезені на полігон за період з початку його експлуатації (2012 р.) до моменту розрахунку (кінець 2020 р.) мінус останні два роки, тобто за 7 років:

$$\sum D = 199143 \cdot 7 = 1394001 \text{ т.}$$

Сумарний максимально-разовий викид біогазу з поверхні полігону (2.11):

$$M_{\text{сум}} = \frac{P_{\text{пит}} \cdot \Sigma D}{86,4 \cdot T_{\text{тепл}}} = \frac{10,55 \cdot 1394001}{86,4 \cdot 275} = 618,97 \text{ г/с.}$$

З цієї кількості на кожну речовину припадає (2.10):

$$M_{\text{метан}} = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.метан}} \cdot M_{\text{сум}} = 0,01 \cdot 52,91 \cdot 618,97 = 327,5 \text{ г/с;}$$

$$M_{\text{толуол}} = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.толуол}} \cdot M_{\text{сум}} = 0,01 \cdot 0,723 \cdot 618,97 = 4,48 \text{ г/с;}$$

$$M_{\text{аміак}} = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.аміак}} \cdot M_{\text{сум}} = 0,01 \cdot 0,533 \cdot 618,97 = 3,3 \text{ г/с;}$$

$$M_{\text{ксилол}} = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.ксилол}} \cdot M_{\text{сум}} = 0,01 \cdot 0,443 \cdot 618,97 = 2,74 \text{ г/с;}$$

$$M_{\text{вугл.оксид}} = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.вугл.оксид}} \cdot M_{\text{сум}} = 0,01 \cdot 0,252 \cdot 618,97 = 1,56 \text{ г/с;}$$

$$M_{\text{азоту діокс.}} = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.азоту діокс.}} \cdot M_{\text{сум}} = 0,01 \cdot 0,111 \cdot 618,97 = 0,68 \text{ г/с;}$$

$$M_{\text{формальд.}} = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.формальд.}} \cdot M_{\text{сум}} = 0,01 \cdot 0,096 \cdot 618,97 = 0,6 \text{ г/с;}$$

$$M_{\text{етилбензол}} = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.етилбензол}} \cdot M_{\text{сум}} = 0,01 \cdot 0,095 \cdot 618,97 = 0,59 \text{ г/с;}$$

$$M_{\text{ангідр.сірч.}} = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.ангідр.сірч.}} \cdot M_{\text{сум}} = 0,01 \cdot 0,07 \cdot 618,97 = 0,43 \text{ г/с;}$$

$$M_{\text{сірковод.}} = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.сірковод.}} \cdot M_{\text{сум}} = 0,01 \cdot 0,026 \cdot 618,97 = 0,16 \text{ г/с.}$$

Валові викиди біогазу (2.13).

Згідно з розрахунками періоди теплої та холодної пори року (а і b) в місті відповідно становлять 7 місяців та 2 місяці, тому:

$$G_{\text{сум}} = M_{\text{сум}} \cdot \left(\frac{a \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600}{12} + \frac{b \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600}{12 \cdot 1,3} \right) \cdot 10^{-6} = 618,97 \cdot \left(\frac{7 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600}{12} + \frac{2 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600}{12 \cdot 1,3} \right) \cdot 10^{-6} = 13889,12 \text{ т/рік.}$$

З цієї кількості на кожну речовину припадає (2.12):

$$G_{\text{метан}} = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.метан}} \cdot G_{\text{сум}} = 0,01 \cdot 52,91 \cdot 13889,12 = 7348,73 \text{ т/рік;}$$

$$G_{\text{толуол}} = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.толуол}} \cdot G_{\text{сум}} = 0,01 \cdot 0,723 \cdot 13889,12 = 100,42 \text{ т/рік;}$$

$$G_{\text{аміак}} = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.аміак}} \cdot G_{\text{сум}} = 0,01 \cdot 0,533 \cdot 13889,12 = 74,03 \text{ т/рік;}$$

$$G_{\text{ксилол}} = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.ксилол}} \cdot G_{\text{сум}} = 0,01 \cdot 0,443 \cdot 13889,12 = 61,53 \text{ т/рік;}$$

$$G_{\text{вугл.окс.}} = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.вугл.окс.}} \cdot G_{\text{сум}} = 0,01 \cdot 0,252 \cdot 13889,12 = 35 \text{ т/рік;}$$

$$G_{\text{азоту діокс.}} = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.азоту діокс.}} \cdot G_{\text{сум}} = 0,01 \cdot 0,111 \cdot 13889,12 = 15,42 \text{ т/рік;}$$

$$G_{\text{формальд.}} = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.формальд.}} \cdot G_{\text{сум}} = 0,01 \cdot 0,096 \cdot 13889,12 = 13,33 \text{ т/рік;}$$

$$G_{\text{етилбенз.}} = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.етилбенз.}} \cdot G_{\text{сум}} = 0,01 \cdot 0,095 \cdot 13889,12 =$$

$$= 13,19 \text{ т/рік};$$

$$G_{\text{ангідр.сірч}} = 0,01 \cdot C_{\text{ангідр.сірч}} \cdot G_{\text{сум}} = 0,01 \cdot 0,07 \cdot 13889,12 = 9,72 \text{ т/рік};$$

$$G_{\text{сірковод.}} = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.сірковод.}} \cdot G_{\text{сум}} = 0,01 \cdot 0,026 \cdot 13889,12 = 3,61 \text{ т/рік.}$$

На основі результатів обчислень створюємо підсумкову таблицю 2.8.

Таблиця 2.8 – Результати розрахунків

Показник	Значення
Питомий вихід біогазу за період його активного виділення Q_w , кг/кг відходів	0,18081
Період активного виділення біогазу $t_{збр}$, років	17,14
Кількісний вихід біогазу за рік $P_{нит}$, кг/т відходів на рік	10,55
Щільність біогазу $\rho_{біогаз}$, кг/м ³	1,249
Кількість активних стабільно генеруючих біогаз відходів ΣD , т	1394001
Сумарний максимальний разовий викид біогазу полігону $M_{сум}$, г/с	618,97
Валовий викид біогазу полігону $G_{сум}$, т/рік	13889,12
у т.ч. валовий викид метану $G_{метан}$	7348,73
толуолу $G_{толуол}$	100,42
аміаку $G_{аміак}$	74,03
ксилолу $G_{ксилол}$	61,53
оксиду вуглецю $G_{оксид вуглецю}$	35
діоксиду азоту $G_{діоксид азоту}$	15,42
формальдегіду $G_{формальдегід}$	13,33
етилбензолу $G_{етилбензол}$	13,19
сірчистого ангідриду $G_{сірч.ангідрид}$	9,72
сірководню $G_{сірководень}$	3,61

Висновок. В результаті функціонування полігону твердих побутових і промислових відходів валовий викид біогазу дорівнює 13889,12 т/рік, з яких вміст метану складає 7348,73 т/рік. Оскільки відомо, що при вмісті метану 45-50 % (а в даному випадку це 52,9 %) біогаз теоретично демонструє енергетичний потенціал в розмірі 5 кВт·год/м³, то будемо мати річну кількість альтернативної енергії у розмірі орієнтовно 55,6 млн кВт·год.

3 УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ ПЛОДОВО-ОВОЧЕВОГО ВИРОБНИЦТВА

Харчова та переробна промисловість складається майже з 30 галузей, які виробляють практично всі необхідні для населення продукти харчування, включаючи продукти для дітей. За ступенем інтенсивності негативного впливу об'єктів харчової та переробної промисловості на навколишнє природне середовище перше місце займають водні ресурси. Однак діяльність підприємств галузі завдає шкоди також і ґрунтам, і повітрю. Вирішення проблеми лежить у необхідності проведення екологізації виробництв, а саме, у розробці та впровадженні маловодних, безстічних і безвідходних технологічних процесів, замкнених по відношенню до навколишнього середовища.

3.1 Основні технологічні процеси виробництва соків

Першим етапом переробки фруктів та овочів є *миття*.

Сировина перед оглядом миється. Процес проводиться для видалення з поверхні сировини забруднень, механічних домішок (пилу, глини, піску), пестицидів та мікрофлори. При митті необхідно остаточно видалити, перш за все, засохлі тканини, в яких би могли залишитися спори мікроорганізмів і після стерилізації додатково сприяти псуванню готових консервів. Якщо ступінь забруднення плодів незначний, їх можна злегка зволожити і ополоснути або промити під душем чистою питною водою.

Найчастіше сировину миють двома прийомами: на початку технологічного процесу та після перевірки та сортування. Для промивання 5 тонн сировини витрачається 1 тонна води. Якщо води недостатньо, проводять її повторну циркуляцію, дезінфікуючи хлоркою. Крім того, хлорована вода використовується для очищення ремінних конвеєрів, ліфтів та іншого обладнання.

Для зменшення термостійкої цвілі і бактерій на сировині використовують змочувальні агенти з розрахунку 0,5-1 г на 1 літр води та інші хімічні речовини, затверджені Міністерством охорони здоров'я. Після такого промивання сировину необхідно промити чистою водою. Вода також повинна відповідати вимогам ГОСТу: загальна твердість води, кількість солей свинцю, міді, фтору, цинку не має перевищувати допустимих норм, повинні бути повністю відсутні аміак і сірководень, різного роду хвороботворні мікроорганізми, шкідливі або отруйні для людей речовини, небажаний вміст солей заліза, що можуть викликати потемніння продукції. Вода повинна бути чистою, прозорою та свіжою. При митті твердих плодів тривалість перебування у воді не повинна перевищувати 10-15 хвилин.

Якість миття перевіряється 2-3 рази на годину. Контролюється зовнішній вигляд, при незадовільному результаті повторно обробляється вимита сировина та перевіряється чистота води відстоюванням. Один раз за зміну проводять мікробіологічний аналіз води, принаймні 3 рази перевіряють тиск і витрату води в мийних машинах.

Яблука та інші стійкі до механічних пошкоджень та ударів фрукти миють на барабанній міні-машині, далі сировина завантажуються в завантажувальний лоток, з якого вона надходить на похилу решітку, розміщену у ванні машини. Тут сировина вимочується і інтенсивно відмивається. Далі похилий конвеєр виносить її в зону ополіскування душовим пристроєм. Плоди з роликового конвеєра вивантажують через лоток.

Сировину безперервно завантажують у ванну, де повітрям, що продувається вентилятором, утворюється бурління води. Сировина з ванни подається роликовим транспортером на розвантажувальний лоток, де вона промивається водою з душового пристрою.

Дуже ніжні плоди малини, полуниці, ожини та інші миють під душем невеликим напором води.

Інспектування

Інспектування – це процес видалення сировини, що може негативно вплинути на якість готової продукції (дефектні плоди та ягоди: гnilі, поламані, м'які, запліснявілі).

При необхідності при огляді плоди сортуються за ступенем стиглості, кольором, плямистістю, опіками.

Для сортування плодів з успіхом використовують конвеєри інспекційні, продуктивністю 1000-3000 кг/год з роликівим полотном. Сировину подають у завантажувальний бункер, з якого вона надходить на роликівий транспортер. Під час руху транспортера ролики обертаються і повертають плоди. Робітники знаходяться по обидва боки від конвеєра і видаляють непридатні для переробки фрукти. Пошкоджені плоди передаються у спеціальні лотки, розміщені збоку від конвеєра. На виході з транспортера сировину обполіскують водою із душового пристрою.

Для сортування та інспекції ягід та винограду використовують сортувально-інспекційний конвеєр, на якому сировина надходить на стрічку, рухаючись зі швидкістю 0,1 м/сек. Дефектні ягоди видаляються вручну, як і на роликівому конвеєрі.

