

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ  
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра прикладної екології та охорони праці

(повна назва кафедри)

**Кваліфікаційна робота/проект**

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

на тему «Розробка заходів із забезпеченням ефективної та екологічно  
безпечної експлуатації полігону твердих побутових відходів»

Виконав: студент (ка) 4 курсу, групи 6.1839-с

Спеціальності 183 «Технології захисту  
навколишнього середовища»

(назва)

Освітньої програми «Технології захисту  
навколишнього середовища»

(назва)

спеціалізації \_\_\_\_\_

(код і назва спеціалізації)

Шуст Я.І.

(ініціали та прізвище)

Керівник доцент, к.т.н. Манідіна Є.А.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент доц., к.т.н. Румянцев В.Р.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя

2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
 ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
 ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ  
 ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра прикладної екології та охорони праці

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

(перший (бакалаврський) рівень, другий (магістерський) рівень)

Спеціальність 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

(шифр)

Освітня програма «Технології захисту навколишнього середовища»

(назва)

Спеціалізація \_\_\_\_\_

(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
 Завідувач кафедри  
 Г.Б. Кожемякін

«13» 06 2022 року

### ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ/ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Шуст Яна Ігорівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) «Розробка заходів із забезпеченням ефективної та екологічно безпечної експлуатації полігону твердих побутових відходів»

керівник роботи Манідіна Євгенія Анатоліївна, канд. техн.наук, доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «17» 01 2022 року № 90-с

2. Строк подання студентом 13.06.2022

3. Вихідні дані до роботи склад міських ТПВ, якісний і кількісний склад викидів в атмосферне повітря з полігонів ТПВ, якісний та кількісний склад біогазу

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) вступ, загальна частина, спеціальна частина, охорона праці та техногенна безпека, висновки, список використаних джерел

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
 15 слайдів: титульний лист, структура ТПВ та черчеротки  
 ТПВ в Україні, порівняльські карти показують в серед  
 ки ТПВ, які використовують ТПВ, які використовують  
 порівняльські основні елементи індикаторів ТПВ основні  
 елементи з елементами індикаторів, вплив на його  
 ТПВ на основі основних елементів, елементами та індикаторами  
 ствар. вплив в атмосфері повітря, вплив на  
 ТПВ, вплив надринтованих повітря, ТПВ на доводін  
 ня та морську діяльність процесу утворення  
 біогазу, розрахунок об'єму газу, вплив біогазу  
 з впливом ТПВ порівняльській розріз, вплив на доводін  
 ня та управління артезіанським газозахисним  
 вплив захисту біогазу елементами індикаторів  
 вплив

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	доцент Манідіна Є.А.		
2	доцент Манідіна Є.А.		
3	доцент Манідіна Є.А.		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Збір матеріалу	02.05-08.05.2022	
2	Аналіз зібраного матеріалу	09.05-15.05.2022	
3	Виконання 1 розділу	16.05-22.05.2022	
4	Виконання 2 розділу	23.05-29.05.2022	
5	Виконання 3 розділу	30.05-05.06.2022	
6	Розробка презентації	06.06-12.06.2022	
7	Перевірка роботи консультантами	13.06-19.06.2022	
8	Попередній захист роботи	13.06.2022	
9	Захист роботи у ЕК	24.06.2022	

Студент (підпис)

Шуст Я.І.  
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту)

(підпис)

Манідіна Є.А.  
(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер

(підпис)

Белоконь К.В.  
(ініціали та прізвище)

## Анотація

Шуст Я.І. Кваліфікаційна робота «Розробка заходів із забезпеченням ефективної та екологічно безпечної експлуатації полігону твердих побутових відходів».

Кваліфікаційна робота для здобуття ступеня бакалавра за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища», науковий керівник Є.А. Манідіна. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, кафедра прикладної екології та охорони праці, 2022.

У кваліфікаційній роботі розглянуто характеристику побутових відходів, порівняльну характеристику варіантів знешкодження ТПВ, основні вимоги до полігонів ТПВ, проаналізовано загальний вплив полігонів на навколишнє середовище та окремо на атмосферу, розглянуто заходи та основні технічні рішення із забезпечення нормативного стану оточуючого середовища поблизу полігонів, наведено розрахунок очікуваної кількості біогазу з полігону ТПВ, наведено приклади систем збирання та утилізації біогазу, запропоновано заходи та технічні рішення з забезпечення нормативного стану оточуючого середовища поблизу полігонів ТПВ.

**Ключові слова:** забруднення, тверді побутові відходи, полігони, утилізація, атмосферне повітря, ґрунти, водне середовище, викиди, метан, окис вуглецю, біогаз, системи збирання біогазу.

## Abstract

Shust Yana. Qualification work «Development Of Measures To Ensure Efficient And Environmentally Safe Operation Of The Solid Waste Landfill».

Scientific supervisor is E.A. Manidina of qualifying project for obtaining bachelor's degree on specialty № 183 «Environmental Protection Technologies». Zaporizhzhia National University. Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu.M. Potebni of Zaporizhzhia National University, The Department of Applied Ecology and Labor Protection, 2022.

The qualification paper considers the characteristics of household waste, a comparative description of options for the disposal of solid domestic waste, the basic requirements for landfills for solid household waste, analyzes the overall impact of landfills on the environment and separately on the atmosphere, considers measures and basic technical solutions to ensure the regulatory state of the environment near landfills, the amount of biogas from a solid domestic waste landfill, examples of systems for the collection and utilization of biogas are given, measures and technical solutions are proposed to ensure the standard state of the environment near the landfills.

**Keywords:** pollution, municipal solid waste, landfills, recycling, atmospheric air, soil, aquatic environment, emissions, methane, carbon monoxide, biogas, biogas collection systems.

## ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	9
1.1 Класифікація та склад ТПВ	9
1.3 Порівняльна оцінка альтернативних варіантів знешкодження ТПВ	10
2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	17
2.1 Характеристика та основні вимоги до полігонів ТПВ	17
2.2 Загальний аналіз впливу полігонів на навколишнє середовище	27
2.3 Аналіз впливу полігона ТПВ на атмосферне повітря, довкілля та людину	33
2.4 Розрахунок очікуваної кількості біогазу з полігону ТПВ	41
2.5 Розробка систем збирання та утилізації біогазу полігонів ТПВ	43
2.6 Заходи з забезпечення нормативного стану оточуючого середовища поблизу полігонів ТПВ	49
2.7 Основні технічні рішення, спрямовані на зниження шкідливого впливу полігонів ТПВ	53
2.8 Розрахунок приведеної маси річного викиду забруднень в атмосферу	55
3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА	60
3.1 Основні шкідливі та небезпечні фактори	60
3.2 Заходи зі зниження шкідливих та небезпечних факторів	66
3.3 Засоби індивідуального захисту	70
3.4 Пожежна безпека	71
ВИСНОВКИ	76
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	78

## ВСТУП

**Актуальність роботи.** Проблема утилізації, переробки, знешкодження або використання відходів є однією з самих актуальних проблем сучасності. Зменшення екологічного збитку, що наноситься навколишньому середовищу, а також ступінь утилізації виробничих і побутових відходів, є найважливішим показником рівня технологічного розвитку країни. У зв'язку зі стрімким зростанням споживання усе більш актуальною стає проблема поводження з відходами. З кожним роком кількість твердих побутових відходів (ТПВ) у світі неухильно зростає.

Видалення та знешкодження твердих побутових відходів є одним з найбільш значимих несприятливих екологічних факторів, найважливішим показником санітарного благополуччя населення та суспільної гігієни.

Склад ТПВ в різних країнах принципово не відрізняється, у зв'язку з чим, проблеми їх складування, ліквідації, знешкодження або переробки багато в чому ідентичні. Однак це не означає, що при вирішенні цих проблем можливо використовувати який-небудь універсальний метод керування ТПВ. Навіть у країнах Європи, де встановлені єдині принципи керування відходами, існують розходження в напрямках потоку. Сьогодні серед методів ліквідації відходів перше місце належить полігонам твердих побутових відходів, на які вивозять близько 90-95% відходів.

Ситуація в області утворення, знешкодження, збереження, використання та поховання відходів, що склалася в Україні, веде до небезпечного забруднення навколишнього середовища, нераціонального використання природних ресурсів, значного економічного збитку та являє реальну загрозу здоров'ю сучасного і майбутнього поколінь країни.

В даний час Україна майже «завалена» величезною кількістю ТПВ. Кількість сміття, що накопичується, постійно зростає. Зараз на кожного громадянина України приходиться від 150 до 600 кг ТПВ на рік. У нашій країні проблемі розміщення ТПВ не приділяється належної уваги. 80% усіх

відходів, що утворюються, розміщується на полігонах і смітниках. Серед існуючих 750 полігонів (точніше смітників), багато заповнено на 60-90%, а деякі - переповнені і повинні бути закриті [1]. Переважна більшість полігонів твердих побутових відходів не відповідають умовам санітарних норм.

Існуючі полігони, а точніше смітники ТПВ являють собою значну екологічну небезпеку, що буде діяти ще десятки років. Основна проблема такого методу поводження з ТПВ як розміщення їх на полігонах полягає в тому, що при складуванні багатокомпонентних відходів при визначених сприятливих умовах у тілі полігона протікають непередбачені фізико-хімічні та біохімічні процеси, продуктами яких є численні токсичні хімічні сполуки у твердому, рідкому і газоподібному стані. Дані з'єднання являють собою додаткову екологічну небезпеку.

Незважаючи на значну розмаїтість існуючих методів утилізації ТПВ, у нашій країні в силу ряду причин ще багато років основним напрямком поводження з відходами буде розміщення їх на полігонах. Тому основні розробки повинні бути спрямовані на модернізацію старих і будівництво нових екологічно безпечних об'єктів складування ТПВ. Такі об'єкти повинні забезпечувати максимальний захист навколишнього середовища. У зв'язку з чим дана кваліфікаційна робота присвячена розробці заходів із забезпечення ефективної та екологічно безпечної експлуатації полігону ТПВ.

**Мета кваліфікаційної роботи** – аналіз впливу полігону ТПВ на довкілля та розробка заходів із забезпечення ефективної та екологічно безпечної його експлуатації.

**Об'єкт досліджень** – полігон твердих побутових відходів.

**Структура та обсяг кваліфікаційної роботи.** Кваліфікаційна робота викладена на 80 сторінках і складається зі вступу, 3 розділів, висновків, переліку джерел посилання, який включає посилання на 31 джерело. Робота ілюстрована 17 таблицями та 9 рисунками.



## 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

### 1.1 Класифікація та склад ТПВ

Взагалі відходи – це будь-які речовини, матеріали і предмети, що утворюються у процесі людської діяльності і не мають подальшого використання за місцем утворення чи виявлення та від яких їх власник позбувається, має намір або повинен позбутися шляхом утилізації чи видалення.

В міру росту кількості та розмаїтості відходів, ускладнення відносин, пов'язаних з їх утилізацією, були вироблені різні класифікації та визначення типів відходів. Відходи класифікують як по походженню: побутові, промислові, сільськогосподарські, так і по властивостях. Найвідоміший поділ по властивостях, прийнятий у законодавствах більшості країн - це розподіл на небезпечні (тобто токсичні, їдкі, займисті та інші) і безпечні відходи [2]. Небезпечні відходи – відходи, що мають такі фізичні, хімічні, біологічні чи інші небезпечні властивості, які створюють або можуть створити значну небезпеку для навколишнього природного середовища і здоров'я людини, та які потребують спеціальних методів і засобів поводження з ними.

Багато проблем викликає накопичення твердих побутових відходів. ТПВ – тверді відходи сфер споживання, які утворюються в процесі життєдіяльності людини у житлових будинках, закладах соціально-культурного, громадських, навчальних, лікувальних, торговельних та інших закладах (харчові відходи, макулатура, скло, метали, пластмаси, полімерні матеріали тощо) [3]. Також до ТПВ відносять відходи господарської діяльності населення (готування їжі, великогабаритні предмети домашнього побуту, упакування, збирання і поточний ремонт квартир); комунально-побутового господарства, включаючи відходи опалювальних пристроїв місцевого опалення, кошторисів із двірських територій, відходи відходу за зеленими

насадженнями; торгових підприємств, медичних і освітніх закладів, муніципальних служб та інше. Середній склад міських ТПВ наведено в таблиці 1.1 [1].

Таблиця 1.1 – Середній склад міських ТПВ

Назва відходу	Кількість, %
Папір	35
Харчові відходи	26
Скло	12
Метали	10
Пластмаси	5
Деревина	5
Гума	2
Текстиль	2
Інші матеріали	3

Найчастіше ТПВ збирають та розміщують у спеціально відведених місцях. Спеціально відведені місця – місця або об'єкти (місця розміщення ТПВ, комплекси, споруди, у тому числі – полігони тощо), на використання яких отримано дозвіл спеціально уповноважених органів на видалення ТПВ, чи здійснення інших операцій з ТПВ.

На полігони твердих побутових відходів приймаються відходи з житлових будинків, суспільних споруд і установ, підприємств торгівлі, суспільного харчування, вуличне, садово-паркове та будівельне сміття і деякі види твердих промислових відходів 3-4 класу небезпеки, а також безпечні відходи, клас яких встановлюється експериментальними методами [4].

## **1.2 Порівняльна оцінка альтернативних варіантів знешкодження ТПВ**

Видалення твердих побутових відходів забезпечує санітарне очищення міст і створює необхідні санітарно-екологічні умови існування населеного пункту. Одним з факторів поліпшення умов життя населення і підтримки

високого рівня санітарного підтримання території є всебічне вирішення задачі переробки і знешкодження побутових відходів.

Майже до 1960-х років більшу частину побутових відходів вивозили за межі міста і спалювали на відкритих майданчиках; згодом звалища сміття влаштовували в природних кар'єрах, заболочених низинах, які потім засипали землею і асфальтували, влаштовуючи рекреаційні зони (території для відпочинку людей). Однак при цьому не лише втрачаються цінні компоненти твердих побутових відходів – метали, скло, папір, а й забруднюються повітря, ґрунти, поверхневі і підземні води, створюються епідеміологічно небезпечні зони. Пізніше почали вводити в експлуатацію сміттєспалювальні заводи, які забруднювали повітря через відсутність очищення димових газів.

Сортування відходів (скло, метали, папір, пластмаси) дає змогу отримати після переплавлення корисні продукти і збільшити теплотворну здатність побутових відходів. Перша фабрика для спалювання сміття була збудована в 1870 р. у Лондоні, де з'явилася й електростанція, яка працювала на енергії, що виділяється внаслідок спалювання сміття.

У 1997 р. у німецькому місті Вюрті побудований сміттєспалювальний завод, в якому відбувається практично безвідходний і екологічно чистий процес: нагрівання до 400° С і подальше спалювання при 1300° С, за якого 90% відходів згоряє, а 10% твердий залишок містить кольорові (немагнітні) метали, переважно алюміній, магнітні матеріали (залізо), камені, скло, кераміку, гранульований шлак. Лише 0,3% початкової кількості побутових відходів захоронюють на сміттєвих полігонах. Димові гази зазнають багатоступінчастого очищення і вміст шкідливих речовин у них значно нижчий від європейських норм. Тепло переробляється на електроенергію.