Подрібнення

Підготовка фруктів та ягід до вилучення соку полягає у подрібненні сировини (отримання м'язги) та в обробці м'язги різними способами для збільшення виходу соку. Його вихід залежить від ступеня подрібнення сировини, кількості пектину, стану колоїдної системи м'язги та інших факторів, тому кожен вид сировини має свої особливості подрібнення та підготовки перед пресуванням. Занадто подрібнений плід дає м'язгу, яка закупорює пори фільтруючих матеріалів і погано пресується. При недостатньому подрібненні великих шматочків не вдається вичавити весь сік, тому м'язга повинна бути пухкою та однорідною.

Сировина розрізається на шматки і подрібнюється для порушення структури плодів і ягід, що значно збільшує вихід соку. Для цього використовують машини різної конструкції. Основою механічного подрібнення

є застосування зовнішніх сил для подолання міцності клітин. На сировину діє розривна, стискуюча і зрізна сила. Подрібнення здійснюється різанням або розбиванням.

Технологічний результат роботи оцінюється за 3 показниками: однорідність, певні розміри, форма частинок.

Підготовлену до переробки сировину ліфт подає в приймальний бункер, а звідти - в робочу частину дробарки, де сировина проходить між барабаном і притискними колодками. Зазор між барабаном і притискними колодками регулюється, що дозволяє отримати м'язгу різного ступеня подрібнення.

Для подрібнення фруктів та ягід, а саме яблук, груш, айви та інших великих фруктів, успішно застосовуються дискові дробарки. М'якоть, отримана після подрібнення сировини, направляється з дробарки в бункер, який встановлений над пресом, а потім у прес для екстракції соку. Деякі види сировини (брусниця, журавлина, стигла малина та полуниця) не подрібнюються, а відразу ж пресуються.

Сік з яблук, вишень, полуниці, ожини, червоної смородини та обліпихи вичавлюється відносно легко, тому м'язгу з плодів і ягід цих культур зразу направляють у прес. Сік з великих зусиль вичавлюють з інших фруктів і ягід, а з м'яза чорної смородини без спеціального тренування взагалі неможливо отримати сік.

При вібраційному способі обробки спочатку сировину завантажують у вібраційний пристрій (цілі плоди протягом 1-2 хвилин, половинки протягом 30 секунд), потім плоди подрібнюють і пресують.

При виробництві соків ягоди також подрібнюють на дробарці. Необхідно стежити за якістю помелу: дуже дрібне ускладнює пресування, велике - зменшує вихід соку.

Обробка м'язги

Для збільшення виходу соку необхідна спеціальна обробка м'язги для плодів тих культур, які легко віджимаються.

Існують такі методи обробки м'язів: бланшування, застосування ферментних препаратів, змінного електричного струму на електроплазмолізаторах та високочастотних електричних імпульсів, звукових та ультразвукових коливань, заморожування, зброджування.

Деякі фрукти і, перш за все, овочі потрібно перед подальшим використанням піддати термічній обробці - *бланшуванню*.

Бланшування – це нагрівання плодів у воді або обробка їх парою так, щоб температура сировини була вище 75 °С для інактивації ферментів, поліпшення проникності протоплазми та смаку, зменшення кількості мікрофлори. Короткочасне ошпарювання (бланшування) досягає, з одного боку, часткового видалення повітря із сировини, а з іншого боку пригнічує активність присутніх ферментів і тим самим пригнічує небажані біохімічні реакції, що призводять до зниження якості продукції. Недоліком бланшування є втрата водорозчинних поживних речовин. Ці втрати можна зменшити, використовуючи бланшування в парі та швидке пакування гарячої сировини в банку.

В одній і тій же воді бланшують декілька партій сировини. З часом розчин стає концентрованим і його добавляють до віджатого соку. Таким чином, при нагріванні фруктів та ягід протоплазматичні білки згортаються. Найчастіше сировину не бланшують у воді, де втрачаються водорозчинні речовини, а обробляють парою в стрічковому ошпарювачі. Різні плоди вимагають певного режиму обробки.

Для бланшування сировини використовують машини періодичної та безперервної дії – машини для бланшування, ошпарювачі, нагрівачі. Основою їх роботи є використання атмосферного тиску або вакууму.

Барбарис, кизил, терен, сливи та шипшину нагрівають у воді (вода займає 15-20 % маси ягід) до появи на шкірі тріщин, а потім пресують гарячими. Якщо плоди та ягоди обробляються для отримання соку та насіння, термічна обробка сировини не допускається, оскільки втрачається схожість.

Обробка ферментними препаратами

Більшість фруктів і ягід містять пектин, що ускладнює виділення соку та знижує його вихід. Пектинові речовини містяться в плодах у вигляді нерозчинного у воді протопектину та розчинного пектину. Протопектин входить до складу клітинних стінок і середніх пластинок тканин рослини. Основний вплив на процес соковіддачі має розчинний пектин, який володіє водо-утримуючою здатністю і збільшує в'язкість соку, запобігаючи його витоку. Тому при обробці м'язги ферментами необхідно, перш за все, знищити нерозчинний протопектин.

Ферментні препарати не тільки руйнують пектинові речовини, але й діють на клітини з токсичними речовинами неферментативної природи, які входять до складу препаратів і викликають згортання білково-ліпідних мембран і загибель рослинних клітин. В результаті цих перетворень клітинна проникність збільшується, протоплазматичні мембрани розриваються, а вихід соку значно полегшується.

При обробці м'язги пектолітичними ферментами зменшується кількість осаду, покращується освітленість і фільтрувальність соків. Доза ферментних препаратів, що вводяться до м'язги, залежить від виду сировини.

Деякі види сировини містять значну частину колоїдів, які збільшують в'язкість соку, а тому його важко вичавити з м'язги. Руйнування колоїдів сприяє виділенню соку. Зазвичай колоїди заряджаються негативно або позитивно. Якщо заряди зняти, колоїдна система руйнується. Для цього успішно застосовується електроплазмолізатор. Під час роботи на електроди подається напруга. Коли м'язга проходить через електроди, відбувається електроплазмоліз клітин, тому заряд колоїдів знімається. При пресуванні такої м'язги вихід соку збільшується на 8-10 %.

Заморожування м'язги – один із найдорожчих методів збільшення виходу соку. Коли сировина заморожена, кристали льоду розбивають клітини, а при розморожуванні сік легко відокремлюється. Спосіб застосовується при обробці ягід.

Тривалість витримки замороженої сировини не впливає на вихід соку. Замороження не використовується спеціально для збільшення виходу соку. Воно потрібне для зберігання таких ягід, як журавлина, брусниця тощо. У цьому випадку заморожування допомагає не тільки зберегти сировину, але і збільшити вихід соку.

При затримці збору врожаю та несприятливих погодних умовах можливе вимерзання яблук на деревах. Такі плоди необхідно швидко розморозити і негайно переробити.

Пресування

Основним способом вилучення соку з фруктів та ягід є пресування на пресах періодичної або безперервної дії. Основна функція преса – не подрібнення рослинної тканини, не пошкодження біомембран клітинної структури, а вичавлювання соку, який вже виділився з клітин, пошкоджених під час попередньої обробки.

Для пресування застосовують різні за конструкцією та принципом дії преси, які можуть бути безперервними (шнекові, стрічкові) та періодичними (пакетні, кошики).

Вихід соку та продуктивність лінії в цілому можна збільшити, застосовуючи подвійне пресування або витягування залишків соку з віджимок. Цей спосіб полягає у віджиманні соку з м'язги на пресі, потім додавання води до віджимок, ретельне перемішування та витягнення отриманого соку на барабанному вакуумному фільтрі. Вичавлений із віджимок сік містить менш розчинну суху речовину, ніж після одноразового пресування, тому його кип'ятять або використовують для приготування цукрового сиропу для виробництва соків з цукром.

Для пресування яблук набули поширення також стрічкові преси, які дозволяють проводити пресування тонким шаром при високій продуктивності.

Перспективне виробництво соку центрифугуванням. Метод заснований на поділі твердої та рідкої фракцій м'язги під дією відцентрової сили в центрифугах. Застосовується переважно у виробництві соку з м'якоттю.

Вихід соку залежить як від культури, так і від методів підготовки та пресування м'язги.

Проціджування

Свіжовичавлений сік обов'язково проціджують на апараті, який має сито з нержавіючої сталі, або на спеціально підготовлених ситах. Це робиться для того, щоб захопити великі тверді частини м'язги, які потрапили в вичавлений сік. Відпресований сік накопичується у великих резервуарах, в яких згодом нагрівається.

Підігрівання – охолодження

Метою нагрівання соку може бути видалення повітря, інактивація ферментів, поліпшення санітарного стану сировини, використання стерилізації для гарячого розливу соку тощо.

Швидке нагрівання до 80-90 °С та швидке охолодження до 25-30 °С сприяє згортанню білків та їх осадженню, що сприяє висвітленню соку. Час обробки не більше 10-20 с. Нагрівають та охолоджують в трубчастих нагрівачах-охолоджувачах або в пластинчастих пастеризаторах.

Безперервні нагрівачі бувають трубчасті, двотрубні, спіральні та пластинчасті. У трубчастих нагрівачах подрібнена маса нагрівається під час виробництва соків. Односекційні трубчасті вакуумні нагрівачі мають багато-холодовий теплообмінник, внаслідок чого температура на виході соку становить 90 °С. Нормальний режим роботи всіх нагрівачів забезпечується швидким проходженням продукції по трубах при їх постійному навантаженні. Принаймні 3 рази на годину біля виходу з фільтра беруть пробу і перевіряють прозорість соку. Після нагрівання сік необхідно обов'язково охолодити.

Сепарування

Очищення соків проводиться різними способами: відстоюванням, центрифугуванням, фільтрацією, флотацією. Відстоювання (седиментація) – процес досить тривалий. Тому найпоширенішим методом очищення є сепарування.

Процес сепарування заснований на утриманні твердих частинок пористою перегородкою. Розділення може здійснюватися у двох режимах: при постійній швидкості або при постійному тиску. На практиці використовується останнє.

Купажування соків

Деякі види соків мають негармонійний смак кислоти, дубильних речовин, вмісту цукру. Тому їх змішують з іншими соками для поліпшення смаку, аромату або зовнішнього вигляду. Купажують соки або одного виду фруктів або ягід з різним вмістом кислот і цукру, або соки двох різних видів. Найчастіше поєднують яблучний сік з фруктовими-ягідними соками (вишня, чорна і червона смородина, малина).

Виробництво змішаних соків особливо важливе, оскільки з усіх фруктових-ягідних соків близько 80 % – це яблука, і попит на них не завжди високий. Найчастіше купажовані соки роблять натуральними та з цукром, м'якоттю та без м'якоті, загалом 47 найменувань. При змішуванні соків недоліки одного усуваються іншими. Купажують соки різних видів сировини або різних сортів одного виду сировини; насичені вуглекислим газом для поліпшення смаку та надання їм освіжаючих властивостей. Всі ці соки можуть бути освітленими або неосвітленими.

При виготовленні купажованих соків до основного соку дозволяється додавати інші фруктові або ягідні соки не більше 35 % від маси суміші. Назва сумішей соків встановлюється за основним.

Підсолоджування

Деякі соки мають підвищену кислотність і низький вміст цукру, тому їх підсолоджують і класифікують як соки з цукром. Цукор або сироп додають за рецептом.

При приготуванні цукрових сиропів контролюють його концентрацію, правильність суміші цукру і патоки, якість очищення сиропу від домішок. Концентрацію цукрового сиропу перевіряють рефрактометром у кожній заварці

під час його приготування, а потім при використанні готового сиропу - один раз на зміну.

У кожній партії контролюють дозування компонентів, кількість цукру та кислот у соку, напівфабрикатах, концентрацію цукрового сиропу, якість підсолоджененого соку.

Змішують і підсолоджують у резервуарах з мішалками.

Змішувальне обладнання

У харчовій промисловості в переважній більшості використовують машини та пристрої з механічним перемішуванням. Продукти, що знаходяться в однаковому або різному агрегатному стані: тверді, рідкі чи газоподібні, підлягають змішуванню.

Різні типи змішувачів використовуються для змішування декількох видів продуктів, які знаходяться в однаковому або різному агрегатному стані, залежно від їх робочого органу.

Після змішування та підсолоджування сік фільтрується.

Фільтрування

Фільтрування – це механічний процес відділення зважених частинок від соку шляхом пропускання його через пористий шар.

Після фільтрування або обробки іншими способами для освітлення продукту осад видаляють шляхом пропускання соку через фільтри різних систем або центрифугуванням для видалення коагульованих колоїдів та осілих частинок.

Фільтрація передбачає 2 процеси: осадження частинок на поверхню фільтруючого шару, які за розміром більші за його пори, та адсорбція – прилипання частинок менших розмірів, ніж каналці фільтруючого шару.

Існує 3 типи фільтрації: поверхнева, глибока та адсорбційна. Для фільтрування фруктових соків використовують різні типи фільтрів: пластинчасті (фільтр-преси), наливні та барабанні.

Найбільш поширена фільтрація соків на фільтр-пресі, який складається з фільтруючих пластин з порожнистими фланцями для подачі соку. Картон

фільтра затискається між пластинами. Сік, пройшовши через фільтруючий елемент, збирається в спарених пластинах. Поступово на картоні накопичується осад, і фільтрація сповільнюється. Сік нагрівають до температури 40-50 °С і подають у плити з непарними номерами. Швидкість фільтрації значно зростає, коли температура піднімається до 60 °С і якщо не допускати різких коливань. Сік, пройшовши через фільтруючий елемент, збирається в спарених пластинах. Поступово на картоні накопичується осад, і фільтрація сповільнюється. Також фільтрацію можна проводити з постійною швидкістю, якщо осад, що накопичується на фільтруючих пластинах, не ущільнюється, забезпечує жорстку структуру шару фільтра і не деформується під впливом зростаючого тиску. Швидкість фільтрації залежить головним чином від сортових характеристик соку. Для видалення осаду подачу соку перемикають у зворотному напрямку, каламутні партії відправляють на повторну фільтрацію.

При виготовленні підсолоджених соків спочатку додається необхідна кількість цукру або сиропу, ретельно перемішується, потім фільтрується.

Щоб сік не окислювався і не втрачав свіжість, краще проводити процес без доступу повітря, уникаючи його накопичення над фільтром, оскільки це призведе до розширення фільтрувальних трубок.

Деаерація соку

Після фільтрування сік можна негайно консервувати. Але він містить значну кількість повітря, яке потрапило в нього з міжклітинних просторів плодів і адсорбувалося з навколишнього середовища під час виробництва. Кисень погіршує його смак і колір і сприяє окисленню вітамінів, руйнує аскорбінову кислоту, окислює поліфеноли та барвники, призводить до потемніння та погіршення органолептичних властивостей соку.

Тому перед консервуванням необхідно сік деаерувати – видалити повітря, що міститься в ньому, та інші гази. Для цього використовуються деаератори розпилувального дії або плівкового типу, в яких сік подається у вакуумну камеру у вигляді дрібних крапель або тонких шарів. Сік розпорошується форсункою, а вакуумне середовище в балоні сприяє видаленню кисню. Процес

відбувається за температури не вище 35 °С і тиску 93-97 кПа. Досягається видалення повітря до 90 %.

Підготовка тари та кришок

Для зберігання та транспортування консервованих продуктів використовують певний вид упаковки, яка виготовляється за відповідними технологіями.

Для упаковки соків і напоїв використовують комбіновані матеріали, виготовлені на основі щільного паперу або картону. Для цього на фольгований картон з обох сторін наносять термопластичний матеріал, такий як поліетилен. Продукти в такій тарі розфасовують в асептичних умовах або додають консерванти – сорбінову кислоту або її солі. Багато видів контейнерів для коробок виготовляються з полімерних матеріалів методом лиття.

Основна вимога до виготовленої полімерної упаковки – стійкість до агресивного середовища.

Скляні контейнери випускаються ємністю від 0,2 до 10 літрів, це переважно банки та пляшки. Банки повинні бути прозорими. Способи закрутки банки різні. Найпоширеніший метод бляшані покриті лаком кришки з олов'яними гумовими кільцями для герметизації. Цей метод надійний, але продуктивність закатних машин низька.

Підготовка упаковки до консервування починається з огляду упаковки, в якій відсутні банки з будь-якими дефектами – напливами, деформацією, тріщинами. Потім контейнер перевертають догори дном, щоб видалити рештки скла. Якщо ємність зберігалася в холодному приміщенні, перед миттям її деякий час витримують при температурі 15-20 °С.

Упакування

Спочатку контролюють якість та санітарний стан контейнерів та кришок. Чистоту ємності перевіряють візуально, середню масу банок визначають зважуванням 100 банок, ємність - наповненням водою (при температурі 20 °С) до країв ємності. Якість контейнера перевіряється 1-2 рази за зміну. Велика увага приділяється санітарному стану обладнання та інвентарю, дотриманню

правил особистої гігієни. Сік розфасовують у скляну та металеву лаковану тару ємністю від 0,2 до 3 літрів, а в деяких випадках у 10-літрові банки. Консервування соків пастеризацією в автоклавах або пастеризаторах безперервної дії є широко поширеним.

Велике значення має видалення повітря з продукту. Цей процес називається виснаженням і проводиться після заповнення банок перед герметизацією. Багато повітря надходить у банку з продуктами і при наповненні заливкою. Чим нижча температура упаковки, тим більше повітря надходить у продукт, який містить кисень – сильний окисник. Реагуючи з різними речовинами, він змінює колір продукту, його смак та аромат. Кисень також спричиняє корозію металевих контейнерів та кришок через наявність оголених місць у лаку або олов'яному покритті. Органічні кислоти, реагуючи з металом, виділяють іони водню, які реагують з киснем у повітрі, посилюючи процес корозії, що призводить до накопичення значної кількості водню в банках. Крім того, кисень може сприяти розвитку залишкової мікрофлори.

Стерилізація

Під час стерилізації присутність у продукті повітря викликає підвищення тиску в банках. Існує потреба зменшити тиск, використовуючи термічне або механічне виснаження, для чого їх з незакупореними кришками пропускають через експаустери протягом 8-10 хв (обробляють паром) і негайно закупорюють. Різновидом термічного виснаження є попередній нагрів продукту перед упаковкою, що створює вакуум у банці після остаточного охолодження продукту.

Тільки повна герметичність банок дозволяє проводити подальшу стерилізацію та тривале зберігання. Металеві банки герметизуються подвійним закатним швом. Банки з товаром герметизуються автоматичними або напівавтоматичними машинами.

Після герметизації банки промивають для видалення бруду гарячою водою під душем.

Залежно від типу вироблена продукція маркується у вигляді тексту або наклеюються ярлики.

Етикетки виготовляються поліграфічним способом, де вказується виробник, його торгова марка, товар, нормативна та технічна документація, вага чи обсяг нетто, сорт, ціна, умови зберігання тощо.

Зберігання, транспортування та продаж

Консерви слід зберігати в сухому прохолодному місці при температурі 5-20 °С. При виготовленні консервів необхідно стежити за санітарним станом інвентарю, ємностей, рук. Продукти потрібно ретельно відсортувати від зіпсованих, а потім промити в проточній воді. Відразу після консервування все обладнання необхідно промити у воді та ошпарити окропом. Негативний вплив на збереження консервів має порушення рецептури закладки в таких консервах, як цукор, оцет тощо. Особливу увагу слід приділити герметизації банок. Після обгортання їх потрібно негайно перевірити на якісну герметизацію. Час стерилізації та температура також дуже важливі.

Готова продукція зберігається на складах у ящиках, які розміщуються на піддонах. Піддони для ящиків та пакетів із соками розраховані на встановлення на висоті до шести ярусів.

Соки найкраще зберігати в сухих, добре провітрюваних приміщеннях при температурі 0-20 °С і відносній вологості не більше 75 %. Не рекомендується зберігати соки, упаковані в скляну тару, на світлі, оскільки це руйнує барвники. Непастеризовані концентровані соки та соки, консервовані сорбіновою кислотою, зберігають при температурі не вище 10 °С. Температура та вологість повітря повинні бути рівномірними, без різких коливань.

Термін придатності соку також залежить від типу ємності, в яку він упакований [26].

3.2 Характеристика відходів плодово-овочевого виробництва

Фруктові, ягідні та овочеві соки мають високу харчову та біологічну цінність: вони містять у легкозасвоюваній формі цукор, вітаміни, мінеральні та біологічно активні речовини та ін. При виробництві соків використовується високоефективне обладнання, тож витрати на ручну працю мінімальні. Тому під час збору врожаю можна швидко переробити сировину та отримати цінний готовий продукт або напівфабрикати.

Соки отримують майже з усіх видів фруктів і ягід, а також з багатьох овочів: помідорів, гарбуза, моркви, кавунів, буряків. Овочеві соки часто випускають у суміші з фруктовими соками: буряково-яблучним, морквяно-яблучним, морквяно-виноградним, гарбузово-абрикосовим тощо [27].

У переробній промисловості фруктів і овочів одночасно вирішуються проблеми збільшення обсягів виробництва і раціонального використання сировини, матеріалів, зниження їх втрат.

Вважається, що робота з комплексного та раціонального використання сировини повинна проводитися за такими напрямками: перший - створення такої технології переробки сировини для мінімізації, а в деяких випадках практично усунення утворення відходів. Це важливо, оскільки в калькуляції найбільша стаття витрат (до 80 %) припадає на сировину; друге – організація переробки неминуче утворених відходів з метою отримання з них харчової та технічної продукції.

Відходи, що залишаються після переробки – це окремі зразки неякісних овочів та фруктів, які можна розділити на дві групи: сировина, яка за своїм зовнішнім виглядом, формою, розміром, стиглістю непридатна для переробки, та сировина, абсолютно непридатна для людини споживання. Додаткові ресурси сировини можуть бути першою групою відходів. Це кабачки діаметром більше 70 мм, огірки діаметром понад 50 мм і неправильної форми (кубаріки, гачкоподібні), капуста із зеленим листям.

Перехід сільського господарства на механізовані способи збирання вимагає єдиного безперервного збору врожаю, що призводить до збільшення нестандартної частини врожаю. Він може досягати 15 %.

Найбільш раціональним способом використання такої сировини є переробка її після відповідної переробки у продукти, технологія виробництва яких гарантує мікробіологічно безпечні консерви. Це сушені овочі та фрукти, квашення та соління.

Відходи при виробництві томатного соку. Відходи при віджиманні томатного соку, що становлять в середньому 35 %, протирають і додають до пульпи, що надходить на виробництво томат-пасти. При протиранні плодів томатів відходи рівні 4 %, а при протиранні з лінії соку – 11 %.