Ще в 1990 р. в Японії спалювали 74% ТПВ, у Данії – 54%. У 1997 р. в Німеччині працювало 57 сміттєспалювальних заводів, у Великій Британії – 23. Останніми десятиліттями частка ТПВ, які спалюють з утилізацією матеріалів і теплоти, неухильно зростає.

Теплоту від спалювання ТПВ можна використовувати для одержання:

- гарячої води чи водяної пари (утилізаційні котельні);
- електроенергії за рахунок роботи водяної пари (утилізаційні електричні станції);
- теплоти та електроенергії (утилізаційні теплоелектроцентралі).

У разі використання ТПВ як палива беруть до уваги два основні принципи: їх теплотворну здатність та вплив на стан природного середовища продуктів згорання. Враховують і доступність для масового використання та необхідну активність, яка забезпечує горіння ТПВ.

Внаслідок спалювання полімерних матеріалів, що містять хлор, у димових газ; з'являються токсичні речовини – діоксини та фурани, тому газу обов'язково очищують від шкідливих домішок, пилу, золи.

Експорт відходів – найдешевший спосіб позбавлення від них: якщо переробка хімічних відходів у Європі коштує 160-200, то експорт в Африку всього 2,5-40 доларів за тону [5].

У світовій практиці відомо більш двадцяти методів знешкодження й утилізації ТПВ. До них відносяться: складування ТПВ на полігонах (смітниках), спалювання, аеробне біотермічне компостування; комплекс компостування і спалювання (піролізу) фракцій, що не компостуються, роздільний збір і сортування відходів на сміттєспалювальних заводах та інше.

Під час вибору методу знешкодження ТПВ виходять насамперед з досягнення санітарного ефекту, дотримання заходів для охорони навколишнього середовища та найбільш раціонального використання відходів, в якості вторинних ресурсів, при мінімальних витратах, часі усунення шкідливого впливу ТПВ (термін знешкодження), характеристики викидів і відходів процесу знешкодження. Використання твердих побутових відходів представляється одним зі шляхів підвищення ефективності суспільного виробництва, тому що близько 90% відходів може бути повернено у вторинний господарський обіг.

У системі заходів щодо санітарної охорони ґрунтів, водойм, атмосферного повітря важливе місце займає комплекс гігієнічних мір, зв'язаних зі знешкодженням ТПВ. У зв'язку з високою епідемічною небезпекою останніх необхідно, щоб методи знешкодження цих відходів запобігали забрудненню навколишнього середовища та негативному впливу на здоров'я населення. З багатьох методів до найбільше гігієнічно раціонального варто віднести прискорене механізоване біотермічне знешкодження з наступною утилізацією продуктів переробки (органічні добрива, біопаливо, метал і ін.). Цей метод цілком відповідає як задачам великомасштабного санітарного очищення населених місць, так і потребам сільського господарства в добривах, металі та інших видах продукції.

Необхідно визнати, що систематичне, глобальне вилучення органічної речовини з ґрунту істотно превалює над його поверненням у ґрунт за рахунок діяльності людини, що викликало до життя гіпотезу антропогенної ерозії ґрунту, яку використовують для обґрунтування необхідності відмовлення від спалювання ТПВ на користь переробки їх на добрива. ТПВ містять більш 50% органічної речовини, у тому числі від 22 до 39% харчових відходів – легкотрансформуємої органіки, придатної для прискореного формування живильного для рослин субстрату. У зв'язку з цим стає очевидною необхідність вирішення питань знешкодження ТПВ, багатих органікою, у тісному ув'язуванні з необхідністю повернення землі органічної маси і за рахунок перероблених побутових відходів. Сказане є актуальним сьогодні, як з погляду інтересів сільського господарства, що забезпечує населення продуктами харчування, так і з гігієнічних позицій. Оскільки родючий ґрунт має у своєму розпорядженні більш могутні резерви самоочищення, сприяє більш повноцінному озелененню середовища проживання людини, з більшою повнотою забезпечує бар'єрну функцію на шляху поширення забрудненні з атмосфери в ґрунт і підземні води. Серед екологічних достоїнств зазначеного методу знешкодження ТПВ варто виділити його високу продуктивність, що в умовах дефіциту приміських земель дозволяє

уникнути нових відводів земельних ділянок під полігони, а також відкриває можливості ліквідації та оздоровлення місць старих звалищ.

Централізація знешкодження великих обсягів міських відходів на індустріальній основі сприяє організації технологічного процесу на високому технічному та гігієнічному рівні. Цьому питанню багато в чому сприяє як технологія, так і устаткування, що відрізняється відносною (у порівнянні, наприклад, зі сміттєспалювальними агрегатами) простотою і досить високою надійністю. Дослідженнями протягом двох десятиліть в умовах тривалої динаміки підтверджена висока надійність знешкодження ТПВ: легкоокиснювані органічні фракції відходів у короткий термін трансформуються в стійкі з'єднання, придатні для харчування рослин; патогенна флора, яйця гельмінтів і личинки комах інактивуються. Санітарні якості одержуваного компосту за цими показниками відповідають таким для слабозабрудненого та навіть чистого ґрунту. Встановлено, що оптимальними режимами переробки ТПВ є 3-добовий цикл компостування з одержанням епідеміологічно безпечного органічного добрива для відкритого ґрунту (колі-титр не менш 0,01, відсутність яєць гельмінтів і личинок мух). Використанню компосту у відкритому ґрунті повинне передувати дослідження його хімічного складу.

Обмеженням у використанні компосту з ТБО може бути наявність у ньому важких металів у концентраціях, що утрудняють його застосування як добрива. Спостереження свідчать про необхідність здійснення заходів, спрямованих на упорядкування збору побутових відходів: запобігання влучення до складу побутової сировини виробничих відходів, відходів будівельного комплексу (лаки, фарби) та інших не властивих побутові компонентів. Власне побутове сміття повинне бути децентралізовано (за рахунок відбору в місцях утворення гальванічних елементів, залишків реактивів і ін.) звільнений від компонентів, здатних привнести в компост токсичні метали, чи централізовано, в умовах спеціального цеху переробного підприємства, звільнений від баластних фракцій, що впливають

на технологічний процес і якість продукції. Дослідження показують, що компост, виготовлений з відсортованих у такий спосіб побутових відходів, містить істотно менші, на рівні фонових для ґрунту міських територій, концентрації токсичних металів.

Перевагою методу, спрямованого на запобігання забруднення навколишнього середовища й охорону здоров'я населення, є не тільки значне поліпшення санітарних показників компосту в порівнянні з ТПВ, але і скорочення обсягу матеріалу більш ніж у 4 рази. Тобто навіть при простому складуванні цього вже епідемічно безпечного матеріалу дозволяє заощаджувати територію в умовах збереження чистоти повітря, води і ґрунту.

Таким чином, при переробці побутових відходів представляється гігієнічно та економічно доцільним подальший розвиток механізованого сортування і збагачення ТПВ, попереднє (децентралізоване чи централізоване) виділення з ТПВ компонентів, що у процесі подальшої переробки можуть загрожувати стану навколишнього середовища і здоров'ю людини. За рубежом із практичним розвитком методів збагачення ТПВ значно підвищився інтерес до виробництва компосту не з усієї маси ТПВ, як це було раніш, а з відсортованого, «очищеного» матеріалу. Тому, з гігієнічної точки зору, перспективної представляється індустріальна технологія переробки відходів, заснована на сполученні механізованого сортування і біотермічної переробки органічної частини ТПВ з одержанням компосту. Таке рішення відповідає як задачам охорони навколишнього середовища і здоров'я населення, так і задачам ресурсозбереження [6].

Найбільш розповсюдженими в даний час спорудами з знешкодження ТПВ є полігони. Слід зазначити, що полігони вимагають ділянок для складування в розрахунку на 300 тис. жителів на 50 років порядку 100-150га, а сміттєспалювальний завод – 25-50 га. Вартість знешкодження 1т ТПВ з урахуванням доходів від реалізації компосту: знешкодження з одержанням компосту в умовних одиницях – 1,8, полігони (складування) – 1,2.

З технологій переробки побутових відходів особливо можна виділити методики, описані у виданні Ф.В. Стольберга [7], а також нову технологію утилізації побутових відходів шляхом використання їх термічно висушених залишків на полігонах в якості добрива, запропоновану А.С. Грініним і В.Н.Новіковим [2]. Однак, комплексного підходу до рішення проблеми переробки відходів поки не існує.

Розвиток агломерації висуває задачу створення єдиної надійної системи комплексних заходів охорони навколишнього середовища, у тому числі і знешкодження ТБО. У результаті розглянутого вище бачимо, що з погляду охорони навколишнього середовища та ефективного використання природних ресурсів, а також з урахуванням гідрогеологічної обстановки в регіоні, раціональним є будівництво сміттєспалювального заводу, що виключає забруднення підземних вод, відчуження значних територій під складування ТПВ. Але, з обліком первісних капітальних вкладень, термінів проектування і будівництва заводу, а також тупикової ситуації з утилізацією ТПВ в регіоні можливе будівництво полігона з децентралізованим сортуванням органічних відходів і переробкою їх на корм тваринам та з етапом «Складування» з пошаровою ізоляцією ТПВ ґрунтом.

Полігони – комплекси природоохоронних споруд, призначені для складування, ізоляції та знешкодження ТПВ, що забезпечують захист від забруднення атмосфери, ґрунту, поверхневих і ґрунтових вод, що перешкоджають поширенню гризунів, комах і хвороботворних мікроорганізмів. Одночасно з цим полігони складування ТПВ є об'єктами високого екологічного ризику забруднення навколишньої природного середовища [8]. Але з обліком порівняно невисоких капітальних і експлуатаційних витрат полігони будуть залишатися самим розповсюдженим методом утилізації відходів найближчі 10-15 років. Поховання на полігонах, крім того, залишається необхідним методом для відходів, що не піддаються вторинній переробці, що не згоряють або згоряють з виділенням токсичних речовин.



## 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 2.1 Характеристика та основні вимоги до полігонів ТПВ

Полігони ТПВ є інженерними спеціалізованими спорудами, які призначені для захоронення твердих побутових відходів. Полігони повинні забезпечувати санітарне та епідемічне благополуччя населення, екологічну безпеку навколишнього природного середовища, запобігати розвиткові небезпечних геологічних процесів і явищ. Розміри і потужність полігона ТПВ повинні визначатись потребами у складуванні твердих побутових відходів із урахуванням екологічних вимог і санітарних норм, кількості населення, розрахункового терміну експлуатації, річної норми накопичення ТПВ.

На полігони ТПВ приймають тверді побутові відходи з житлових і громадських будинків, установ, підприємств торгівлі та громадського харчування, а також вуличне, садово-паркове, будівельне сміття і деякі види твердих інертних відходів за відповідним обґрунтуванням, а також промислові відходи III – IV класів небезпеки з дозволу місцевих органів санітарно-епідеміологічної та екологічної служб та пожежної інспекції. Промислові відходи IV класу небезпеки можуть використовуватись на полігоні твердих побутових відходів як ізолюючий матеріал.

Прийняттю на полігони ТПВ не підлягають відходи, які можуть бути вторинною сировиною (за можливості їх утилізації); відходи, що містять токсичні, отруйні та агресивні щодо споруд полігона ТПВ речовини.

Як правило, складуванню на полігонах ТПВ підлягає тільки та частина твердих побутових відходів, що не може бути утилізована. Рекомендується при полігонах ТПВ передбачати спеціальні споруди для вилучення цінних компонентів ТПВ згідно із чинним законодавством.

При полігонах ТПВ, де відбувається складування брикетів ТПВ, рекомендується передбачити майданчик для створення технологічних ліній з виробництва брикетів. Полігони ТПВ, де відбувається одночасне

складування як звичайних, так і брикетованих ТПВ, повинні мати окремі ділянки їх складування.

Полігони ТПВ необхідно проектувати на основі інженерних та екологічних вишукувань. При проектуванні полігонів ТПВ повинні бути передбачені:

- рішення, що забезпечують експлуатаційну надійність, економічність, мінімальне відчуження земельних та інших природних ресурсів і обов'язкове повернення тимчасово відчужуваних земель для подальшого господарського використання;

- розроблення матеріалів оцінки впливу на навколишнє середовище [9];

- інженерні заходи, що забезпечують стійкість полігона як споруди, його довговічність і безпеку навколишнього середовища;

- вимоги щодо безпеки життя і здоров'я людини.

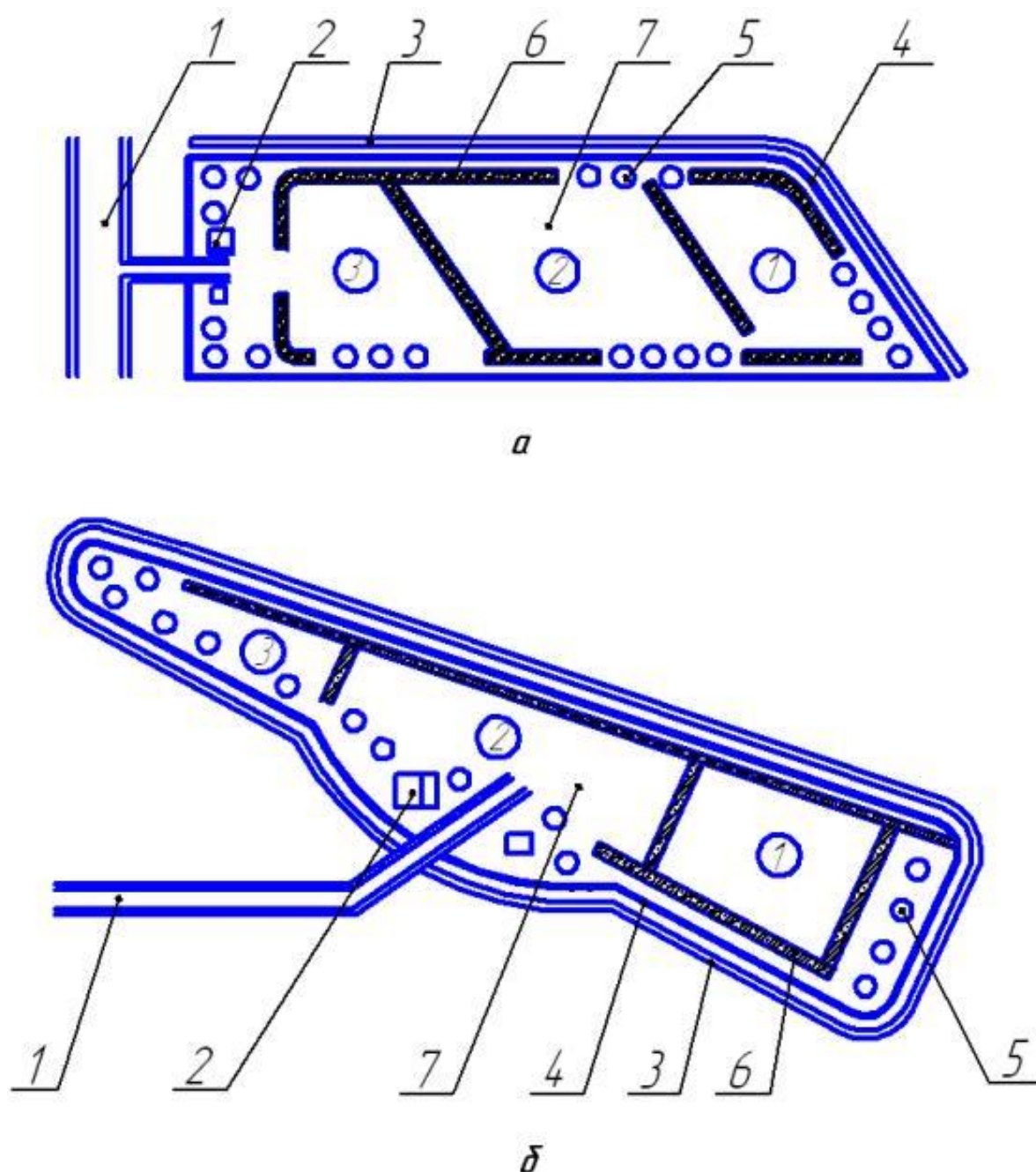
Основними елементами полігона ТПВ є: під'їзна дорога, ділянка складування ТПВ, господарська зона, інженерні споруди і комунікації. Принципова схема полігону ТПВ наведена на рисунку 2.1 [3].

Під'їзна дорога з'єднує автомобільну дорогу загального користування з ділянкою складування ТПВ. Під'їзну дорогу розраховують на двосторонній рух. Категорія та основні параметри під'їзної дороги визначають відповідно до розрахункової інтенсивності руху (автомобілів/добу).

Основна споруда полігона ТПВ – ділянка складування ТПВ. Вона займає, як правило, до 85-95 % загальної площі полігона ТПВ (залежно від об'єму ТПВ, що приймаються).

Ділянку складування розбивають на черги експлуатації з урахуванням забезпечення приймання відходів на кожній черзі протягом 3-5 років. У складі першої черги виділяють пусковий комплекс на перші 1-2 роки.

Складування відходів на першій, другій і, якщо дозволяє площа ділянки, на третій черзі ведеться на висоту у 2-3 яруси (висота ярусу приймається рівною 2,0... 2,5 м).



а – при співвідношенні довжини і ширини полігона ТПВ менше 1:2; б – те саме при співвідношенні понад 1:3; 1 – під'їзна дорога; 2 – господарська зона; 3 – нагірна канава; 4 – огорожа; 5 – зелена зона; 6 – ґрунт для ізолюючих шарів; 7 – майданчики складування ТБО I, II і III - черги експлуатації

Рисунок 2.1 – Рекомендована схема розміщення основних споруд полігона ТПВ

Кожна наступна черга експлуатації здійснюється шляхом збільшення рівня насипу ТПВ до проектної позначки з подальшим складуванням шарами

висотою 2,0-2,5 м. Розбивка ділянки складування на черги виконується з рахуванням рельєфу місцевості та річної кількості ТПВ, що складаються.

Територія полігона ТПВ, у тому числі ділянка складування і господарська зона, має бути захищеною від затоплення зливовими та талими водами з вище розташованих земельних масивів (ділянок). Для забезпечення запобігання попаданню стоку зливових і талих вод, а також фільтрату з території полігона у зовнішні водовідвідні споруди проектується комплекс гідротехнічних споруд. Господарська зона, обвалування, зелені насадження, інженерні комунікації займають, як правило, 5-15 % загальної площі полігона ТПВ.

Поверхневі (зливові та талі) води з території полігона збирають у секційний контрольний-регулюючий ставок. Місткість кожної секції слід розраховувати на об'єм максимального добового дощу, що повторюється раз на 10 років.

Освітлені води після контролю їх якості слід спрямовувати:

- чисті – на виробничі потреби, при відсутності споживача – на водоскид;
- забруднені – до ставка-випарника або до загальних каналізаційних чи спеціальних (при полігоні ТПВ) очисних споруд стічних вод.

Як правило, на відстані 1-2 м від водовідвідної канами розміщується огорожа території полігона ТПВ. По периметру на смузі шириною 5-8 м проектується садіння дерев, прокладаються інженерні комунікації (водопровід, каналізація), встановлюються щогли електроосвітлення. За відсутності інженерних споруд на цій смузі відсипаються кавальєри ґрунту, який буде використаний для ізоляції ТПВ.

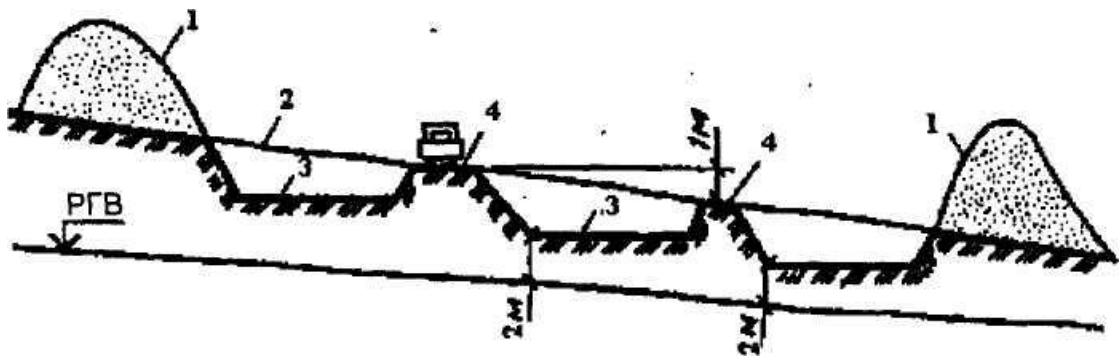
Господарська зона проектується на перетині під'їзної дороги з межею полігона ТПВ, що забезпечує можливість експлуатації зони на будь-якій стадії його заповнення. У господарській зоні розміщуються адміністративні, побутові та виробничі будинки і споруди.

На ділянці складування передбачається створення котловану або

траншеї. Глибина котловану, який риють у основі полігона ТПВ, залежить від рівня ґрунтових вод. Основа днища котловану повинна бути на 2 м вище прогнозованого рівня ґрунтових вод. Ґрунт, що виймається з котловану під час його будівництва, використовують для проміжної та остаточної ізоляції ТПВ.

Розміщення ґрунту з котлованів першої черги проектують у кавальєрах по периметру полігона ТПВ, з котлованів другої черги ґрунт подається на ізоляцію ТПВ на картах першої черги.

Днище котловану проектують, як правило, горизонтальним, що забезпечує розподіл фільтрату по всій площі основи полігона ТПВ, проте, за необхідності, воно може бути з невеликим ухилом для стоку фільтрату в місце його збирання. Залежно від рельєфу місцевості і черговості складування ТПВ ділянка розбивається на кілька котлованів. На ділянках з ухилом понад 0,5 % проектується каскад котлованів (рис. 2.2).



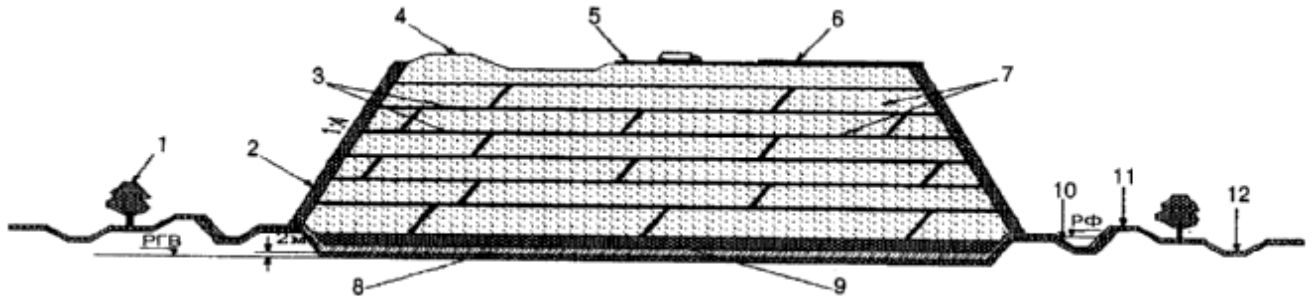
1 – кавальєр ґрунту; 2 – поверхня ділянки до розроблення котловану; 3 – основа ділянки складування; 4 – дорога, РГВ – рівень ґрунтових вод

Рисунок 2.2 – Рекомендоване розміщення котлованів у основі полігона ТПВ

Перепад верхнього і наступних проміжних котлованів, а також різниця відміток основ двох суміжних котлованів не повинні перевищувати 1 м (за більшої різниці потрібен розрахунок на стійкість дамб). За необхідності

влаштування на поверхні проміжних дамб проектують тимчасову дорогу для проїзду сміттевозів. На ділянках, розміщуваних у ярах, каскад котлованів поділяється дамбами.

При проектуванні висотних полігонів ТПВ найбільш економічними є земельні ділянки, близькі за формою до квадрата, і такі, що припускають максимальну висоту складування ТПВ. Закладання укосів висотного полігона визначається розрахунками надійності залежно від фізико-механічних характеристик ТПВ та ґрунтів кар'єрів, із яких будуть відсипатися огорожувальні споруди. По контуру підшови схилів висотного полігона ТПВ слід передбачати лотки для збирання та відведення фільтрату. Фільтрат – рідка фаза, що утворюється на полігоні при захороненні ТПВ з вологістю більше 55 % та внаслідок атмосферних опадів, обсяг яких перевищує кількість вологи, що випаровується з поверхні полігона [3]. Схематично розріз висотного полігона ТПВ подано на рис. 2.3.



І – лісова смуга; 2 – бічний зовнішній ізолювальний шар; 3 – проміжний ізолювальний шар; 4 – ТПВ, які укладаються на робочій карті; 5 – тимчасова тупикова дорога; 6 – тимчасовий проїзд з твердим покриттям; 7 – тверді побутові відходи; 8 – природна або штучна водонепроникна основа; 9 – насичені фільтратом відходи; РФ – рівень фільтрату, РГВ – рівень ґрунтових вод; 10 – лоток для збирання та відведення фільтрату дощових і талих вод зі схилів; 11- обвалування фільтратозбірного лотка; 12 – канава для збирання та відведення незабрудненого поверхневого стоку (дощових і талих вод)

Рисунок 2.3 – Рекомендована схема висотного полігона ТПВ

Дно і укоси котловану повинні мати протифільтраційні екрани з природних матеріалів із коефіцієнтом фільтрації води не більшим  $10^{-9}$  м/с і товщиною не меншою 1,0 м.

Якщо протифільтраційний екран з мінерального ґрунту не відповідає вказаним вимогам, застосовують штучний протифільтраційний екран, що має коефіцієнт фільтрації води не більший за  $10^{-9}$  м/с, строк дії більший ніж 75 років, стійкий до можливих навантажень, ультрафіолетового випромінювання і пошкодження гризунами. Для захисту штучної гідроізоляції від механічних ушкоджень на її поверхню насипають шар дрібного піску, подрібненого суглинку або дрібнозернистих промислових відходів (IV класу небезпеки) з розміром зерна не більше 0,5 мм, завтовшки не менше 0,5 м. Матеріал штучної гідроізоляції має бути хімічно стійким до тривалого впливу фільтрату.

Використання інших матеріалів для укладання протифільтраційних екранів допускається за умови, що вони мають коефіцієнт фільтрації води не більш  $10^{-9}$  м/с.

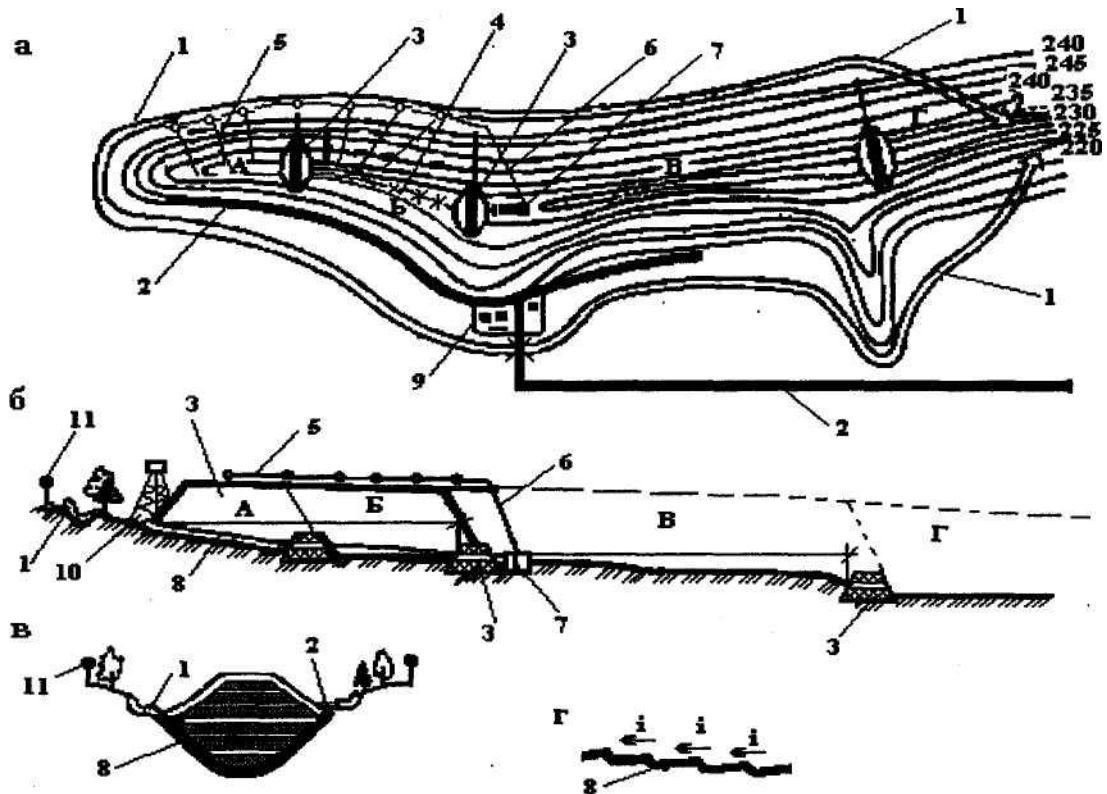
Відведення земельної ділянки під складування ТПВ на території яру повинно включати його верхів'я, що гарантує збирання і видалення стоку талих і дощових вод найпростішими методами. Ділянка яру за довжиною розбивається, починаючи з верхів'я, на черги будівництва. Кожна черга будівництва зі зниженого боку захищається від зсувів земляною дамбою. На рисунку 2.4 показано багатокаскадну схему складування ТПВ у яру.