Відходи стручкового перцю. Ці відходи становлять близько 24 %, в тому числі 5 % насіння, що містять до 20 % олії.

Відходи моркви (10 % при чищенні, 40 % при виробництві соку) придатні для одержання вітамінних концентратів, каротину, пектину, спирту.

Бурякові відходи (до 20 %), багаті цукром і також можуть бути використані для отримання спирту. Крім того, з цих відходів отримують харчові барвники для сухих плодово-ягідних желе, безалкогольних напоїв, карамелі, тортів, тістечок.

Відходи кукурудзи. Відходи кукурудзи у стадії молочної стиглості складають 75 %. Вони багаті целюлозою, білками, зольними елементами, містять жир і інші цінні речовини і придатні у свіжому або силосованому вигляді в якості корму для худоби.

Стрижні качанів кукурудзи використовують як паливо. З них отримують також клей, папір, пластичні матеріали, лінолеум.

Завдяки наявності пентозанів із стрижнів кукурудзи можуть бути отримані цукор та продукти бродіння, зокрема молочна кислота.

Плодові кісточки - відходи при виробництві компотів, варення, пюре та інших видів фруктової продукції - складають (у відсотках від маси плодів): у абрикосів і персиків – 5-12; у вишні і черешні – 5-16; у слив – 4-7. Початкова вологість цих відходів 24-30 %. Щоб уникнути мікробіологічного псування кісточок висушують так, щоб вони містили не більше 13 % вологи.

Висушені кісточки направляють на спеціалізовані заводи. З шкаралупи кісточок виготовляють активоване вугілля, яке володіє хорошими адсорбуючими властивостями і придатний для фільтрування рідин та газів. Шкаралупа становить 68-88 % до маси кісточок.

Ядра кісточок використовують для одержання харчових олій і мигдальної пасти. З макухи, що залишається після віджиму олії, одержують гірко-мигдальне масло, паливо та добрива.

Необроблені ядра кісточок і макухи безпосередньо для згодовування худобі непридатні, оскільки містять амігдалін, що розпадається в організмі з виділенням отруйної синильної кислоти.

Відходи зерняткових плодів. Відходи яблук, груш, айви складають: при виробництві компотів – 30-40 %, пюре – 10-18 %, соків – 23-47 %. Відходи багаті пектином, цукрами, органічними кислотами та іншими цінними компонентами сировини. Їх можна використовувати як корми для худоби, добрив, для одержання спирту, оцту.

Хімічний склад яблучних вичавок, відходів від отримання соку, наступний (у відсотках): загальний цукор – 6-12; пектин – 1-2; целюлоза – 1-2; дубильні і фарбувальні речовини – 0,12-0,16; зола – 0,3-0,4; загальна кислотність – 0,3-0,7; рН вичавок – 3,6-3,8.

Відходи при виробництві виноградного соку. Вичавки при пресуванні винограду складають від 16 до 28 % до маси сировини. Їх використовують для отримання спирту, оцту, винної кислоти, олії, кормів, добрива, енотаніна. Відходи пофарбованого винограду придатні для отримання барвників.

Відходи при виробництві вишневого соку. Вичавки, що становлять до 30 % до маси сировини, заливають холодною водою у співвідношенні 1:1, ретельно перемішують і пресують. Отриманий екстракт використовують замість води для приготування цукрового сиропу, з яким купажують вишневий сік [28].

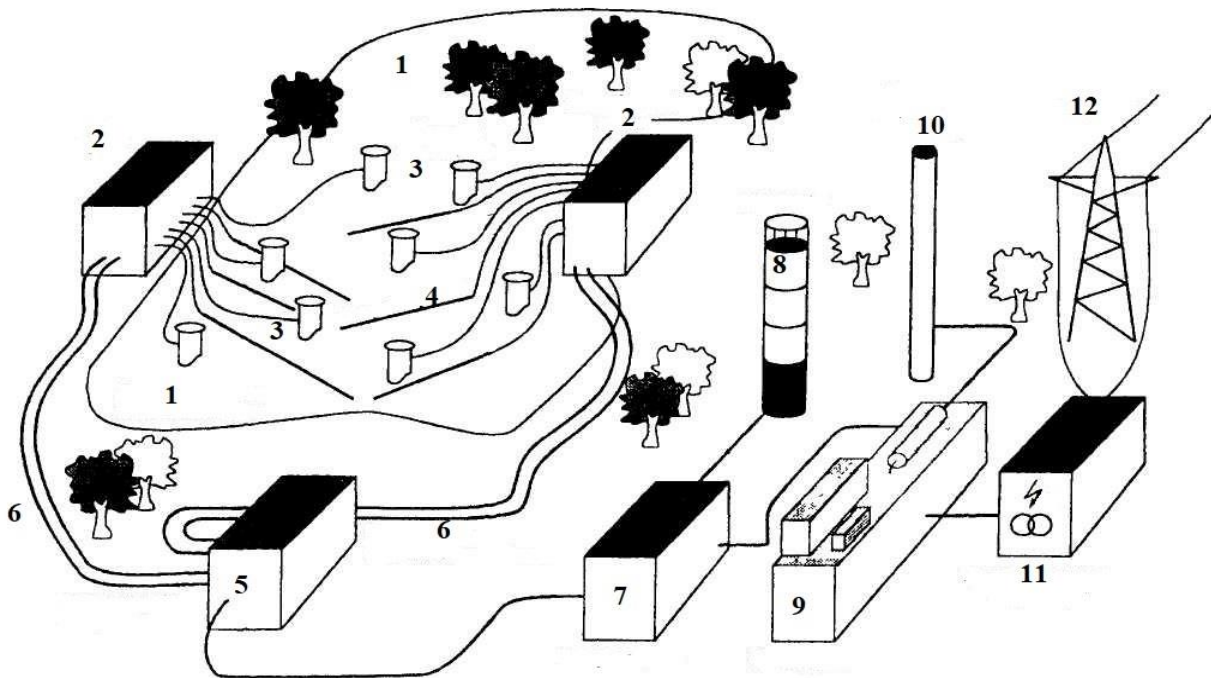
3.3 Системи збору та утилізації біогазу на полігонах відходів

Використання біогазу на полігонах твердих побутових відходів вимагає інженерного облаштування полігону (створення ізоляційного екрану, газових свердловин, системи збору газу тощо).

Найпоширеніша система збору біогазу, що наведена на рис. 3.1, складається з мережі вертикальних свердловин, з'єднаних між собою горизонтальними трубами, які збирають вироблений біогаз і подають його у свічку або обладнання для енергетичного використання. Свердловини можна бурити, коли звалище заповнене або одна з його секцій заповнена. Також їх можна будувати поступово, оскільки відходи продовжуватимуть заповнювати діюче звалище. При горизонтальному з'єднанні вертикальних свердловин у нижній їх частині видобуток біогазу може розпочатися вже під час заповнення звалища. Відстань між свердловинами зазвичай не перевищує 50 метрів (2-3 свердловини на гектар). Залежно від місцевих умов кількість газу коливається від 5-50 м³/год до 250 м³/год на свердловину.

Газозбірники — це трубопроводи, прокладені в масі відходів, які створюють вакуум. Як правило, вони виконуються або вертикально у вигляді газових свердловин, або горизонтально у вигляді перфорованих трубопроводів, однак на практиці застосовуються і інші форми такі як резервуари, гравійні камери, тощо. Свердловини будуються буровим способом на $\frac{3}{4}$ глибини полігону.

Під збірними газопроводами розуміють газопроводи під вакуумом, що ведуть до частини збірних колекторів. Щоб компенсувати просідання, вони мають гнучке з'єднання з газовим колектором; блок з'єднання містить контрольно-вимірювальні прилади (для вимірювання тиску) та фітинги для відбору проб газу.



1 — полігон ТПВ; 2 — пункт збору газу; 3 — газозбірники; 4 — газовий дренаж; 5 — центральний пункт газозбору; 6 — двотрубна система; 7 — компресорна станція; 8 — факельна установка; 9 — утилізація газу; 10 — викид продуктів згорання; 11 — трансформатор; 12 — електромережа.

Рисунок 3.1 – Система збору та утилізації біогазу на полігонах ТПВ

У пункті збору газу готові газопроводи поєднуються. Точка збору газу може бути виконана у вигляді труби, резервуару і розташована в найнижчій точці для забезпечення збору та видалення конденсату, що випадає. У пункті збору газу знаходяться контрольно-вимірвальні прилади та пристрої автоматики.

Система виводу конденсату — це пристрій на газопроводі для збору та відведення конденсату в найнижчій точці системи трубопроводів. У зоні вакууму конденсат відводиться через сифони, у зоні надлишкового тиску — через регульовані парові пастки. Конденсат можна видалити як у вакуумі, так і в зоні надлишкового тиску за допомогою охолоджуючого пристрою.

Всмоктуючий трубопровід являє собою пряму ділянку трубопроводу перед інжекторним пристроєм, де також передбачені контрольно-вимірні прилади та автоматика.

Насосні пристрої (вентилятор, повітродувка тощо) використовуються для створення вакууму, необхідного для транспортування газу з тіла полігону або для створення надлишкового тиску при транспортуванні газу до місця використання (до факельної установки, до системи утилізації). Вони розташовані в машинному відділенні. Традиційними конструкціями є контейнери, металеві огороження або невеликі споруди (гаражі, блокові конструкції). У великих установках такі пристрої розташовуються в машинному приміщенні, іноді вони можуть розташовуватися на відкритих майданчиках під навісом.

У машинному приміщенні або газозбірній станції розміщені установки для очищення або утилізації газу, а також пульт управління та інші пристрої.

Для забезпечення достатнього збору газу на звалищах висуваються такі вимоги:

- створення ефективного розрідження в похованні;
- мінімізація витоків повітря;
- забезпечення довготривалої роботи системи при механічних та статичних навантаженнях;
- забезпечення можливості збору газу при тривалій експлуатації полігону або звалища;
- прив'язка продуктивності системи дегазації до інтенсивності газоутворення;
- можливість розширення системи.

Тому для збору біогазу використовуються трубопровідні системи великої ємності, якомога коротші та з вільним доступом. Розташування колекторів для збору газу може бути горизонтальним, вертикальним або комбінованим, трубопроводи повинні підтримувати стабільність і міцність протягом усього терміну служби полігону. На новостворених полігонах або окремих їх ділянках

можна відкачувати газ з дна із збільшенням висоти відходів або встановлювати систему збору газу з горизонтальними або злегка нахиленими газопроводами, які доповнюються газовими свердловинами в міру заповнення полігону. Буріння свердловин зазвичай практикується на існуючих полігонах.

У газових свердловинах вертикальних систем внаслідок навантаження зверху та тиску збоку виникають значні механічні напруження, які посилюються просіданням внаслідок «негативного поверхневого тертя». Щоб компенсувати осідання на глибині 10 м, свердловини необхідно виконувати телескопічними. Вимоги до матеріалу свердловин обумовлені наявністю фільтрату в тілі звалища, в якому поряд з іншими речовинами розчиняються сірководень та органічні кислоти. Наявність фільтратів створює корозійну небезпеку та створює додаткові напруги через корозійне розтріскування під напругою. З вищевказаних причин при будівництві свердловин застосовують антикорозійні синтетичні матеріали, розраховані на тиск до 1 МПа.

Щоб уникнути витрат на буріння під час роботи полігону, газові свердловини можна будувати по ходу заповнення сміттям. Технологію роботи можна коротко описати наступним чином: обсадна труба зі сталі або синтетичних матеріалів зводиться поетапно одночасно із засипанням відходів так, щоб на глибині не менше 2 м (із загальною довжиною близько 5 м) вона залишилася в товщі відходів, тоді на наступний шар наносять відходи приблизно на 2 м і ущільнюють. Ущільнювач може під'їжджати близько до кожуха під час укладання відходів. Потім обсадна труба знову піднімається на 3 м, труба свердловини подовжується, а кільцевий зазор заповнюється щебнем. За винятком процесу витягування кожуха, газову свердловину можна постійно підключати до газозбірної мережі.

Слабкою ланкою в газових свердловинах є вузол підключення до збірних газопроводів. Через просідання різної величини (може досягати до 25 % товщини засипаних відходів, тобто при висоті заповнення 20 м можливе просідання 5 м) між газовою свердловиною і сполучним трубопроводом, сильний може виникнути тиск. Тому адаптер часто виготовляється з

еластичного матеріалу. Поліетиленові шланги, що використовувалися раніше, стають крихкими, особливо під впливом сонячного світла, з'являються тріщини і порушується герметичність. Тому сьогодні, в багатьох випадках, використовуються хромовані сталеві гільзи.

Горизонтальні або похилі системи складаються з дренажних перфорованих трубопроводів діаметром 100-150 мм з отворами діаметром 5 мм або прорізами розміром 5 x 20 мм, розташованих на різних рівнях захоронених відходів, і облицьованих матеріалом, придатним для дренажу (щебінь, гравій, керамзит, будівельні відходи). В кінцевій ділянці вони виконані у вигляді суцільної труби, а на виході з покривного шару звалища або з шарів відходів підключені безпосередньо до трубопроводу збору. Горизонтальний дренаж прокладається на досить невеликій вертикальній відстані (6-8 м). Горизонтальна відстань між окремими дренажними трубами становить близько 30 м.

Незважаючи на порівняно великий діаметр, окремі частини системи через кілька років мають, як правило, дуже обмежену потужність, тож після остаточного заповнення відповідної ділянки звалища необхідна додаткова дегазація через вертикальні колектори.

Якщо система збору газу встановлюється в процесі заповнення полігону, потрібно створити мережу горизонтальних колекторів для дегазації. Горизонтальні системи для утилізації біогазу можуть бути розміщені в поверхневих шарах звалища на глибині 2-4 метри. На глибоких звалищах вертикальні свердловини та горизонтальні колектори використовуються разом для підвищення ефективності збору біогазу.

Система збору біогазу повинна включати забірники конденсату, кількість яких визначається геометрією звалища та колекторами збору газу. Якщо вони розташовані за межами місця захоронення твердих побутових відходів, конденсат потрібно повернути на звалище або подати в систему очищення та знешкодження фільтрату.

Пункти збору газу побудовані на межі звалища у вигляді блокованих бетонних будівель, під час експлуатації яких необхідно дотримуватися вимог вибухозахисту. Альтернативний варіант – розташування газозбірних установок на відкритій території.

Факельна установка – пристрій, необхідний для повного згоряння газу за відсутності споживання газу, включаючи пристрої автоматики безпеки та управління. Утилізація біогазу безпосереднім спалюванням не єдиний спосіб його усунення. Можлива утилізація біогазу для отримання електроенергії при застосуванні газо-поршневого електроагрегату, шляхом спалювання біогазу в двигуні внутрішнього згоряння і перетворення механічного руху в електроенергію [29, 30].

3.4 Пропозиції щодо удосконалення системи поводження з відходами плодово-овочевого виробництва шляхом їх сумісного захоронення з побутовими відходами з метою отримання біогазу

На сьогоднішній день захоронення побутових відходів – найбільш поширений спосіб їх утилізації. Більша їх частина складається з органічної речовини, яка за допомогою мікроорганізмів розкладається та сприяє виходу звалищного газу. За умови утилізації відходів плодово-овочевого виробництва на полігонах, поряд з іншими відходами, можна в рази збільшити вихід біогазу для потреб населення.

Однією з переваг збору та утилізації біогазу є безперервність процесу. Потрапляння сміття на звалища – постійний процес. Із збільшенням популяції населення, кількість сировини для переробки буде тільки рости. Окрім цього, на відміну від інших відновлювальних джерел енергії, енергія біогазу не залежить від пори року або погодних умов (лише за умови зниження температури повітря процес може уповільнитися, але не зупинитися).

Окремо слід зазначити, що використання звалищного газу, при правильному поводженні з ним, може мати високий рівень екологічності в

порівнянні з викопними джерелами палива, які інтенсивно забруднюють атмосферу.

Сам біогаз являє собою суміш газів, яка здебільшого складається з метану та вуглекислого газу. Метан є дуже потужним парниковим газом, який в багато разів перевищує вуглекислий газ. Незважаючи на те, що метан є частиною хімічних процесів в атмосфері, поступове збільшення його концентрації здатне збільшити температуру навколишнього середовища, що може негативно вплинути на посилення парникового ефекту. Як наслідок, існує велика імовірність інтенсивного висихання водойм на континентах (зменшення придатних для життя земель) та танення льодовиків, що призведе до затоплення деяких частин суші.

Якщо почати процес збирання біогазу на полігонах, можна трансформувати його в енергію, тим самим суттєво знижуючи негативний вплив процесу розкладання сміття на глобальне потепління.

Найпоширенішими способами використання енергії звалищного газу є спалювання сировини в міні-ТЕЦ з отриманням електроенергії або утилізація за допомогою печей для отримання теплової енергії. Обидва способи можуть бути використані як для використання на потреби самої установки на полігоні, так і в якості «зеленої енергії» для комунальних підприємств регіону.

Після очищення від домішок, газ також може бути закачаний до мережі та використаний як заміна природного газу чи в якості моторного палива для автомобілів.

Ще однією перевагою є те, що в результаті переробки органіки можна отримати не тільки енергію, але і високоякісні добрива, вміст корисних речовин в яких в рази перевищує концентрацію речовин з перегною, компосту та штучно вироблених добрив. Такі добрива значно збільшують родючий потенціал ґрунтів, повертають поживні речовини (які являють собою основу гумусу) та забезпечують вихід екологічно чистої продукції.

3.5 Розрахунок очікуваної кількості біогазу з полігону сумісного захоронення побутового сміття та відходів плодово-овочевого виробництва

При переробці овочів та фруктів в Україні щорічно утворюється близько 700 тисяч тонн відходів у вигляді м'якоті, очисток, насіння, бадилля та зіпсованих продуктів. Якщо ці відходи спробувати переробити разом з ТПВ на полігонах можна значно збільшити вихід біогазу [31].

Так як нам невідома точна кількість відходів виробництва соку на території Дніпропетровської області, прийmemo, що на полігон ТПВ «Правобережний», окрім щорічно завезених відходів (199143 тонн), приймається приблизно 30000 тонн з плодово-овочевих виробництв. Ця кількість обчислена з міркувань поділу загальної кількості відходів між областями України (окрім АР Крим).

При цьому результати питомого виходу біогазу, період виділення біогазу в м. Дніпро, кількісний вихід біогазу за рік, щільність біогазу, валовий процентний вміст та питомі маси усіх компонентів залишаються незмінними.

Кількість активних стабільно генеруючих біогаз відходів:

$$\sum D = 229143 \cdot 7 = 1604001 \text{ т.}$$

Сумарний максимальний разовий викид біогазу з поверхні полігону (2.11):

$$M_{\text{сум}} = \frac{P_{\text{пит}} \cdot \sum D}{86,4 \cdot T_{\text{тепл}}} = \frac{10,55 \cdot 1604001}{86,4 \cdot 275} = 712,21 \text{ г/с.}$$

З цієї кількості на кожен речовину припадає (2.10):

$$M_{\text{метан}} = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.метан}} \cdot M_{\text{сум}} = 0,01 \cdot 52,91 \cdot 712,21 = 376,83 \text{ г/с;}$$

$$M_{\text{толуол}} = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.толуол}} \cdot M_{\text{сум}} = 0,01 \cdot 0,723 \cdot 712,21 = 5,15 \text{ г/с;}$$

$$M_{\text{аміак}} = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.аміак}} \cdot M_{\text{сум}} = 0,01 \cdot 0,533 \cdot 712,21 = 3,8 \text{ г/с;}$$

$$M_{\text{ксилол}} = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.ксилол}} \cdot M_{\text{сум}} = 0,01 \cdot 0,443 \cdot 712,21 = 3,16 \text{ г/с;}$$

$$M_{\text{вугл.оксид}} = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.вугл.оксид}} \cdot M_{\text{сум}} = 0,01 \cdot 0,252 \cdot 712,21 = 1,79 \text{ г/с;}$$

$$M_{\text{азоту діокс.}} = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.азоту діокс.}} \cdot M_{\text{сум}} = 0,01 \cdot 0,111 \cdot 712,21 = 0,79 \text{ г/с;}$$

$$M_{\text{формальд.}} = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.формальд.}} \cdot M_{\text{сум}} = 0,01 \cdot 0,096 \cdot 712,21 = 0,68 \text{ г/с;}$$

$$M_{\text{етилбензол}} = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.етилбензол}} \cdot M_{\text{сум}} = 0,01 \cdot 0,095 \cdot 712,21 = 0,66 \text{ г/с};$$

$$M_{\text{ангідр.сірч.}} = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.ангідр.сірч.}} \cdot M_{\text{сум}} = 0,01 \cdot 0,07 \cdot 712,21 = 0,5 \text{ г/с};$$

$$M_{\text{сірковод.}} = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.сірковод.}} \cdot M_{\text{сум}} = 0,01 \cdot 0,026 \cdot 712,21 = 0,19 \text{ г/с.}$$

Валові викиди біогазу (2.13).

Згідно з розрахунками періоди теплої та холодної пори року (а і b) в місті відповідно становлять 7 місяців та 2 місяці, тому:

$$G_{\text{сум}} = M_{\text{сум}} \cdot \left(\frac{a \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600}{12} + \frac{b \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600}{12 \cdot 1,3} \right) \cdot 10^{-6} = 712,21 \cdot \left(\frac{7 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600}{12} + \frac{2 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600}{12 \cdot 1,3} \right) \cdot 10^{-6} = 15981,3 \text{ т/рік.}$$

З цієї кількості на кожну речовину припадає (2.12):

$$G_{\text{метан}} = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.метан}} \cdot G_{\text{сум}} = 0,01 \cdot 52,91 \cdot 15981,3 = 8455,71 \text{ т/рік};$$

$$G_{\text{толуол}} = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.толуол}} \cdot G_{\text{сум}} = 0,01 \cdot 0,723 \cdot 15981,3 = 115,54 \text{ т/рік};$$

$$G_{\text{аміак}} = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.аміак}} \cdot G_{\text{сум}} = 0,01 \cdot 0,533 \cdot 15981,3 = 85,18 \text{ т/рік};$$

$$G_{\text{ксилол}} = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.ксилол}} \cdot G_{\text{сум}} = 0,01 \cdot 0,443 \cdot 15981,3 = 70,8 \text{ т/рік};$$

$$G_{\text{вугл.окс.}} = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.вугл.окс.}} \cdot G_{\text{сум}} = 0,01 \cdot 0,252 \cdot 15981,3 = 40,27 \text{ т/рік};$$

$$G_{\text{азоту діокс.}} = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.азоту діокс.}} \cdot G_{\text{сум}} = 0,01 \cdot 0,111 \cdot 15981,3 = 17,74 \text{ т/рік};$$

$$G_{\text{формальд.}} = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.формальд.}} \cdot G_{\text{сум}} = 0,01 \cdot 0,096 \cdot 15981,3 = 15,3 \text{ т/рік};$$

$$G_{\text{етилбенз.}} = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.етилбенз.}} \cdot G_{\text{сум}} = 0,01 \cdot 0,095 \cdot 15981,3 = 15,2 \text{ т/рік};$$

$$G_{\text{ангідр.сірч}} = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.ангідр.сірч}} \cdot G_{\text{сум}} = 0,01 \cdot 0,07 \cdot 15981,3 = 11,19 \text{ т/рік};$$

$$G_{\text{сірковод.}} = 0,01 \cdot C_{\text{ваг.сірковод.}} \cdot G_{\text{сум}} = 0,01 \cdot 0,026 \cdot 15981,3 = 4,16 \text{ т/рік.}$$

На основі результатів обчислень створюємо порівняльну таблицю 3.1, де значення 1 – виділення біогазу з відходів полігону, значення 2 – виділення біогазу з суспільно захоронених відходів полігону та відходів виробництва соку.