Кожна дамба розраховується на екстремальні умови з урахуванням статичної стійкості утримуваних ТПВ, насичених водою.

Проект організації складування ТПВ у вироблених кар'єрах (глибоких котлованах) повинен забезпечувати влаштування протифільтраційного екрана, з'їзд і розвантаження сміттєвозів на нижній відмітці з пошаровим заповненням кар'єру по висоті. Якщо на відведеній під полігон ТПВ частині кар'єру з'їзду немає, то земельна ділянка під складування ТПВ у вироблених кар'єрах (глибоких котлованах) повинна включати майданчик для

влаштування з'їзду (пандуса) у виїмці поза котлованом з ухилом 5 %. Конструкція майданчика повинна також передбачати можливість розроблення ґрунту для ізоляції.

Частина пандуса безпосередньо в межах кар'єру проектується в одному з варіантів: з улаштуванням насипу з ґрунту або відходів будівництва, у напівнасипу - напіввиїмці в укосі котловану.



а – план; б, в – розрізи; г – уступи зі зворотнім схилом; 1 – нагірна канава; 2 – дорога; 3 – земляна дамба; 4 – самосплавна каналізація фільтрату; 5 – збірно-розбірний фільтратопровід; 6 – напірний фільтратопровід; 7 – насосна станція фільтрату; 8 – протифільтраційний екран; 9 – господарська зона; 10 – щогла електроосвітлення, 11 – огорожа; А – перший каскад першої черги; Б – другий каскад першої черги; В – друга черга; Г – ділянка на перспективу

Рисунок 2.4 – Рекомендована схема багатокаскадного високонавантаженого полігона ТПВ



Траншейна схема складування ТПВ застосовується для полігонів, що приймають не більше 120 тис м<sup>3</sup>/рік ТПВ. Траншейна схема складування ТПВ передбачає проектування на ділянці складування траншей завглибшки 3-6 м і завширшки в верхній частині 6-12 м. Траншеї проектуються перпендикулярно до напрямку пануючих вітрів.

Ґрунт із траншей використовується для ізоляції ТПВ. У кліматичних зонах, де можливе утворення фільтрату, основа траншеї повинна бути не менше ніж на 0,5 м заглиблена в глинисті ґрунти, а дно і укис мати надійний протифільтраційний екран.

Довжину однієї траншеї проектують так, щоб було забезпечене приймання ТПВ як у період плюсових температур, так і у період мінусових температур, коли промерзають ґрунти. Закладання укосів траншеї повинно бути обґрунтоване з врахуванням фізико-механічних характеристик ґрунтів та влаштування на укосах екрана.

Розмір ділянки складування має забезпечувати приймання ТПВ із розміщенням їх у одному ярусі протягом не менше п'яти років. Висотну траншейну схему проектують із улаштуванням траншей у 2-3 яруси по висоті. Відмітку основи траншей 2-го ярусу виконують на 2,5 м вище відмітки основи 1-го ярусу.

При проектуванні полігонів ТПВ доцільно передбачати утилізацію біогазу. Біогаз – суміш газів, що утворюється при анаеробному розкладанні органічної складової ТПВ. Біогаз може використовуватись як паливо для енергетичних установок (котлоагрегати, промислові печі, стаціонарні двигуни-генератори) або для заправки в балони. Метод утилізації біогазу визначається під час розроблення технічного завдання на проектування системи збирання й утилізації біогазу для конкретного полігона ТПВ [3].

Основні операції з експлуатації полігонів наведено на рис. 2.5.

На полігоні виконуються наступні основні види робіт: прийом, ущільнення та ізоляція ґрунтом ТПВ. Дотримання цієї послідовності операцій забезпечить виконання вимог екологічних нормативів. Але і при

цьому можливі аварійні ситуації, які можуть привести до забруднення навколишнього середовища.

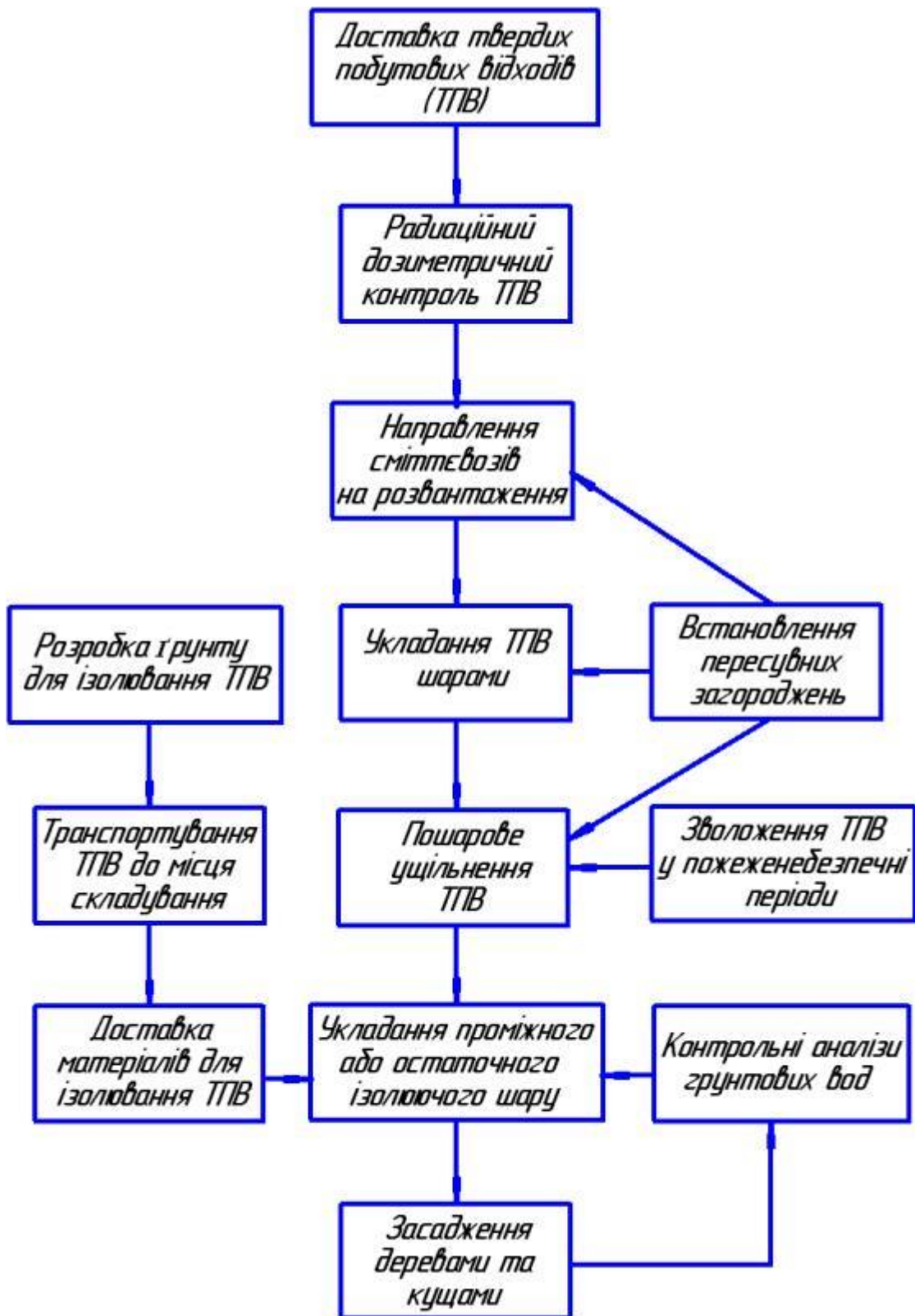


Рисунок 2.5 – Основні операції з експлуатації полігонів

Таким чином, полігони відрізняються від смітників тим, що на їх будівництво й експлуатацію є нормативні документи. Продуктами процесу знешкодження на смітниках є продукти неповного розпаду органічної речовини, процес розпаду продовжується 50-100 років. У зв'язку з чим необхідний післяексплуатаційний контроль протягом зазначеного часу.

Виділяються шкідливі гази, що дурно пахнуть та забруднюють повітря, і створюють небезпеку пожеж, вибухів ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ). Виділяється надзвичайно небезпечний фільтрат, що забруднює ґрунт і ґрунтові води, кількість бактерії кишкової групи складає до 34 тис. на  $1 \text{ см}^3$ , загальне число бактерій 1,5 млн. на  $1 \text{ см}^3$ . При висиханні відходів утворюється пил, у тому числі і токсичний. У смітті зустрічаються збудники патогенної мікрофлори, туберкульозу, патогенні стафілококи і стрептококи, а до повного розкладання можливість забруднення зовнішнього середовища зберігається 50-100 років. Однак на полігонах можливо дотримувати санітарно-гігієнічні умови, здійснювати контроль фільтраційних витоків і викидів газу за допомогою моніторингу, а також застосовувати інженерні методи підготовки місць складування, чим забезпечується екологічна безпека. Але і при цьому можливі осідання ґрунту, фільтраційні витoki, аварійні ситуації які можуть привести до забруднення навколишнього середовища. Таким чином, полігони складування ТПВ є об'єктами високого екологічного ризику забруднення навколишньої природного середовища.

## **2.2 Загальний аналіз впливу полігонів на навколишнє середовище**

У процесі будівництва та експлуатації полігона можливі різні впливи на природне середовище (рис. 2.6).

При оцінюванні впливу полігона ТПВ на навколишню природне середовище виділяють наступні компоненти як об'єкти впливу:

- геологічне середовище і ґрунти;
- повітряне середовище;

- мікроклімат;
- водне середовище;
- рослинний і тваринний світ.

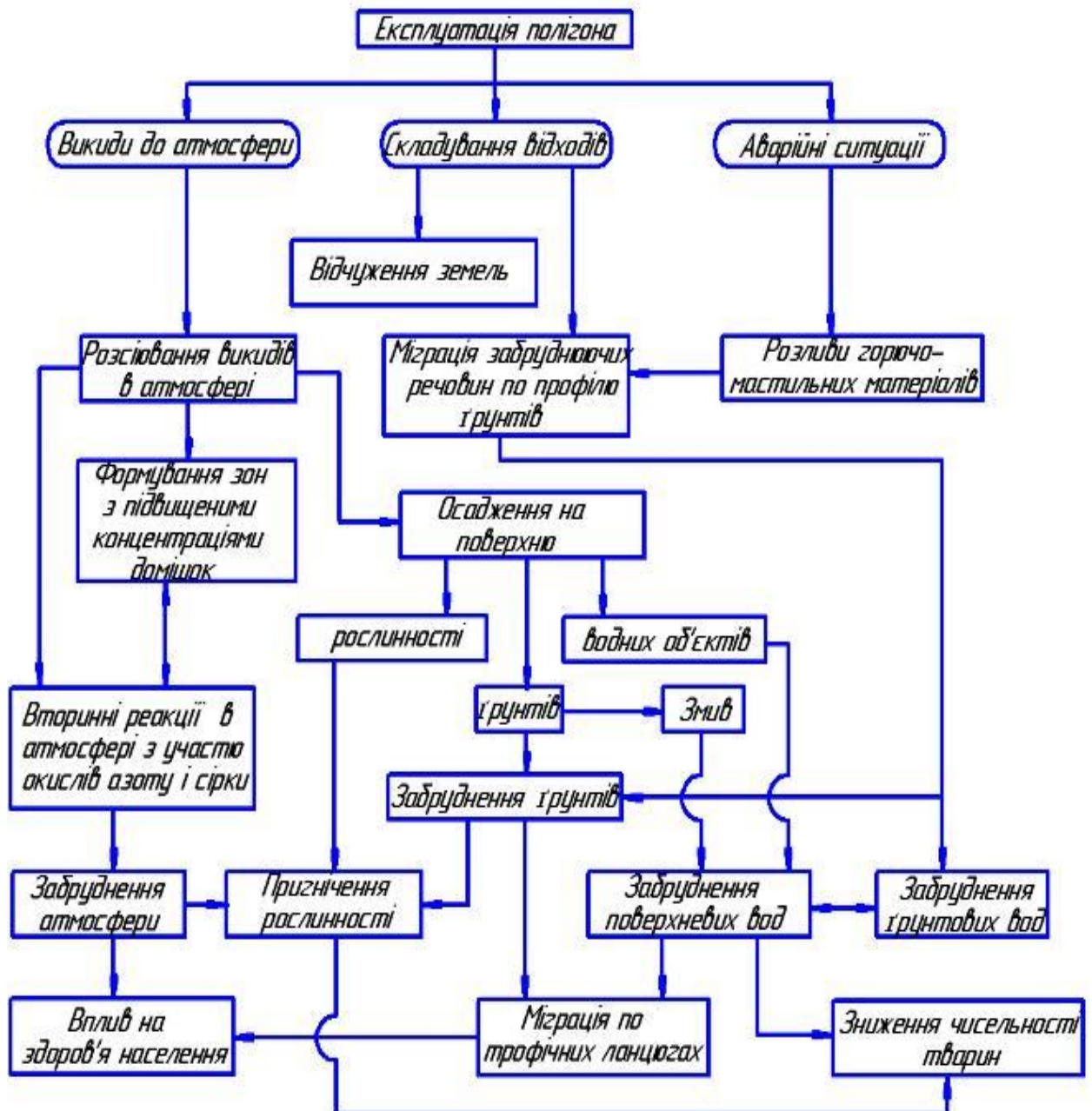


Рисунок 2.6 – Вплив полігона ТПВ на навколишнє середовище

Розглянемо окремо вплив полігону на кожний з названих компонентів довкілля.

Вплив полігонів на геологічне середовище і ґрунти виявляється у відчуженні земель, порушенні території і зміні рельєфу при будівництві, можливій активізації екзогенних процесів, зміні гідрогеологічних характеристик і умов поверхневого стоку, небезпеки розвитку ерозії, збільшенні навантажень на ґрунти, формуванні специфічних техногенних зон, забрудненні ґрунтів.

Можливе порушення природного стану ґрунтів у результаті виїмки ґрунту, спорудження дамб, протифільтраційного екрана, пошарової ізоляції складованих ТПВ ґрунтом.

Кліматичні і метеорологічні умови являють собою комплекс факторів, що впливають на характер та інтенсивність міграції потоків техногенного забруднення, а також інтенсивність обмінних процесів і функціонування природних екосистем. Необхідно проводити аналіз сезонних коливань швидкості та тривалості вітрів різного напрямку для того, щоб прогнозувати імовірність виникнення несприятливих умов виносу і розсіювання продуктів техногенезу в районі полігона ТПВ. Полігони не здійснюють вплив на інтенсивність сонячної радіації, швидкість вітру, вологість, атмосферні інверсії, тривалість мрячних періодів і інші мікрокліматичні умови.

Вплив на поверхневі і підземні води пов'язано з досить інтенсивним водоспоживанням у період експлуатації полігона, порушенням водного режиму території, умов харчування і дренажу ґрунтових вод, забрудненням поверхневих і підземних вод стічними водами і фільтратом, що утвориться в тілі полігона, стоком з території площадки.

Основним фактором, що визначає негативний вплив полігонів поховання ТПВ, є інфільтрація в межах площі складування відходів віджимної води, що виділяється зі звалищного тіла в процесі складування, ущільнення і розкладання відходів – звалищного фільтрату. Протягом життєвого циклу полігона ТПВ фільтрат є постійним джерелом забруднення підземних вод. Води фільтратів є також джерелом забруднення поверхневих вод за: Fe, Ba, Cr, P, Ti, Ni, Fe, Ba, Cr, P, Ti, Ni, нітратам, амонію, Cl від 2 до

100 ГДК. До складу забруднюючих компонентів при багаторазовому перевищенні ГДК входять: Co, W, Mo, V, Zr, Pb, Bi, Zn, Li, Sr та інші. Води ці токсичні для живих організмів [6].

За даними численних досліджень, проведених закордонними і російськими ученими, хімічний і мікробіологічний склад фільтрату полігонів і їх обсяг залежать від ряду факторів, до яких відносяться: морфологічний склад ТПВ; потужність полігона ТПВ; етап життєвого циклу полігона; вологість відходів; кліматичні фактори (температура, атмосферні опади); інженерна інфраструктура полігона; попередня обробка відходів. У зв'язку з різноманіттям факторів, що впливають на концентрацію і склад неорганічних і органічних домішок у фільтраті, прогнозування хімічного складу фільтраційних вод є досить складною задачею і в даний час не існує єдиного підходу до прогнозних оцінок складу фільтрату, багато моделей перебувають у стадії розробки. Для прогнозування хімічного складу фільтрату полігонів, що утворюється, поховання ТПВ необхідно використовувати статистичні дані, зібрані з літературних джерел, а також приведені характеристик фільтратів для діючих полігонів.

Звалищний фільтрат являє собою мінералізований розчин із загальним солевмістом до 14-17 г/дм<sup>3</sup>. У його складі вміст ряду речовин істотно перевищує вимоги СанПіН 2.1.4.1074-01 «Гігієнічні вимоги до якості води. Контроль якості» [10]. Усереднений склад звалищного фільтрату приведений у табл..2.1.

Таблиця 2.1 – Усереднений склад звалищного фільтрату

Найменування забруднювачу	Кратність перевищення ГДК, разів
Сульфати	6,7
Загальне залізо	17
Хлор	12
Нітрати	1,3
Амоній	230
Іони важких металів	100-200

Розрахунок обсягу утворення фільтрату можливий на основі водяного балансу полігона з урахуванням атмосферних опадів (у тому числі, нагромадження снігу на поверхні і його танення), випару, циркуляції води в тілі полігона (вертикальна фільтрація, горизонтальний дренаж, віддача-поглинання вологи відходами) і поверхневого стоку.

Надходження у водоносні шари фільтрату на полігонах ТПВ з наступною міграцією речовин може приводити до негативної трансформації якості підземних вод на значних територіях.

Вплив полігонів на рослинність і тваринний світ обумовлено впливом забруднюючих речовин у ґрунті й атмосфері на рослини, пригнобленням і знищенням рослинності, підвищенням пожежної небезпеки, зменшенням розмірів популяцій окремих видів рослин і тварин, зміною шляхів міграції тварин. Звалища побутових відходів є постійними джерелами забруднення довкілля, місцями розмноження комах, гризунів, бродячих тварин, що переносять збудників інфекцій, а також зростання захворюваності на інфекційні хвороби. З метою зниження негативного впливу на здоров'я людини полігони обмежуються санітарно-захисною зоною.

Вплив полігонів ТПВ на атмосферне повітря зв'язано з підвищенням його загазованості при роботі будівельної техніки, транспорту на етапі будівництва, транспорту і допоміжного устаткування на етапі експлуатації, підвищенням запиленості повітря при розробці ґрунтів, русі машин і механізмів, збереженні та транспортуванні сипучих матеріалів без дотримання технологічних вимог.

Крім цього на атмосферу впливає виділення біогазу - метану, кисню, вуглекислого газу, вміст яких може складати десятки відсотків. Ці величини перевищують санітарні норми і можуть викликати удушся людини. Щоб уникнути шкідливого впливу біогазу полігонів ТПВ на навколишню природне середовище, вихід газу з поверхні полігона і поширення його на прилеглий до полігона території необхідно блокувати або зменшити до мінімуму.

При земляних засипаннях забороняється спалювати відходи. Щоб уникнути випадкового загоряння відходів від вихлопних газів автотракторної техніки необхідно передбачити іскрогасники. Якщо виникає випадкове загоряння, його варто негайно ліквідувати за допомогою землі, води і хімікатів. Таким чином, вдасться уникнути забруднення атмосферного повітря продуктами згоряння відходів. Біохімічне розкладання і хімічне окислювання матеріалу смітників може супроводжуватися утворенням дільниць виділення тепла з підвищенням температур до  $75^{\circ}\text{C}$ , тобто можливе самозаймання відходів. Гниття матеріалу ТПВ супроводжується поширенням запаху на відстань більш 1 км, тому уникають запахів, що виникають від таких специфічних відходів, як тверді відходи боєнь та анаеробні продукти, що розкладаються. Для цього відходи негайно покривають шаром засипки і швидко зашпаровують будь-які тріщини, що з'являються на поверхні засипки.

Відомо, що на полігоні, що діє і утримується належним чином, менше проблем із забрудненням повітря, чим на сміттєспалювальному заводі або смітнику. Але екологічна небезпека забруднення повітря полігонами також велика, тому необхідно виконувати оцінку впливу полігона на стан атмосферного повітря і виконувати відповідні заходи щодо запобігання забрудненню.

Основними джерелами виділення шкідливих речовин на полігонах є: площадка для складування ТПВ, автотранспортна техніка, кар'єр для видобутку глини і піску і площадка дезінфекції сміттєвозів.

На площадці складування ТПВ утворюються газоподібні продукти розкладання. Це метан, азот, вуглекислий газ, водень і сірководень. З цих газів найбільш шкідливими є метан (орієнтовно безпечний рівень впливу – ОБРВ – складає  $50 \text{ мг/м}^3$ ) і сірководень (ГДК максимальна разова= $0,008 \text{ мг/м}^3$ ).

У період існування полігона основними виділеннями є вуглекислий газ і метан. Виділення сірководню незначне й в атмосферному повітрі можуть



бути присутнім тільки його сліди, обумовлені виділенням запахів від незасипаної денної норми ТПВ.

Нормативні дані по виділенню газів на полігонах відсутні. Кількість газів, що виділяються, залежить від характеру розкладання ТПВ, а швидкість виділення газів - від виду мікробів. Склад газу, що виділяється, змінюється в залежності від віку земляної засипки. Протягом перших років виділяється головним чином двоокис вуглецю, тоді як у наступні роки виділяється газ, що складається майже в рівних кількостях із двоокису вуглецю і метану.

Забруднення атмосфери можливо також у результаті різних нештатних ситуацій: випадкове загоряння пролитого дизельного палива, випадкове загоряння не засипаних ґрунтом ТПВ. Витік дизельного палива може складати 5 до 40 л і підлягає видаленню й утилізації. При загорянні дизпалива в атмосферу будуть викидатися ті ж речовини, що і при роботі дизельного двигуна: окис вуглецю, двоокис азоту, акролеїн, сірчистий ангідрид, сажа.

### **2.3 Аналіз впливу полігона ТПВ на атмосферне повітря, довкілля та людину**

Отже, на полігоні ТПВ основними джерелами забруднення атмосфери є площадка складування ТПВ, автотранспортна техніка, площадка для дезінфекції сміттевозів. Приблизний склад викидів в атмосферне повітря від перерахованих джерел наведено у табл. 2.2.

Сірчистий ангідрид та двоокис азоту мають ефект сумації. Метан виділяється зі всього обсягу ТПВ в наслідок реакції розкладання. Окис вуглецю, двоокис азоту, сірчаний ангідрид, сажа, акролеїн – є продуктами спалення пального (солярки, бензину) та викидів автотранспортної техніки, що працює на площадці складування ТПВ та на усій території полігону. Неорганічний пил виділяється під час розгрузки ТПВ з сміттевозів та при їх розрівнюванні по полігону. Крезол викидається з ванни для дезінфекції

СМІТТЄВОЗІВ.

Таблиця 2.2 – Якісний і кількісний склад викидів в атмосферне повітря з полігонів ТПВ

Речовина	Клас небезпеки	ГДК <sub>м.р.</sub> , мг/м <sup>3</sup>	ГДК <sub>с.д.</sub> , мг/м <sup>3</sup>	ГДК <sub>р.з.</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Фактична концентрація, мг/м <sup>3</sup>	Фактичний викид, т/рік
Метан	2	-	-	50	50	600
Двоокис вуглецю	4	-	-	-	25	300
Окис вуглецю	4	3,0	1,0	20	2,5	17
Двоокис азоту	2	0,085	0,085	5	0,042	3,8
Сірчистий ангідрид	3	0,5	0,05	10	0,2	1,0
Сажа	3	0,15	0,05	-	0,075	0,8
Акролеїн	2	0,03	0,03	0,2	0,015	0,4
Крезол	2	0,02	0,02	0,5	0,15	0,47
Неорганічний пил	3	0,5	0,15	1	0,02	5,3

Як видно за наведених даних, фактичні концентрації окису вуглецю, сажі, сірчистого ангідриду перевищують середньодобову ГДК, що може негативно вплинути на людей, які працюють на полігоні, або проживають поблизу.

Полігони ТПВ становлять значну небезпеку для довкілля, оскільки у разі їх розмивання атмосферними опадами в ґрунт, ґрунтові води та повітря потрапляють забрудники (важкі метали, пестициди, мийні засоби тощо), що містились у відходах або утворилися під час їх зберігання; в них можуть міститися збудники гепатиту, туберкульозу, шкірних захворювань тощо; під час гниття виділяються сморідні і токсичні гази: меркаптани, гідрогеносульфур, оксиди карбону, сульфуру, нітрогену; на них розмножуються гризуни, ними живляться інші тварини, які є збудниками чи носіями небезпечних захворювань; забруднення може потрапляти в рослини, а потім із ними – в організм людини. Вплив полігонів ТПВ на окремі частини оточуючого середовища було розглянуто раніше [11]. Тому розглянемо вплив окремих забруднювачів на довкілля та людину (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 - Вплив основних атмосферних забруднювачів з полігону ТПВ на довкілля та людину

Назва речовини	Вплив на довкілля та людину
1	2
Пил	Аеродисперсії (пил) змінюють клімат, особливо освітленість. Збільшується частота туманів, зменшується видимість і прозорість для ультрафіолетового випромінювання, погіршуються санітарно-побутові умови життя населення, спостерігається небезпечний вплив на розвиток рослин та організм людини. Тумани збільшують охолоджувальність тіла, гнітюче впливають на настрій та самопочуття людей. Дрібні часточки пилу проникають у дихальні шляхи і подразнюють слизові оболонки; закупорюють пори та знижують потовиділення; можуть викликати фіброзні зміни в легенях; посилюють шкідливу дію сірчистого ангідриду; адсорбують на своїй поверхні велику кількість різних речовин, що також спричиняє накопичення токсинів та їх негативну дію на організм. Часточки з гострими гранями можуть спричинити мікротравми дихального епітелію, порушувати його бар'єрну функцію, сприяти проникненню мікроорганізмів. Пил проникає у помешкання, забруднюючи їх, люди менше провітрюють свої помешкання, а отже, менше споживають свіжого повітря.
Сажа – твердий тонко- дисперсний продукт неповного згоряння вуглеводнів	Сажа впливає на поглинання сонячної енергії атмосферою і земною поверхнею. Викиди сажі впливають на альbedo – частку відбитого Землею сонячного випромінювання. Зменшення альbedo свідчить про збільшення поглинання сонячної енергії земною поверхнею. Сучасні дослідження показують, що сажа – другий найбільш значимий фактор сучасного потепління клімату, після парникового ефекту від вуглекислого газу, її внесок у потеплення може досягати 15-30%. Але якщо сажа попадає у високі шари атмосфери, то вона навпаки, стає охолоджувачим фактором, тому що перепиняє шлях до поверхні сонячним променям. Забруднення атмосфери сажею вражають фруктові дерева, ліси, сільськогосподарські культури та трав'яний покрив. Сажа закупорює пори рослин, ускладнює доступ сонячних променів, що сповільнює або припиняє фотосинтез. Негативний вплив сажі на здоров'я людини, її наявність приводить до легеневих захворювань і може викликати передчасну смерть. Забруднення споруд і будинків сажею та смолами призводить до руйнування будівельних матеріалів і корозії металів.
Окис вуглецю CO або чадний газ	За концентрації в повітрі більш як 1 % він негативно впливає на рослини, тварин і людину, понад 4 % - спричинює смерть. Токсичність чадного газу полягає в тому, що, потрапляючи в кров, він позбавляє еритроцити (червоні кров'яні тільця) здатності транспортувати кисень, настає кисневе голодування, задуха, запаморочення і навіть смерть. Він спричинює розлад серцево-судинної системи та розвиток атеросклерозу.
Двоокис азоту NO <sub>2</sub>	Поглинаються листям рослин, які втрачають після цього кормові якості та хворіють, приймають участь у хімічних реакціях при утворенні смогів та кислотних дощів. Для людини є значно небезпечнішим, ніж окис вуглецю. Сполучаючись з водою в дихальних шляхах, утворюють нітратну та нітритну кислоти, які спричинюють сильні подразнення слизових оболонок, загострення хронічних захворювань дихальних шляхів, бронхіти, ларингіти. Можуть викликати опіки слизових оболонок та шкіри. При спільному тривалому впливі двоокису азоту і окису вуглецю в організмі тварин порушується обмін вітамінів.