Таблиця 3.1 – Результати розрахунків

Показник	Значення 1	Значення 2
Кількість активних стабільно генеруючих біогаз відходів ΣD , т	1394001	1604001
Сумарний максимальний разовий викид біогазу полігону $M_{\text{сум}}$, г/с	618,97	712,21
Валовий викид біогазу полігону $G_{\text{сум}}$, т/рік	13889,12	15981,3
у т.ч. валовий викид метану $G_{\text{метан}}$	7348,73	8455,71
толуолу $G_{\text{толуол}}$	100,42	115,54
аміаку $G_{\text{аміак}}$	74,03	85,18
ксилолу $G_{\text{ксилол}}$	61,53	70,8
оксиду вуглецю $G_{\text{оксид вуглецю}}$	35	40,27
діоксиду азоту $G_{\text{діоксид азоту}}$	15,42	17,74
формальдегіду $G_{\text{формальдегід}}$	13,33	15,3
етилбензолу $G_{\text{етилбензол}}$	13,19	15,2
сірчистого ангідриду $G_{\text{сірч.ангідрид}}$	9,72	11,19
сірководню $G_{\text{сірководень}}$	3,61	4,16

Висновок. В результаті сумісного складування відходів полігону ТПВ та відходів виробництва плодово-овочевої продукції кількість валового викиду біогазу зросла в 1,15 разів. Кількість альтернативної енергії з такого викиду близько 64 млн кВт·год. Це показує, що сумісна переробка таких відходів може покращити екологічне становище, зменшуючи вплив на навколишнє середовище, та, окрім цього, забезпечити «зеленою енергією» весь регіон, нічим не поступаючись іншим альтернативним джерелам енергії.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В процесі трудової діяльності працівник піддається впливу шкідливих факторів, які можуть прямо чи опосередковано вплинути на його здоров'я, безпеку та комфорт.

Охорона праці – це розроблений правовий регламент, який регулює діяльність того чи іншого підприємства щодо безпеки виробництва та збереження життя та здоров'я персоналу. Основою для регулювання норм та правил безпеки праці в Україні є Конституція.

4.1 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів

У процесі роботи на людину впливає ряд факторів, які можуть негативно позначитися на її здоров'ї та призвести до хронічних захворювань.

Основними небезпечними виробничими факторами при виконанні робіт на полігоні можуть бути:

- знижена та підвищена температура повітря в виробничих приміщеннях та на відкритих майданчиках;
- рухомі рухливі частини машин і механізмів, виробничого обладнання;
- підвищена запиленість повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму і вібрації на робочому місці;
- підвищена або знижена вологість повітря;
- недостатня освітленість робочої зони;
- фізичні перевантаження;
- падаючі предмети і інструменти;
- утворення вибухо-, пожежонебезпечних сумішей газів від відходів;
- небезпечний рівень напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може відбутися через працівника;
- патогенні мікроорганізми при контакті з відходами (бактерії, віруси, найпростіші) [32].

4.2 Пожежна безпека

Керівництвом полігону повинна бути затверджена посадова інструкція про заходи пожежної безпеки, в якій встановлюється порядок та спосіб забезпечення пожежної безпеки, обов'язки і дії працівників у разі виникнення пожежі, включаючи порядок оповіщення людей та повідомлення про неї пожежної охорони, евакуації людей, тварин і матеріальних цінностей, застосування засобів пожежогасіння та взаємодії з підрозділами пожежної охорони.

Керівник полігону повинен розподілити обов'язки серед посадових осіб (у тому числі заступників керівника) щодо забезпечення пожежної безпеки, призначити відповідальних за пожежну безпеку окремих будівель, споруд, приміщень, ділянок тощо, технологічного та інженерного устаткування, а також за утримання і експлуатацію технічних засобів протипожежного захисту.

Для розміщення первинних засобів пожежогасіння на території полігону побутових відходів (у господарській зоні) встановлюються спеціальні пожежні щити (стенди), згідно з вимогами Правил пожежної безпеки в Україні, з розрахунку один щит (стенд) на 5000 м² площі.

Особи, яких приймають на роботу, пов'язану з підвищеною пожежною небезпекою, повинні попередньо (до початку самостійного виконання роботи) пройти спеціальне навчання (пожежно-технічний мінімум). Працівники, зайняті на роботах з підвищеною пожежною небезпекою, один раз на рік мають проходити перевірку знань відповідних нормативно-правових актів.

Забороняється допуск до роботи осіб, які не пройшли навчання, протипожежного інструктажу і перевірки знань з питань пожежної безпеки.

Використання пожежного обладнання, інструментів, інвентарю для господарських, виробничих та інших потреб, не пов'язаних з гасінням пожежі або навчанням протипожежних формувань, забороняється.

Кожний транспортний засіб, який працює на полігоні побутових відходів, має бути оснащений згідно з Правилами пожежної безпеки в Україні.

У приміщеннях під навісами та на відкритих майданчиках, де зберігається автотракторна техніка полігона побутових відходів, а також безпосередньо на робочих картах складування відходів забороняється заправляти техніку паливом, заряджати акумулятори безпосередньо на машинах, залишати транспортні засоби з увімкненим запаленням.

Унаслідок біохімічних процесів у тілі полігона побутових відходів утворюється біогаз. Щоб запобігти його вибуху і пожежам створюється система вилучення та знешкодження біогазу.

Свердловини облаштовуються металевими або полімерними трубами діаметром 200 мм і більше з перфорацією у заглибленій частині до 2,5-3 м.

У міру зростання шару відходів трубу слід нарощувати таким чином, щоб висота над поверхнею становила не менше 1,5 м.

Частина труби, що виступає над поверхнею, має бути пофарбована в яскравий оранжевий колір, щоб запобігти її руйнуванню транспортними засобами.

Якщо полігон побутових відходів має куполоподібну форму, дренажні свердловини для витікання біогазу можуть бути горизонтальними.

Заборонено палити і розпалювати вогнища на території полігона побутових відходів [33].

4.3 Засоби індивідуального захисту та виробнича санітарія

На робочих місцях, де технологічний процес, обладнання, сировина та матеріали, які використовуються, є потенційними джерелами шкідливих і небезпечних виробничих факторів, що можуть несприятливо вплинути на стан здоров'я працюючих, а також на їхніх нащадків як тепер, так і в майбутньому, повинна бути проведена атестація робочих місць.

Робота на полігоні побутових відходів уночі дозволяється виключно за наказом керівництва полігона.

Персонал полігонів побутових відходів повинен проходити відповідні інструктажі, навчання (підвищення кваліфікації), перевірку знань з питань охорони праці відповідно до Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці.

Кожний нещасний випадок, а також будь-які порушення вимог нормативно-правових актів з охорони праці, що призводять до нещасних випадків або аварій, підлягають розслідуванню, виявленню причини і винуватців їх виникнення та вжиттю заходів щодо запобігання повторенню подібних випадків.

Працівникам полігону побутових відходів, зайнятим на роботах із шкідливими і небезпечними умовами або роботах, пов'язаних із забрудненням або несприятливими метеорологічними умовами, керівництво полігона побутових відходів повинно видати спеціальний одяг та спеціальне взуття на літній та зимовий час (бавовняний халат, волого-непроникний плащ, рукавиці, полотняний костюм, гумові чи брезентові чоботи) та інші засоби індивідуального захисту (респіратори, протигази та картриджі до них, гумові напальчники), а також миючі та знешкоджувальні засоби.

Виконувати роботи без засобів індивідуального захисту заборонено.

Спецодяг персоналу, що працює на полігоні, підлягає обов'язковій щоденній детоксикації (обробці спеціальними засобами) в спеціалізованій кімнаті. Окрім цього, за визначеним в колективному договорі терміном та розпорядком, одяг підлягає пранню. Якщо прання неможливо організувати на території полігону, то працівникам повинні видаватись миючі засоби за встановленими в договорі нормами.

Для персоналу передбачується доступ до санітарно-побутових приміщень: туалетів, душових, гардеробних з шафами на 2 відділення для зберігання власного одягу та роби, кімнати для сушіння робочого одягу, їдальні або кімнати для прийому їжі та кімнати відпочинку. Окрім цього керівництво полігону повинно забезпечити співробітників якісною водопровідною водою.

Персонал повинен суворо дотримуватися техніки безпеки та особистої гігієни, відпочивати, палити та приймати їжу тільки в спеціально відведених місцях, митися в душі та проходити обробку після закінчення робочого дня [33, 34].

4.4 Вимоги безпеки при виконанні робіт

В процесі роботи працівник повинен виконувати тільки той вид роботи, з якого пройшов навчання з охорони праці. Заборонено передавати керування та обслуговування обладнання ненавченим працівникам, залишати обладнання без нагляду.

При експлуатації конвеєра:

- не допускається завантаження понад розрахункових норм для умов експлуатації, встановлених в технічних умовах;

- на трасах конвеєрів з пересувними завантажувальними і розвантажувальними пристроями повинні бути встановлені кінцеві вимикачі і упори, що обмежують хід завантажувально-розвантажувальних пристроїв;

- рухомі частини стрічкового транспортера повинні бути огорожені в зонах постійних робочих місць, пов'язаних з технологічним процесом або по всій трасі конвеєра, якщо має місце вільний доступ осіб, не пов'язаних з обслуговуванням конвеєра;

- на робочих місцях повинні бути розташовані таблички, що пояснюють значення застосовуваних засобів сигналізації та порядок управління конвеєром;

- в разі транспортування пилоподібних вантажів, необхідно включити пило-прибивні системи в місцях виділення пилу, відводи до місцевої витяжної вентиляції.

При експлуатації обладнання забороняється:

- включати обладнання, якщо відсутні, або надійно не закріплені захисні огороження;

- працювати на обладнанні при виході з ладу блокуючих і сигнальних пристроїв;

- при включеному обладнанні звільняти застряглі відходи або підштовхувати відходи руками, розбирати затор відходів при включеному двигуні обладнання, торкатися до будь-яких рухомих елементів обладнання;

- виконувати роботи на незаземленому обладнанні, ремонтувати обладнання, виправляти електрообладнання та електромережі персоналу, який не має допуску та дозволу на даний вид роботи, працювати близько негороджених струмоведучих частин, торкатися до будь-яких електропроводів, арматури загального освітлення, відчиняти дверцята електрощитових, електрошаф, огорожі рубильників, щитів і пультів управління;

- забороняється застосовувати для миття рук мастильно-змивочні речовини;

- забороняється залишати без нагляду допоміжне обладнання, інструмент та колючо-ріжучі предмети (ножі, ножиці, шило та ін.).