## Продовження табл. 2.3

1	2
Сірчистий ангідрид SO <sub>2</sub> або сірчаний газ	Може окислюватись до сірчаного ангідриду SO <sub>3</sub> , а далі при взаємодії з водою утворювати сірчану кислоту. За високих його концентрацій у рослинах швидко зникає хлорофіл, клітини розриваються і спостерігається некроз тканин, які набувають коричневого кольору. Подразнює слизову оболонку очей і дихальних шляхів людини. Тривала дія малих концентрацій цього газу призводить до виникнення хронічного гастриту, бронхіту, ларингіту та інших хвороб. Відомо про існування зв'язку між вмістом сірчаного газу в повітрі та рівнем смертності від раку легень.
Акролеїн CH <sub>2</sub> =CH-CHO (ненасичений альдегід)	Пари акролеїну дуже отрутні, вони подразнюють слизові оболонки і здійснюють загальну токсичну дію. Концентрація акролеїну 25 мг/м <sup>3</sup> важко переноситься людиною, а його вміст в атмосфері 350 мг/м <sup>3</sup> є смертельним. Акролеїн особливо шкідливий для макрофагів – імунних кліток, головних захисників легень. Акролеїн подразнює нервові закінчення в бронхах, сприяє почервонінню і слезоточивості очей, викликає приступи кашлю, може викликати удущня. Дуже шкідливий для людей з ГРЗ, хронічним бронхітом, астмою і захворюваннями дихальних шляхів. Незважаючи на його високу токсичність, часто використовують для боротьби з мікрофлорою навколишнього середовища, а також як інгібітор корозії, гербіцид і фунгіцид.
Крезол HO-C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> -CH <sub>3</sub> (похідна фенолу, де один атом водню замінено метильною групою)	Крезол всмоктується через респіраторний, шлунково-кишковий тракти, через слизові оболонки та шкіру. Після надходження в організм крезол розподіляється в тканинах і органах, у яких їх ще можна знайти через 12-14 годин після всмоктування в кров. Невелика кількість крезолів в організмі піддається окисленню. Метаболіти виділяються з організму нирками. Незначна кількість крезолів, що надійшли в організм, виділяється в незв'язаному виді з видихуванним повітрям. При контакті зі шкірою можуть виникнути подразнення, шкірні опіки, рубцювання, системне отруєння і навіть смерть. Органамі-мішенями для крезолів, що надійшли в організм пероральним шляхом, є кров і нирки, легені, печінка, серце та центральна нервова система. При попаданні до організму людини пероральним шляхом викликає опік рота і горла, болі в животі та нудоту, може наступити кома і смерть. Тривалий вплив крезолу в дозах, що незначно перевищують ГДК, викликає системну поразку верхніх дихальних шляхів, легень, міокарда і печінки, приводить до зниження функціональної активності лейкоцитів. Дуже мало відомо про вплив крезолів на репродукцію людини, і немає даних про його канцерогенні властивості у відношенні людини.
Метан CH <sub>4</sub>	Метан є одним з парникових газів, що викликають парниковий ефект. Є вибухонебезпечним. Емісія в атмосферу метану с поверхні смітників земної кулі становить щорічно 10 - 30 млрд. м <sup>3</sup> . При значних перевищеннях нормативів може викликати у людини подразнення дихальних шляхів, нудоту, запаморочення, сонливість, розлад дихання й кровообігу.

Сучасні типові міські смітники твердих побутових відходів є значним джерелом емісії газоподібного метану в атмосферу Землі. Вони містять велику кількість органічних відходів. Накопичуючись у товщі смітника в умовах обмеженого доступу кисню, органічні речовини під дією природних метаноутворюючих бактерій піддаються процесу анаеробній ферментизації з утворенням, так званого біогазу (суміші метану й вуглекислого газу). Біогаз поступово просочується через товщу смітника й попадає в атмосферу Землі. Утворення біогазу починається через 4-5 років після засипання смітника й може тривати десятиліттями. Емісія в атмосферу метану з поверхні смітників земної кулі становить щорічно 10-30 млрд. м<sup>3</sup>.

Ще на початку 80-х років минулого сторіччя з'ясувалося, що використання біогазу зі смітника може мати серйозне економічне значення для створення генераторів тепла й електроенергії. Зараз у ряді країн (США, Канада, Данія й ін.) створені десятки пристроїв і агрегатів для використання смітничого газу, як поновлюваного джерела енергії.

Наприклад, у США більше 150 великих смітників використовуються для одержання тепла й електроенергії в ряді господарських і житлових об'єктів.

Основні джерела біогазу - такі фракції сміття як папір, деревина, текстиль, харчові відходи. Активне газоутворення начитається приблизно із третього року від початку складування. Перші 15-20 років 1м<sup>3</sup> відходів при розкладанні виділяє 1,0-1,5 м<sup>3</sup>/рік біогазу та надалі інтенсивність виділення його різко скорочується. Період повного розкладання становить близько 50 років. Біогаз, що утвориться на смітнику, можна без попередньої підготовки використовувати як паливо для котлів і печей, а після відповідного очищення - як паливо для газових двигунів і турбін.

Процес утворення біогазу відбувається при анаеробному збродженні органічних речовин (за відсутністю кисню). Послідовність процесу наведено на рис. 2.7.

Як це видно з рис. 2.7, процес складається з двох етапів. На першому етапі складні органічні полімери (клітини, білки, жири, тощо) під дією різних видів анаеробних бактерій розкладаються до простіших сполук: летючих жирних кислот, нижчих спиртів, водню та оксиду вуглецю, оцтової та мурашиної кислот, метилового спирту. На другому етапі бактерії перетворюють органічні кислоти на метан, вуглекислий газ та воду.

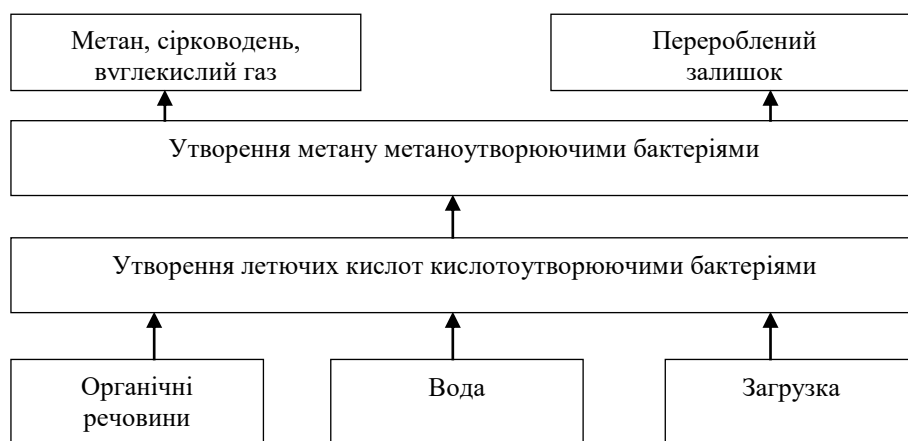


Рисунок – 2.7 Послідовність процесу утворення біогазу

Відомо, що кожна тонна побутових відходів складає приблизно від 150 до 250 кг органічних речовин, які біологічно розкладаються. В умовах присутності кисню бактеріальне розкладання органічних речовин проходить 4 фази, в кінцевому результаті утворюється газ смітників.

Склад газу зі смітників в процесі розвитку окремих фаз показаний на рис. 2.8.

У ході першої фази (Фаза 1) зібрані на сміттєвому смітнику відходи містять досить кисню, що дозволяє мати місце аеробному біологічному розкладанню. Кисень поступово виділяється у вигляді  $\text{CO}_2$ . Пізніше, коли кисень стає практично вичерпанним, починається друга фаза (Фаза 2). Ця друга фаза називається стадією кислотного шумування в процесі розкладання відходів і має місце приблизно через 2 тижні після початку розкладання. У цей час речовини, такі як целюлоза, білки й жири розкладають, даючи вихід

субстратам, які далі біологічно розкладають у ланцюгові жирні кислоти,  $\text{CO}_2$  і  $\text{H}_2$ . Утворення  $\text{CO}_2$  і  $\text{H}_2$  досягає максимуму в ході цієї фази. У ході стадії кислотного шумування мікроби, відповідальні за утворення метану при розкладанні, починають самі утворюватися в сміттєвих відходах, де практично повна відсутність кисню.

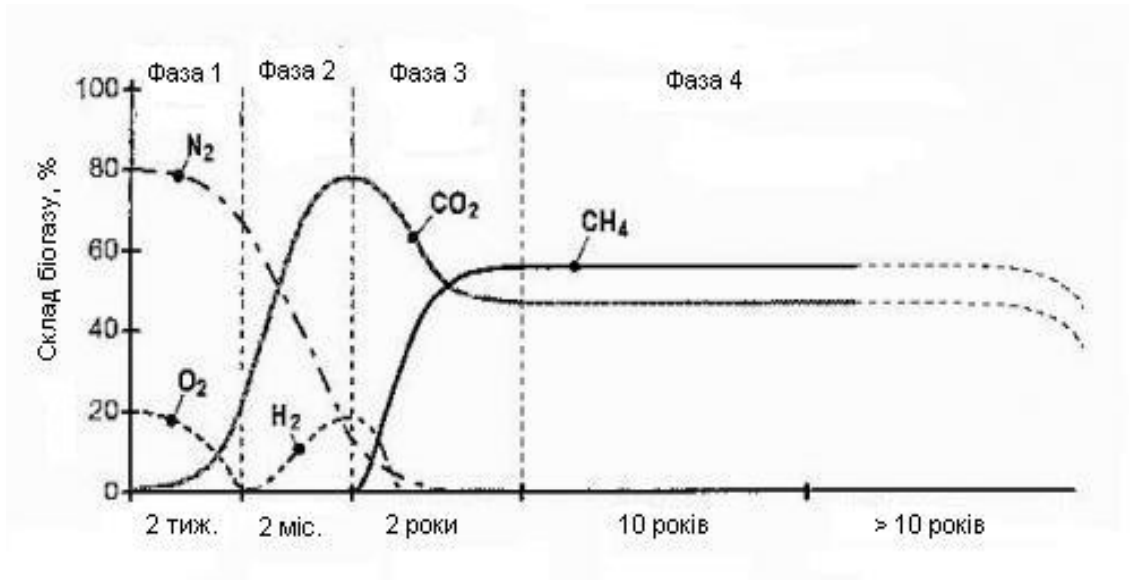


Рисунок 2.8 – Діаграма складу газу зі смітників

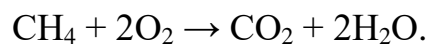
Третя фаза (Фаза 3) у процесі розкладання відходів починається коли утворення біогазу стає практично кількісним. Третя фаза реально починається через 3-4 місяця. Швидкість утворення газу стабілізується в межах 2-3 років і після цього починається четверта фаза (Фаза 4). У четвертій фазі «газовий реактор» буде поставляти газ постійного складу протягом тривалого періоду. У той час як більшість речовин перебувають у складі відходів і у фазі розкладання, пари води є безперервним супутнім продуктом, який у процесі виділення газу створює специфічні проблеми.

Складність використання біогазу зі смітників полягає в декількох причинах. По-перше, біогаз виділяється нерівномірно протягом року. Причому його основна кількість виділяється влітку, а взимку, у період опалювального сезону, біогаз практично не виділяється. По-друге, смітник являє собою біохімічний реактор зі стінками з ущільненої глини, які в стані

витримувати тільки незначний перепад тиску. Цей перепад не може забезпечити значну швидкість транспортування біогазу до колектора. По-третє, наявність шкідливих і баластових домішок у складі біогазу вимагає його попередньої підготовки перед його використанням як паливо в котельнях, газових турбінах, двигунах внутрішнього згорання. Основні етапи підготовки біогазу до використання наступні: очищення від зважених часток, видалення сірководню, відділення вологи й зменшення кількості діоксиду вуглецю. По-четверте, біогаз виділяється в незначних (для економічного використання) кількостях 1,0-1,5 м<sup>3</sup>/рік з 1 м<sup>3</sup> відходів, що робить не вигідним використання невеликих смітників побутових відходів.

Один кубічний метр сміттового газу має енергетичний еквівалент від 4 до 5 кВт·год, що відповідає приблизно 0,5 л паливного мазуту. Якщо припустити, що 1 тонна побутових відходів має потенціал виробництва 180-250 м<sup>3</sup> газу за період 15-20 років, то енергетичний потенціал, схований у санітарних сміттових смітниках стає зрозумілим.

У висновку треба сказати, що в кінцевому результаті проблема обмеження емісії метану в атмосферу зі смітників - у максимальному використанні його для одержання енергії при окислюванні:



У результаті реакції одна молекула метану утворить одну молекулу діоксиду вуглецю, що, крім отриманої енергії, зменшує парниковий ефект, викликуваний метаном, приблизно в 20 разів.

Шкідливий вплив газів, що утворюються в смітниках під впливом бактерій, часто перевищує шкідливий вплив промислових підприємств на навколишнє середовище. І це тільки без обліку всякого роду небезпек самого знаходження таких смітників поблизу проживання людей. У той же час, використання таких технологій, як виділення природного газу зі смітників, дає колосальний економічний ефект від виробленої з нього електроенергії й ще більший ефект від зниження шкідливих викидів у навколишню



атмосферу, який піддається розрахункам при застосуванні норм і вимог Кіотського протоколу.

Виявлено, що біогаз, отриманий при анаеробній переробці біомаси, є одним із найбільш перспективних нетрадиційних енергоресурсів, тому що при заміні дорогого традиційного палива, біогазові технології які ефективно переробляють органічні відходи дозволяють підвищити чистоту виробничих процесів. У більшості розвинутих країнах біогаз широко використовується для освітлення, опалення, приготування їжі, для приведення в дію механізмів, транспорту, електрогенераторів. Україна також має дуже гарні перспективи для розвитку технології видобутку біогазу зі сміття. Високий рівень урбанізації країни й відносно теплий клімат визначають високий кількісний потенціал смітничого газу в Україні, але на жаль зараз цей потенціал практично не використовується [15].

#### 2.4 Розрахунок очікуваної кількості біогазу з полігону ТПВ

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

Біогаз може використовуватись як паливо для енергетичних установок (котлоагрегати, промислові печі, стаціонарні двигуни-генератори) або для заправки в балони. Метод утилізації біогазу визначається під час розроблення технічного завдання на проектування системи збирання та утилізації біогазу для конкретного полігона ТПВ.

Приблизний склад біогазу наведено у табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Якісний та кількісний склад біогазу

Найменування речовини	Метан	Діоксид вуглецю	Водень	Сірководень	Азот	Ароматичні вуглеводні	Галогеноароматичні вуглеводні	Інші гази
Кількість, %	60	30	0,7	2	1,5	0,5	0,2	5,1

Теплотворна здатність біогазу – 18-25 МДж/м<sup>3</sup>. Межі вибухо-небезпечності суміші біогазу з повітрям – 5-15 %.

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

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

$$V_{p.б} = P_{ТПВ} \cdot K_{л.о} \cdot (1-Z) \cdot K_p, \text{ м}^3 \quad (2.1)$$

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

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

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

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

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

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

$$V'_{p.б} = V_{p.б} \cdot K_c \cdot K, \text{ м}^3 \quad (2.2)$$

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

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

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

Під час розрахунків слід приймати такі величини:

- вагова кількість біогазу, одержуваного при анаеробному розкладанні,

- 1 т біогазу з 1 т розкладеної беззольної речовини ТПВ;
- об'ємна маса біогазу - 1 кг/м<sup>3</sup>;
- теплотворна здатність біогазу - 5 000 ккал/м<sup>3</sup> (~21 МДж/м<sup>3</sup>).

Розглянемо випадок, коли загальна маса ТПВ, що складається на полігоні ( $P_{ТПВ}$ ) дорівнює 750 000 000 т; вміст органіки, що легко розкладається, в 1 т відходів  $K_{по}=0,6$ ; зольність органічної речовини  $Z=0,25$ ; максимально можливий ступінь анаеробного розкладання органічної речовини за розрахунковий період  $K_p=0,45$ . Тоді очікувана кількість біогазу, що виділяється при анаеробному розкладанні 1 т ТПВ, дорівнюватиме (формула 2.1):

$$V_{p,6} = 750\,000\,000\,000 \cdot 0,6 \cdot (1-0,25) \cdot 0,45 = 151\,875\,000\,000 \text{ м}^3.$$

Питомий об'єм біогазу, що можна зібрати з 1 т твердих побутових відходів за весь період експлуатації системи збирання біогазу, знаходимо за формулою 2.2:

$$V'_{p,6} = 151\,875\,000\,000 \cdot 0,5 \cdot 0,7 = 53\,156\,250\,000 \text{ м}^3.$$

## 2.5 Розробка систем збирання та утилізації біогазу полігонів ТПВ

До проекту системи збирання біогазу, як правило, входять:

- свердловини;
- газозбірні пункти з трубопроводами біогазу від свердловин;
- проміжні і магістральний газопроводи;
- дегазаційна установка для вилучення біогазу зі свердловин (переважно - водокільцеві вакуумні насоси);
- вузол підготування біогазу до утилізації (осушення та очищення);
- накопичувальна місткість біогазу (газгольдер);

- свіча для спалювання біогазу (в аварійних ситуаціях або за наявності надлишку). Проект системи збирання біогазу виконують відповідно до технічного завдання.

З урахуванням розпланування території полігона ТПВ на черги, що забезпечують приймання ТПВ протягом 3-5 років кожна, провадиться трасування газопроводів із визначенням місць улаштування свердловин, оптимального розташування газозбірних пунктів, загального магістрального газопроводу, порядку підключення груп свердловин. Гідравлічний розрахунок газопроводів слід робити, приймаючи ламінарний режим руху біогазу і швидкість руху по газопроводу в межах 0,5-1 м/с.

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

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

За першим варіантом у основі робочої карти монтують колодязі зі збірних залізобетонних кілець діаметром 0,7-1 м. Нарощування колодязів ведуть у міру заповнення ТПВ робочої карти. У кільцях роблять пропили або перфораційні отвори. Всередині колодязів встановлюють перфоровані труби (пластмасові або азбестоцементні) діаметром 100-120 мм. Простір між внутрішніми стінками колодязя та перфорованими трубами засипають щебенем фракцій 40-70 мм. Відстань між колодязями приймають 30-40 м для вільного маневрування сміттєвозів. До колодязів через кожні 2 м за висотою, як правило, підводять 3-4 горизонтальні дрени довжина кожної з яких становить 10-15 м. Горизонтальні дрени виконують із перфорованих пластмасових труб діаметром 50-60 мм, покладених на щебеневу основу (щебінь фракції 20-40 мм). Заповнення робочої карти провадиться шарами, із пересипанням (грунтом, глиною) через кожні 2 м за висотою до завершення формування газоносного шару загальною висотою 8-10 м. Після цього верхня частина ТПВ ізолюється шаром глини товщиною 1 м.

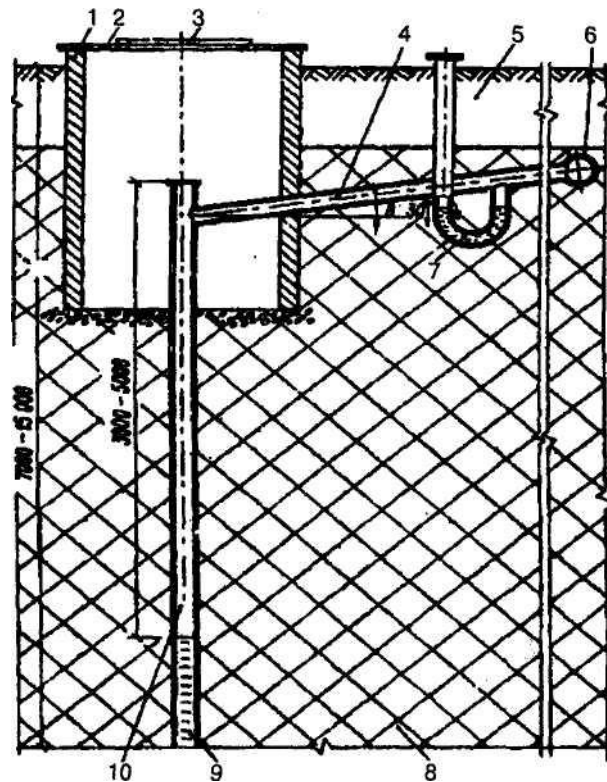
За другим варіантом для збирання біогазу на полігоні ТПВ після заповнення карти до проектної відмітки та влаштування покрівлі, буровим способом споруджують свердловини з кроком 30-40 м. Свердловину бурять до основи полігона ТПВ. Для буріння використовують установки обертального буріння з діаметром бура 200-300 мм. Для облаштування газових свердловин рекомендується використовувати перфоровані полімерні труби діаметром 100-150 мм. Перфорація труб провадиться свердлом діаметром 18 мм по колу через 60°, відстань між отворами 50 мм. Верхня частина труби довжиною 1,5-2 м повинна бути суцільною, без перфорації. Нижня частина свердловини висотою до 0,5 м засипається щебенем фракцій 40-70 мм. Простір між трубою і стінкою свердловини засипається щебенем фракцій 20-40 мм. Верхня частина свердловини заливається бетоном на глибину 0,8-1 м. На поверхню виводиться неперфорована частина труби заввишки 0,7-0,8 м. Оголовки свердловини захищають від механічних ушкоджень залізобетонними кільцями діаметром 1-1,5 м (рис. 2.9).

Газозбірні свердловини з'єднують горизонтальними полімерними трубопроводами діаметром 50-80 мм, по яких біогаз надходить у камери первинного збирання (гадозбірні пункти), розташовані на поверхні полігона ТПВ, які об'єднують по 8-12 свердловин. Труби прокладають із невеликим ухилом (3%) до газозбірних пунктів для стікання сконденсованої вологи біогазу, у нижніх точках газопроводу встановлюють конденсатозбірники.

Трубопроводи від газозбірних пунктів об'єднують у магістральний трубопровід, по якому біогаз надходить до дегазаційної установки, розміщеної в господарській зоні полігону ТПВ.

Проміжні і магістральні газопроводи доцільно прокладати на шарі твердих побутових відходів, з часу укладання яких минуло щонайменше 6 місяців. Труби вкладають на металеві (швелер № 14 - 20) або залізобетонні (бордюрний камінь) підкладки довжиною 40-50 см із кроком 2,5-3 м.

Прокладати газопроводи на поверхні полігона ТПВ необхідно у футлярах або обсіпці з теплоізоляційних матеріалів.



1 – залізобетонний колодязь; 2 – люк, 3 – кришка люка; 4 – трубопровід; 5 – шар ізолюючого матеріалу; 6 – камера первинного збирання; 7 – сифон з отворами для зливання води; 8 – шар ТПВ; 9 – фільтр; 10 – свердловина з газозбірною полімерною трубою

Рисунок 2.9 – Поздовжній розріз рекомендованого улаштування вертикальної газозбірної свердловини

Для обладнання газових свердловин і транспортування біогазу, як правило, застосовують труби з поліетилену низького тиску з маркіруванням «газ», типу «С». З'єднання труб виконуються зварюванням. Рознімні з'єднання поліетиленових труб зі сталевими трубами, компенсаторами і запірною арматурою виконуються на переходах під фланець.

Труби повинні бути випробувані гідравлічним тиском не нижче 0,6 МПа або мати запис у сертифікаті про гарантовану величину гідравлічного тиску, що відповідає вимогам стандартів або технічних умов на труби. З'єднувальні частини і деталі повинні бути заводського виготовлення і відповідати вимогам державного стандарту. Для ущільнення фланцевих

з'єднань варто застосовувати прокладки з пароніту (марки ПМВ) завтовшки 4 мм або гуми олієбензостійкої завтовшки 3-5 мм.

У газозбірних пунктах установлюють запірно-регулюючу арматуру і передбачають відбірні устрої на трубопроводах від свердловин для контролю хімічного складу біогазу. При виборі запірної арматури слід враховувати умови її експлуатації за тиском і температурою (табл. 2.5).

Таблиця 2.5 – Рекомендований вибір запірної арматури

Матеріали запірної арматури	Умови застосування	
	Тиск газу, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), не більше	Температура, °С.
Ковкий чавун	1,6 (16)	не нижче мінус 35
Вуглецева сталь	1,6 (16)	не нижче мінус 40
Легована сталь	1,6 (16)	нижче мінус 40
Латунь, бронза	1,6 (16)	не нижче мінус 35

Вентилі, крани, засувки поворотні повинні бути призначені для газового середовища. Конструкція регуляторів тиску біогазу повинна задовольняти таким вимогам:

- зона пропорційності не повинна перевищувати 20% верхньої межі настроювання вихідного тиску для комбінованих регуляторів;

- зона нечутливості не повинна становити більше 2,5% верхньої межі настроювання вихідного тиску;

- постійна часу (час перехідного процесу регулювання при різких змінах витрати газу або вихідного тиску) не повинна перевищувати 60 с.

Для виготовлення гнутих і зварюваних компенсаторів варто використовувати труби, рівноцінні прийнятим для відповідного газопроводу. Застосування сальникових компенсаторів на газопроводах не допускається.

Скидання надлишкової води, що утворюється в циркуляційній системі водокільцевого вакуум-насоса дегазаційної установки, і періодично замінної циркуляційної води дегазаційної установки, а також видалення конденсату з конденсатозбірників і вологовідділювача повинно здійснюватися в систему

збирання і відведення фільтрату полігона ТПВ. Для дегазації (очищення від розчиненого метану) рідини, що скидається, рекомендується застосовувати місткість із гідрозатвором і відводом на свічу газу, що виділяється.

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

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

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

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

Через підвищену вибухонебезпечність систем збирання і транспортування біогазу полігонів ТПВ до них ставляться особливі вимоги. Приміщення, в яких працюють установки збирання і транспортування біогазу полігонів ТПВ, слід відносити до категорії А за пожежевибухонебезпечністю.

Для забезпечення роботи системи збирання та утилізації біогазу слід передбачити контроль таких технологічних параметрів:

- тиску в трубопроводах біогазу;
- температури біогазу та оборотної води дегазаційної установки;
- витрати біогазу;
- вмісту в біогазі метану, діоксиду вуглецю, сірководню і кисню.

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

На щит технологічного контролю необхідно вивести світлозвукову сигналізацію, яка попередить про утворення небезпечних концентрацій кисню в трубопроводі біогазу і концентрацій метану в приміщеннях.



## **2.6 Заходи з забезпечення нормативного стану оточуючого середовища поблизу полігонів ТПВ**

На полігоні виконуються наступні основні види робіт: прийом, переробка (сортування), ущільнення та ізоляція ґрунтом ТПВ. Для забезпечення ефективної та екологічно безпечної експлуатації полігона необхідне проведення ряду охоронних, захисних і відбудовних заходів. Перелік цих заходів наведено у табл. 2.6.

Охоронні заходи включають моніторинг, оперативний контроль виділень шкідливих речовин на об'єкті, розрахунок сумарних забруднень по кожному інгредієнту, облік забруднень в екстремальних (аварійних) ситуаціях, розрахунок платежів за забруднення навколишнього середовища.

Задача моніторингу викидів містить у собі безупинний контроль за кількістю шкідливих викидів по інгредієнтах, при цьому використовується три різних принципи контролю:

- прямий метод вимірів;
- непрямий метод;
- контроль за збільшеними показниками на підставі статистичних даних.

Типова система моніторингу забруднення природних середовищ припускає створення системи точок спостереження за зміною стану приземного шару повітря, ґрунтового покриву, підземних і поверхневих вод.

Точки спостереження розташовуються, як правило, у місцях можливих найбільших концентрацій забруднюючих речовин і в місцях розташування житлових масивів, розташованих у зоні впливу полігона. Під час моніторингу полігона ТПВ здійснюється контроль забруднень на площадці складування, на границі санітарно-захисної зони і трьохкілометрової зони.

Таблиця 2.6 – Перелік заходів щодо забезпечення ефективної та екологічно безпечної експлуатації полігона ТПВ

Вид заходу		
Охоронні	Захисні	Відбудовні
<p>Моніторинг забруднювачів на ділянці складування та на межі СЗЗ, оперативний контроль виділень шкідливих речовин на об'єкті, розрахунок сумарних забруднень по кожному інгредієнту, облік забруднень в екстремальних (аварійних) ситуаціях, розрахунок платежів за забруднення навколишнього середовища. Під час моніторингу контролюються: у повітрі – CH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub> (пил), акролеїн, сажа, крезол; у воднім середовищі - забруднення води за бактеріологічним і хімічним складом в свердловинах, у шахтних колодязях, у водовідвідних каналах, стічному колодязі та котловані фільтрату, а також рівень фільтрату в котловані і колодязі; у ґрунті - якість гідроекрана котловану, якість і цілісності земляного покриття, забруднення на ділянці складування та у санітарній зоні, температура ТПВ в засипці, бактеріологічний аналіз, хімічний аналіз по важких металах.</p>	<p>До захисних заходів відносяться технологічні та планувальні. Технологічні: контроль маси ТПВ, (дозиметричний, вологість, вага, морфологічний склад); контроль висоти шару ТПВ, що відсипається; щільності укладання, ступеня ущільнення, величина ізольовуючого шару; контроль рівня і якості фільтрату в засипці ТПВ і фільтраційному колодязі, температури в засипці; контроль забруднення підземних і ґрунтових вод по контрольних свердловинах, шахтним колодязям; якісний і кількісний контроль забруднення ґрунту в межах полігона та СЗЗ; контроль забруднень в приземному шарі атмосфери в межах площадки та СЗЗ; контроль виділення метану з вентиляційних свердловин ТПВ.</p> <p>Планувальні: облаштування днища котловану площадки складування, протифільтраційного екрана котловану, колодязів і резервуара для відбору фільтрату; огороження площадки полігона і зміцнення укосів зеленими насадженнями; створення площадки для мийки сміттевозів з очисними спорудами з оборотним циклом водопостачання; облаштування смуги зелених насаджень і озеленення площадки.</p>	<p>Усунення наднормативного впливу і нормалізацію стану окремих компонентів навколишнього середовища. Наприклад, при несприятливих метеоумовах для нормалізації стану атмосферного повітря необхідно передбачати зниження викидів забруднюючих речовин за рахунок тимчасового зменшення кількості одночасно експлуатованої автотранспортної техніки. При аварійних ситуаціях, коли можливе улучення великої кількості фільтрату в підземні води і їх забруднення, необхідно передбачити відкачку підземних вод для зниження рівня водоносного шару, вивіз фільтрату на очисні споруди, зменшення обсягу зволоження ТПВ. По завершенні функціонування полігона необхідно здійснювати рекультивацію та озеленення відпрацьованої його частини.</p>

Контролюються наступні речовини:

- по повітрю –  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$  (пил), акролеїн, сажа, крезол;
- по водному середовищу - контроль забруднення води за бактеріологічним і хімічним складом в свердловинах вище і нижче по току, у шахтних колодязях, у водовідвідних каналах, стічному колодязі та котловані фільтрату, а також рівень фільтрату в котловані і колодязі;
- по ґрунту - контроль якості гідроекрана котловану, якості і цілісності земляного покриття, забруднень на площадці, у санітарній зоні і зоні спостереження, температуру ТПВ в засипці, бактеріологічний аналіз, хімічний аналіз по важких металах.