Приймання відходів здійснюється вдвох, при цьому один працівник повинен перебувати в кузові, а один працівник на землі. Заборонено знаходитися на стінках кузова транспорту під час приймання відходів. Зона приймання повинна бути постійно звільнена для проїзду спецтранспорту (пожежні автомобілі).

При розрізуванні кип відходів і макулатури розрізати шпагати, мотузки та інше слід спеціальним ножом або ножицями.

При перервах і закінченні роботи необхідно вкладати колючо-ріжучі предмети в пенал, або залишати в спеціально відведеному місці.

При виконанні робіт за допомогою колючо-ріжучих предметів необхідно: не працювати з ножом в напрямку до свого тіла; використовувати тільки справні ножі та інструменти; не залишати ніж в положенні ріжучої кромкою вгору; не використовувати ножі не за призначенням.

У разі розливу, розсипу відходів з тар, необхідно вжити відповідні заходи, ходити по розлитим чи розсипаним відходам забороняється.

При виявленні місць розливу або розсипу небезпечних відходів слід зібрати відхід дерев'яною лопатою, а в разі, якщо речовина рідка, засипати піском, а потім зібрати і утилізувати в місце зберігання. Місце розливу необхідно ретельно промити водою [32].

4.5 Вимоги безпеки розвантажувальних робіт

На в'їзді до полігону ТПВ має бути встановлений щит з інформацією: назва полігона побутових відходів; рік введення полігона в експлуатацію; найменування суб'єкта господарювання, що здійснює експлуатацію полігона побутових відходів; режим роботи полігона; види відходів, що приймаються на полігон; тарифи на надання послуг із захоронення побутових відходів; найменування структури, що забезпечує охорону полігона побутових відходів.

На кожному полігоні побутових відходів має бути контрольно-пропускний пункт (КПП) і повинні бути встановлені автомобільні ваги для обліку кількості усіх видів відходів, що надходять на полігон побутових відходів.

Дорожні знаки при в'їзді та на території полігону встановлюються відповідно до Правил дорожнього руху.

Керівництво полігона забезпечує приймальника КПП: переліком промислових відходів і речовин, заборонених для захоронення на полігоні побутових відходів; переліком підприємств, з якими оформлені договори на надання послуг із захоронення побутових відходів; інформацією про місткість кузовів та коефіцієнт ущільнення транспортних засобів, в яких підприємства перевозять побутові відходи, зазначені у договорі.

Приймальник на КПП контролює прибуття транспортного засобу з відходами і приймає їх за дорожнім листом, товарно-транспортною накладною.

На КПП повинна бути встановлена вишка для візуального контролю виду відходів, що завозяться бортовими і самоскидними транспортними засобами.

Для радіометричного контролю всіх відходів КПП повинен бути оснащений спеціальними приладами.

У разі виявлення у відходах компонентів, заборонених для захоронення, приймальник або планувальник зобов'язаний відправити транспортний засіб, не розвантажуючи його, і зробити відповідний запис у дорожньому листі.

В'їзд і проїзд машин по території полігону здійснюються за встановленими на даний період маршрутами.

Розвантаження сміттєвозів, складування ізолюючого матеріалу (грунт, шлак, будівельні відходи), роботу бульдозера по розрівнюванню і ущільненню ТПВ або пристрою ізолюючого шару на полігонах виробляють тільки на картах, відведених на дані добу. У зоні роботи бульдозера забороняються присутність людей і виробництво будь-яких інших робіт.

Присутність сторонніх на території полігону забороняється.

При розміщенні сміттєвозів на розвантажувальній майданчику один за одним відстань між транспортними засобами (вглибині) має бути не менше 1 м.

Пристрій розвантажувальних майданчиків на ущільнених бульдозером ТПВ без ізолюючого шару не допускається.

Якщо сміттєвози встановлюються для розвантаження поблизу зовнішнього укусу, то відстань від цього укусу до сміттєвозів має бути не менше 10 м.

Освітленість розвантажувальних майданчиків в темну пору доби повинна забезпечувати нормальні умови виробництва робіт.

Щоб уникнути займання ТПВ від вихлопних газів на вихлопну трубу бульдозера слід надягати іскрогасник. Окрім цього він повинен бути укомплектований вогнегасником.

Забороняється допускати до технічного обслуговування і усунення несправностей бульдозера сторонніх осіб.

Категорично забороняється до глушіння двигуна знаходитися в просторі між трактором і рамою бульдозера, між трактором і відвалом або під трактором.

Піднімати важкі частини бульдозера необхідно тільки справними домкратами і таями. Застосовувати ваги та інші засоби, що не забезпечують належної стійкості, забороняється.

Регулювати механізми бульдозера повинні двоє людей, з яких один знаходиться у регульованого механізму, а інший - на важелях управління. Особлива увага повинна бути приділена безпеці в моменти включення муфти зчеплення і рукояток управління.

Кабіни, важелі управління повинні бути чистими і сухими. Забороняється захаращувати кабінку сторонніми предметами.

При роботі в нічний час бульдозери повинні бути обладнані лобовим і загальним освітленням, що забезпечує достатню видимість шляху, по якому рухається машина, фронту робіт і прилеглих до нього ділянок; освітленням робочих органів і механізмів управління; заднім сигнальним світлом [33, 35].

4.6 Медичне обслуговування

Керівництво полігона побутових відходів зобов'язане забезпечити фінансування та проведення попереднього і періодичного обов'язкових медичних оглядів працівників та обов'язкових щеплень відповідно до наказу Міністерства охорони здоров'я України "Про затвердження Порядку проведення медичних оглядів працівників певних категорій".

Для надання першої допомоги при травмах та нещасних випадках на кожній експлуатаційній ділянці полігона побутових відходів повинна бути аптечка із запасом медикаментів та перев'язочних матеріалів.

Для роботи на полігоні побутових відходів допускаються чоловіки і жінки віком від 18 років, які пройшли медичний огляд і не мають протипоказань за станом здоров'я, пройшли інструктаж з надання першої медичної допомоги у разі виникнення аварії.

Працівник, який бере участь в переробці, сортуванні небезпечних відходів, зобов'язаний знати методи надання першої допомоги потерпілим від нещасних випадків на виробництві.

У всіх випадках найголовніше надати потерпілому спокій і якомога швидше звернутися за медичною допомогою.

При потрапленні шкідливих речовин через дихальні шляхи необхідно видалити потерпілого із зони зараження на свіже повітря, укласти в теплому місці, розстебнути одяг.

При потрапленні шкідливих речовин на шкіру – зняти заражений одяг, ретельно обмити забруднені ділянки шкіри великою кількістю води. При попаданні в очі ретельно промити струменем проточної води.

При потрапленні шкідливих речовин в шлунково-кишковий тракт дати випити кілька склянок теплої води або двовідсотковий розчин харчової соди.

При ураженні електричним струмом необхідно звільнити потерпілого від дії струму шляхом негайного відключення електроустановки рубильником або вимикачем. Якщо відключити електроустановку одразу не можна, необхідно потерпілого звільнити за допомогою діелектричних рукавичок або сухого дерев'яного предмета, при цьому необхідно стежити, щоб самому не опинитися під напругою. Після звільнення потерпілого від дії струму необхідно оцінити його стан, викликати швидку медичну допомогу і до прибуття лікаря надавати першу допомогу [32, 33].

5 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАПРОПОНОВАНИХ РІШЕНЬ

Метою економічного розділу дипломної роботи є визначення економічних показників, які очікуються від впровадження на полігоні сумісного захоронення твердих побутових відходів з відходами виробництва плодово-овочевої продукції з подальшим утворенням біогазу.

5.1 Розрахунок капітальних витрат

Капітальні витрати на впровадження системи збору та утилізації біогазу складаються з будівництва та монтажу газопроводів, колекторів, скважин, утилізаторів, підготовчих робіт на полігоні для створення системи збору біогазу та установок для розщеплення його на складові з метою подальшого використання.

Капітальні витрати на запропоноване устаткування (балансова вартість) розраховуються за формулою:

$$K = C_{уст.} + Z_{м.}, \quad (5.1)$$

де $C_{уст.}$ – ціна запропонованої установки з утилізації відходів, тис. грн;

$Z_{м.}$ – витрати на монтаж, тис. грн.

Вартість біогазової установки в повній комплектації (газгольдер, котел, автоматизоване обладнання, контейнери) разом з встановленням всіх елементів – 2760 тис. грн. Необхідна кількість установок для полігону – 3 шт. Вартість монтажних робіт складає приблизно 15 % від загальної вартості обладнання, тобто [36]:

$$Z_{м} = 0,15 \cdot 2760 \cdot 3 = 1242 \text{ тис. грн.}$$

Звідси:

$$K = 8280 + 1242 = 9522 \text{ тис. грн.}$$

5.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

1) Для обслуговування біогазової установки необхідно розрахувати наступні експлуатаційні витрати:

Витрати на оплату праці:

$$Z_{o.p.} = 12 \cdot K_{o.p.} \cdot C_{z.p.}, \quad (5.2)$$

де $K_{o.p.}$ – кількість обслуговуючого персоналу, чол.;

$C_{z.p.}$ – ставка заробітної плати, тис. грн/міс.

Для обслуговування установки достатньо однієї людини на зміну, прийемо графік роботи два через два, отже кількість обслуговуючого персоналу – 6 чоловік.

Ставка заробітної плати для оператора біогазової установки складає 29000 грн в місяць.

$$Z_{o.p.} = 12 \cdot 6 \cdot 29 = 2088 \text{ тис. грн/рік.}$$

2) Нарахування на заробітну плату з 24.12.2015 р. (розмір єдиного соціального внеску) становить 22 % (згідно ст.8 Закону України «Про збір та облік єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування» № 2464-VI від 08.07.2010 р. Розрахунок нарахувань на заробітну плату для персоналу, що обслуговує біогазову установку наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Розрахунок нарахувань на оплату праці

Назва	Значення
Виплати на оплату праці, тис. грн/рік	2088
Ставка нарахувань на заробітну плату, %	22
Сума соціального внеску, тис. грн/рік.	501,12

3) Амортизаційні нарахування визначаються в залежності від обладнання, що використовується при збиранні та використанні біогазу, результати розрахунків наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Амортизаційні нарахування на біогазову установку

Обладнання	Ціна, тис. грн	Ставка амортизаційних нарахувань, %	Річні амортизаційні нарахування, тис. грн
Біогазова установка	8280	24	1987,2

Так як біогазова установка сама забезпечує себе електричною та тепловою енергією, маємо суму всіх витрат на експлуатацію:

$$Z_{\text{екпл.}} = Z_{\text{о.п.}} + Z_{\text{н.}} + Z_{\text{а.}} \quad (5.3)$$

$$Z_{\text{екпл.}} = 2088 + 501,12 + 1987,2 = 476,32 \text{ тис. грн/рік.}$$

5.3 Розрахунок економічного ефекту від впровадження установки

Економічний ефект від впровадження біогазової установки на полігоні ТПВ виникне, якщо перероблений та очищений від домішок звалищний газ продавати як джерело «зеленої енергії».

Можливий прибуток від продажу метану:

$$V_{\text{м}} = Q_{\text{м}} \cdot C_{\text{м}}, \quad (5.4)$$

де $Q_{\text{м}}$ – кількість метану, отриманого шляхом переробки звалищного газу,

$$Q_{\text{м}} = 12870182,6 \text{ м}^3/\text{рік};$$

$C_{\text{м}}$ – ціна 1 м³ метану, середня ціна для населення приблизно 1,3 грн/м³.

$$V_{\text{м}} = 12870182,6 \cdot 1,3 = 16731,3 \text{ тис. грн/рік.}$$

Можливий прибуток від продажу метану:

$$V_{\text{д.у.}} = Q_{\text{д.у.}} \cdot C_{\text{д.у.}}, \quad (5.5)$$

де $Q_{\text{д.у.}}$ – кількість діоксиду вуглецю, отриманого шляхом переробки звалищного газу, $Q_{\text{д.у.}} = 20369,2 \text{ м}^3/\text{рік};$

$C_{\text{д.у.}}$ – ціна 1 м³ діоксиду вуглецю, середня ціна приблизно 2 грн/м³.

$$V_{\text{д.у.}} = 20369,2 \cdot 2 = 40,7 \text{ тис. грн/рік.}$$

Економічний ефект від роботи біогазової установки складає:

$$E = V_{\text{м}} + V_{\text{д.у.}} - Z_{\text{екпл.}} \quad (5.6)$$

$$E = 16731,3 + 40,7 - 476,32 = 12195,68 \text{ тис. грн/рік.}$$

Тобто, запропонована технологія переробки твердих побутових відходів разом з відходами виробництва соків за допомогою біогазової установки є економічно вигідною, адже прибуток складає 12,2 млн грн/рік.

5.4 Розрахунок терміну окупності

Термін окупності пропонованого обладнання складає:

$$T = \frac{K}{E}, \quad (5.7)$$

де K – капітальні витрати, тис. грн.

E – економічний ефект, грн/рік.

$$T = \frac{9522}{12195,68} = 0,78 \text{ роки.}$$

Зведені техніко-економічні показники впровадження біогазової установки на полігоні ТПВ «Правобережний» наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Зведені техніко-економічні показники впровадження установки

Показник	Значення
1. Балансова вартість установки, тис. грн.	9522
2. Експлуатаційні витрати, тис. грн./рік:	476,32
-витрати на оплату праці;	2088
-нарахування на заробітну плату;	501,12
-амортизаційні відрахування.	1987,2
3. Ефект від впровадження апарату, млн. грн/рік	12,2
4. Термін окупності, років	0,78

Висновок. При використанні біогазової установки досягається суттєвий економічний та екологічний ефекти. Використовуючи такий вид утилізації відходів можна отримати чистий прибуток в 12,2 млн. грн/рік за 9,4 місяці роботи біогазової установки, при цьому зменшуючи вплив на парниковий ефект згідно з вимогою Кіотського протоколу.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі наведена та вирішена актуальна науково-практична задача, що полягає в сумісному захороненні відходів плодово-овочевого виробництва з твердими побутовими відходами на полігоні з метою зменшення викидів звалищного газу в атмосферу та зниження його впливу на парниковий ефект, шляхом збирання та використання біогазу для населення.

На основі результатів проведеної роботи зроблені наступні висновки:

1. Дано оцінку впливу на навколишнє середовище від захоронення твердих побутових відходів на полігонах. Наведено вплив на збільшення парникового ефекту та температури середовища, руйнування озонового шару планети, погіршення здоров'я населення в результаті перерахованих чинників.

2. Проведено аналіз альтернативного використання відходів шляхом гідролізу органічної речовини, компостування, силосування та ін. Запропоновано використання біогазової установки на території полігону ТПВ з метою знешкодження відходів, перетворення їх в добрива та джерело енергії для потреб полігону та використанні в якості «зеленої енергії».

3. Розраховано енергетичний потенціал альтернативної енергії за рік, яку можна отримати шляхом використання відходів полігону в даній установці окремо (55,6 млн кВт·год) та разом (64 млн кВт·год) з відходами виробництва соку в м. Дніпро.

4. Проаналізовано небезпечні та шкідливі виробничі фактори при роботі на полігоні ТПВ, поводження з великогабаритною технікою, використання засобів індивідуального захисту для працівників та рекомендовано заходи з мінімізації шкідливого впливу на персонал.

5. Розраховано основні еколого-економічні витрати на використання пропонованого рішення. Розраховано витрати на обладнання (9,5 млн. грн), оплату праці (2,1 млн. грн) та амортизацію окремих частин установки (близько 2 млн. грн), а також визначено прибуток в 12,2 млн. грн та термін окупності біогазової установки за період 9,4 місяці.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ручай Н.С., Маркевич Р.М. Экологическая биотехнология : учеб. пособие для студентов специальности «Биоэкология». Минск: БГТУ, 2006. 207-228 с.
2. Державна служба статистики України: «Довкілля України». URL: http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/publnav_ser_u.htm. Загол. з екрана.
3. Органічний ринок в Україні – аналітика. URL: <https://agropolit.com/spetsproekty/415-organichniy-rinok-v-ukrayini--analitika>. Загол. з екрана.
4. Бондарь С.Н., Чабанова О.Б., Недобийчук Т.В. Исследование процесса получения биогаза из отходов плодоконсервного производства. Кременчуг: КНУ им. Михаила Остроградского, 2008. 68 с.
5. Гидролизное производство. URL: <https://sites.google.com/site/gidroliz1234/nahozdenie-v-prirode>. Загол. з екрана.
6. Болтовский, В. С. Гидролитическая переработка полисахаридных компонентов растительной биомассы: проблемы и перспективы. 2014. № 1. С. 118-123.
7. Шаповалов, Є. Б., Салюк А.І. Твердофазна ферментація: переваги та недоліки. І-й міжнародний науково-практичний семінар "Розвиток біоенергетичного потенціалу в сільському господарстві". Київ. 2017. С. 69–70.
8. Біохімічні методи утилізації відходів. URL: https://elearning.sumdu.edu.ua/free_content/lectured:22b4e4e480db2da1201f4c9f07b576192496c7d2/latest/260072/index.html. Загол. з екрана.
9. Горова А.І., Лисицька А.І., Павличенко А.В., Скворцова Т.В. Біотехнології в екології: навч. посібник. Дніпро: Національний гірничий університет, 2012. 139-140 с.
10. Герасименко В.Г., Герасименко М.О., Цвіліховський М.І. Біотехнологія. Київ: «ІНКООС», 2006. 535-560 с.
11. Инвестиции в сферу обращения с отходами в Днепропетровской области. URL: <https://www.cci.zp.ua/images/perspect.pdf>. Заголовок з екрана.

12. Проектирование полигона твердых бытовых отходов. URL: https://studwood.ru/1147666/ekologiya/proektirovanie_poligona_tverdyh_bytovyh_othodov. Загол. з екрана.

13. Олениченко Ю.А. Проблеми надзвичайних ситуацій: зб. наук. пр. НУЦЗ України 2012. № 15. С. 104-117.

14. Проектирование полигонов твердых бытовых отходов. URL: https://dnaop.com/html/32519/doc-%D0%94%D0%91%D0%9D_%D0%92.2.4-2-2005. Загол. з екрана.

15. Тихомирова Т.С., Горбунова О.В. Изучение процессов дегазации отходов на полигонах и стихийных свалках: методические указ. к лабораторным работам для студентов экологических и химических специальностей всех форм обучения. Харьков: Харьк. Политехн. Ин-т, 2016. 3-7 с.

16. Компостирование твердых бытовых отходов. URL: <http://refleader.ru/jgeyfspolpolpol.html>. Загол. з екрана.

17. Бирюков А.Б., Гнитиёв П.А., Дробышевская И.П. Анализ технологии производства биогаза из органических отходов для замены природного газа. 2017. №1(7). С. 25-31.

18. Азаров С.І., Сидоренко В.Л., Демків А.М. Розрахунок викидів метану в атмосферу для оцінки пожежо-небезпечності полігонів твердих побутових відходів. Науковий збірник Інституту державного управління у сфері цивільного захисту, 2016. №4 (134). С. 5-11.

19. Борисовська О.О., Грунтова В.Ю. Технології утилізації відходів та рециклінг: методичні рек. до виконання практичних робіт для студентів спеціальностей 101 «Екологія» та 183 «Технології захисту навколишнього середовища». Дніпро: Нац. Гірничий ун-т, 2019. 52 с.

20. В Днепре закроют два комплекса правобережный. URL: https://34.ua/v-dnepre-zakroyut-dvakompleksapoligona-pravoberezhnyj_n83857. Загол. з екрана.

21. Наймолодше міське сміттєзвалище розташоване в місті Дніпрі. URL: <http://khp.org/index.php?id=1554903796>. Загол. з екрана.
22. Полигон ТБО: расчеты. URL: <https://ecopromcentr.ru/poligon-tbo-raschjot/>. Загол. з екрана.
23. Методика по расчету выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от полигонов твердых бытовых отходов. URL: <http://eco.com.ua/content/metodika-po-raschetu-vybrosov-zagryaznyayushchih-veshchestv-v-atmosferu-ot-poligonov-tverdyh> Загол. з екрана.
24. Климатические показатели. URL: <https://gorod.dp.ua/pogoda/?pageid=46>. Загол. з екрана.
25. Аналіз стану та визначення тенденцій соціально-економічного розвитку Дніпропетровської області та її адміністративно-територіальних одиниць за 2014 – 2018 роки. URL: https://adm.dp.gov.ua/storage/app/media/uploaded-files/analizStanuTaviznachennjaTendenciyu_2019.pdf. Загол. з екрана.
26. Аналіз ринку плодово-ягідних соків в Україні. URL: https://vuzlit.ru/262140/analiz_rinku_plodovo-yagidnih_sokiv_v_ukrayini. Загол. з екрана.
27. Скрипников Ю.Г. Хранение и переработка овощей, плодов и ягод (Учебники и учеб. пособия для подгот. кадров массовых профессий). Москва: Агропромиздат, 1986. 160 с.
28. Використання відходів плодів та овочів при переробці. URL: <http://jak.bono.odessa.ua/articles/vikoristannja-vidhodiv-plodiv-i-ovochiv-pri.ph>. Загол. з екрана.
29. Предложения по строительству полигона ТБО и рекультивации несанкционированных свалок. URL: <https://textarchive.ru/c-1554787-p17.html>. Загол. з екрана.
30. Энергетический потенциал свалочного газа на полигонах ТБО. URL: <http://www.belfes.ru/Bibloi/TKO/Vladivostok.pdf>. Загол. з екрана.

31. Отходы консервной промышленности. URL: <https://studfile.net/preview/8107650/page:3/>. Загол. з экрана.
32. Инструкция по охране труда для сортировщика твердых бытовых отходов. URL: <https://xn7cdbxfuat6afkbmmhefunjo4bs9u.xnp1ai/%D0%B4%D0%BB%D1%8F%D1%81%D0%BE%D1%80%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D1%89%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B1%D0%BE.html>. Загол. з экрана.
33. Про затвердження Правил експлуатації полігонів побутових відходів. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1307-10#Text>. Загол. з экрана.
34. Санитарные правила проектирования, строительства, эксплуатации полигонов захоронения не утилизируемых промышленных отходов. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data1/10/10250/index.htm>. Загол. з экрана.
35. Основные требования охраны труда на полигонах ТБО. URL: https://studbooks.net/2480311/meditsina/osnovnye_trebovaniya_ohrany_truda_poligonah. Загол. з экрана.
36. Биогазовая установка. URL: <https://prom.ua/p1039785342-biogazovaya-ustanovka-mobilnaya.html>. Загол. з экрана.