Метан є вибухонебезпечним газом, тому його виділення суворо контролюється. Проводиться суворий контроль і інших забруднювачів, оскільки при несприятливих метеорологічних умовах вони можуть перевищувати гранично допустимі значення, а також мати ефект сумачії.

Серед захисних заходів варто виділити технологічні, планувальні і захист окремих об'єктів.

#### **Технологічні:**

- контроль маси ТПВ, що надходить: дозиметричний, вологість, вага, морфологічний склад і т.п.; контроль висоти шару ТПВ, що відсипається; щільності укладання, ступеня ущільнення, величину ізолюючого шару;
- контроль рівня і якості фільтрату в засипці ТПВ і фільтраційному колодязі, температури в засипці;
- контроль забруднення підземних і ґрунтових вод по контрольних свердловинах, шахтним колодязям і в місцях добору проб поверхневих вод на відвідних канавах нижче полігона;
- якісний і кількісний контроль забруднення ґрунту в межах полігона, СЗЗ і зони спостереження;
- контроль забруднення в приземному шарі атмосфери в межах площадки, СЗЗ і зони спостереження;
- контроль виділення метану з вентиляційних свердловин ТПВ.

**Планувальні:**

- облаштування днища котловану площадки складування більш ніж на 2 м вище підземних вод;
- облаштування протифільтраційного екрана котловану товщиною 1 м із глини з коефіцієнтом фільтрації не більш  $10^{-5}$  см/с з водовідвідними лотками для відводу фільтрату в колодязь;
- облаштування колодязів і резервуара для відбору фільтрату;
- облаштування вентиляційних свердловин з азбестоцементних перфорованих труб у товщі ТПВ;
- огороження площадки полігона і зміцнення укосів зеленими насадженнями;
- спорудження ґрунтового водозахисного вала уздовж границь полігона;
- створення площадки для мийки сміттєвозів з очисними спорудами з оборотним циклом водопостачання;
- створення ділянки для обмивки коліс лізолом при виїзді з полігона;
- створення витяжної вентиляції з механічним спонуканням від бака для готування дезинфікуючого розчину;
- пристрій свердловини водозабору технічної води і перехоплення витоків фільтрату в аварійних ситуаціях;
- облаштування смуги зелених насаджень і озеленення площадки.

Відбудовні заходи передбачають усунення наднормативного впливу і нормалізацію стану окремих компонентів навколишнього середовища. Наприклад, при несприятливих метеоумовах для нормалізації стану атмосферного повітря необхідно передбачати зниження викидів забруднюючих речовин за рахунок тимчасового зменшення кількості одночасно експлуатованої автотранспортної техніки. При аварійних ситуаціях, коли можливе улучення великої кількості фільтрату в підземні води і їх забруднення, необхідно передбачити відкачку підземних вод для зниження рівня водоносного шару, вивіз фільтрату на очисні споруди,

зменшення обсягу зволоження ТПВ. По завершенні функціонування полігона необхідно здійснювати рекультивацію та озеленення відпрацьованої його частини [4].

## **2.7 Основні технічні рішення, спрямовані на зниження шкідливого впливу полігонів**

Для зниження шкідливого впливу полігонів необхідно передбачати спеціальні природоохоронні споруди:

- протифільтраційні екрани в основі зони складування для захисту ґрунтових вод;
- безстічні системи збору і використання фільтрату;
- відвід зливових вод канавами (лотками) для запобігання ерозійних процесів і зменшення обсягу фільтрату;
- свердловини для спостережень, облаштовані стаціонарними насосами для оперативного контролю якості ґрунтових вод;
- побутові свердловини технічної води;
- вентиляційні свердловини;
- колодязі для збору і контролю рівня фільтрату.

У процесі експлуатації передбачається контроль фільтрату і води у водовідвідних канавах. При погіршенні якості ґрунтових вод необхідно передбачати наступні аварійні заходи:

- включення стаціонарних насосів у свердловинах для скиду забрудненого стоку;
- відкачка фільтрату в максимальних обсягах з відводом його на очисні споруди;
- зменшення обсягів зволоження ТПВ;
- виконання дослідницьких робіт з визначення причин погіршення якості ґрунтових вод і ухвалення рішення по ліквідації причин аварійної ситуації.

Після заповнення кожної черги полігона здійснюється його закриття з виконанням наступних заходів:

- відсипання верхнього ізолюючого шару ґрунтом  $H = 1,0\text{м}$ ;
- періодичний збір фільтрату, що утворюється, і його вивіз;
- посадка дерев листяних порід [6].

В умовах реалізації зазначеного комплексу заходів щодо забезпечення нормативного стану навколишнього середовища на полігоні ТБО не повинні виникати проблеми, зв'язані з поширенням хвороб, забрудненням води і повітря та інші негативні наслідки.

Своєчасне засипання землею ТПВ з ущільненням охороняє засипку від виділення запахів, проникнення до неї мух і пацюків, а також птахів.

Завдяки моніторингу за станом поверхні засипки можуть бути вчасно виявлені відхилення від норми: порушення покрову при осіданні ТПВ, поява мух у літній період, потрапляння пацюків у земляну засипку. У цих випадках передбачена ліквідація відхилення від норми шляхом проведення засипання тріщин, що з'явилися, дезінфекції, застосування отрут проти пацюків і різних способів відлякування птахів (холості постріли, відтворення на магнітофонах сигналу небезпеки).

Забруднення атмосферного повітря за рахунок виділення метану при гнитті ТПВ не повинне перевищувати припустимих норм. Але тому що він є вибухонебезпечним, передбачені міри проти можливого його скупчення в засипанні, шляхом установа дренажних пристроїв і контроль за концентрацією метану в зоні виділення, контроль температури в засипці.

Облаштування систем збору та переробки біогазу.

Контроль забруднення приземного атмосферного повітря двоокисом азоту, двоокисом сірки та акролеїном дозволяє уникнути можливого короткочасного досягнення гранично допустимих концентрацій при несприятливих метеороумовах шляхом своєчасного зменшення викидів від автотранспортної техніки за рахунок зменшення числа працюючих машин.

Виконання вимог по захисту полігона від потрапляння поверхневих вод на ділянку складування дозволяє гарантовано уникнути влучення в них забруднюючих речовин із ТПВ. Захист дна котловану від проникнення фільтрату в підземні води, своєчасний збір фільтрату і вивід його на очисні споруди дозволить локалізувати забруднення вод у районі полігона. У випадку аварійних ситуацій протікання фільтрату в підґрунтові води потрібно передбачати відкачку підземних вод через контрольні свердловини з метою запобігання забруднення через підземні води.

Тобто застосування комплексу захисних заходів дозволить забезпечити нормативний стан навколишнього середовища поблизу полігона ТПВ.

## **2.8 Розрахунок приведеної маси річного викиду забруднень в атмосферу**

У даній кваліфікаційній роботі розглянуто проблеми пов'язані з забрудненням оточуючого середовища полігонами твердих побутових відходів. Відмічено, що при нормативному функціонуванні полігона і при здійсненні заходів щодо захисту навколишнього середовища вплив повинен бути в межах екологічних норм, але слід враховувати необхідність виведення земель з категорії «сільськогосподарські» та присутність викидів забруднюючих газів (біогазу) з поверхні полігону у повітря. Приблизний склад викидів в атмосферне повітря від полігону ТПВ наведено у табл. 2.2.

У кваліфікаційній роботі запропоновано встановити систему збирання та утилізації біогазу на полігоні ТПВ. Використання біогазу вважають сьогодні перспективним напрямком в енергетиці. На полігонах ТПВ біогаз утворюється у великих кількостях. Використання біогазу зі смітників дозволить дістати значні кошти від цієї технології, поліпшити екологію. Кількість забруднювачів повітря після облаштування газозбірною устаткування для збору біогазу значно зменшиться.

Для метану  $M_l=500$  т/рік,  $M_p=100$  т/рік; для окису вуглецю  $M_l=15$  т/рік,  $M_p=2$  т/рік; для двоокису азоту  $M_l=3,8$  т/рік,  $M_p=0$  т/рік; для сірчистого ангідриду  $M_l=0,5$  т/рік,  $M_p=0,5$  т/рік; для сажи  $M_l=0,8$  т/рік,  $M_p=0$  т/рік; для акролеїну  $M_l=0,3$  т/рік,  $M_p=0,1$  т/рік; для крезолу  $M_l=0,47$  т/рік,  $M_p=0$  т/рік; для пилу  $M_l=10$  т/рік,  $M_p=4,7$  т/рік, де  $M_{li}$  – обсяг викиду  $i$ -ї забруднюючої речовини в межах ліміту, т/рік;  $M_{pi}$  – обсяг перевищуючого ліміт викиду (різниця між обсягом фактичного викиду і ліміту  $i$ -ї забруднюючої речовини)  $i$ -ї речовини, т/рік.

Оскільки після впровадження запропонованих природоохоронних заходів обсяги фактичних викидів метану, окису вуглецю, сірчистого ангідриду, двоокису азоту зменшаться на 90% та не перевищуватимуть ліміти.

Значення приведеної маси річного викиду забруднень в атмосферу визначається по формулі:

$$M = \sum_{i=1}^n A_i \cdot m_i = \sum_{i=1}^n M_i, \text{ умовн. т/рік} \quad (2.3)$$

де  $A_i$  – показник відносної агресивності домішки  $i$ -го виду, умовн.т/т;

$m_i$  – маса річного викиду  $i$ -ї домішки підприємством, т/рік;

$i$  – вид домішки ( $i=1, 2,3,\dots,n$ ).

Для визначення показника відносної агресивності домішки  $i$ -го виду користуються формулою:

$$A_i = a_i \cdot \alpha_i \cdot \delta_i \cdot \lambda_i \cdot \beta_i \quad (2.4)$$

де  $a_i$  – показник, що характеризує відносну небезпеку присутності домішки в повітрі, що вдихається людиною;

$\alpha_i$  – показник, що враховує імовірність накопичення початкової домішки або вторинних забруднювачів у компонентах навколишнього середовища і



ланцюгах харчування, а також надходження домішки в організм людини неінгаляційним шляхом. Для усіх перерахованих забруднювачів  $\alpha = 1$ ;

$\delta_i$  – виправлення, що характеризує шкідливий вплив домішки на інших реципієнтів (крім людини). Для метану, сажи, акролеїну, окису вуглецю, крезолу, пилу  $\delta = 1,2$ ; для двоокису азоту та сірчистого ангідриду  $\delta = 1,5$ ;

$\lambda_i$  – виправлення на імовірність вторинного надходження домішок в атмосферу після їх осідання на поверхнях. Для пилу  $\lambda = 1,2$ ; для усіх інших випадків  $\lambda = 1$ ;

$\beta_i$  – виправлення на імовірність утворення з вихідних домішок, викинутих в атмосферу, інших (вторинних) забруднювачів, більш небезпечних, ніж початкові. Для всіх речовин  $\beta = 1$ .

Показник, що характеризує відносну безпеку присутності домішки в повітрі, що вдихається людиною, задає рівень безпеки стосовно рівня безпеки оксиду вуглецю і знаходиться по формулі:

$$a_i = \left( \frac{60}{\text{ГДК}_{с.д.i} \cdot \text{ГДК}_{р.з.i}} \right)^{0,5} \quad (2.5)$$

де  $\text{ГДК}_{с.д.i}$  – середньодобова гранично допустима концентрація для  $i$ -ї речовини;

$\text{ГДК}_{р.з.i}$  – гранично допустима концентрація робочої зони для  $i$ -ї речовини.

Величина виправлення  $f$ , що враховує характер розсіювання домішок в атмосфері, що залежить від швидкості осідання домішки або від коефіцієнта очищення, для пилу складає 10, а для газів знаходиться по формулі:

$$f = \frac{100}{100 + \varphi \cdot h^4} \cdot \frac{4}{1 + u} \quad (2.6)$$

де  $\varphi$  - поправка, яка враховує підйом факела викиду;

$h$  – висота підйома, м;

$u$  – середньорічне значення модуля швидкості вітру на рівні флюгера, якщо швидкість вітру невідома, то приймається  $u=3$  м/с.

В нашому випадку – полігон ТПВ - низьке неорганізоване джерело викиду, тобто  $h=0$  м, а газу ненагріті, тому  $\varphi=1$ . Таким чином виправлення  $f$  дорівнюватиме (формула 2.6):

$$f = \frac{100}{100 + 1 \cdot 0^4} \cdot \frac{4}{1 + 3} = 1,33$$

Розрахуємо показники, що характеризують відносні небезпеки присутності домішок в повітрі,  $a_i$  (формула 2.5):

$$\begin{aligned} a_{\text{метан}} &= \left( \frac{60}{0,5 \cdot 50} \right)^{0,5} = 1,55; & a_{\text{окис вуглецю}} &= \left( \frac{60}{1 \cdot 20} \right)^{0,5} = 1,73; \\ a_{\text{двоокис азоту}} &= \left( \frac{60}{0,085 \cdot 5} \right)^{0,5} = 11,88; & a_{\text{сірчистий ангідрид}} &= \left( \frac{60}{0,05 \cdot 10} \right)^{0,5} = 10,95; \\ a_{\text{сажа}} &= \left( \frac{60}{0,05 \cdot 0,15} \right)^{0,5} = 89,44; & a_{\text{акролеїн}} &= \left( \frac{60}{0,03 \cdot 0,2} \right)^{0,5} = 100; \\ a_{\text{крезол}} &= \left( \frac{60}{0,02 \cdot 0,5} \right)^{0,5} = 77,46; & a_{\text{пил}} &= \left( \frac{60}{0,15 \cdot 1} \right)^{0,5} = 20. \end{aligned}$$

Тоді для перерахованих речовин показники відносної агресивності  $A_i$  дорівнюватимуть (формула 2.4):

$$\begin{aligned} A_{\text{метан}} &= 1,55 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 1,86; & A_{\text{окис вуглецю}} &= 1,73 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 2,08; \\ A_{\text{двоокис азоту}} &= 11,88 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 1 = 17,82; & A_{\text{сірчистий ангідрид}} &= 10,95 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 1 = 16,43; \\ A_{\text{сажа}} &= 89,44 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 107,33; & A_{\text{акролеїн}} &= 100 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 120; \\ A_{\text{крезол}} &= 77,46 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 92,95; & A_{\text{пил}} &= 20 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 24. \end{aligned}$$

Значення приведеної маси річного викиду забруднень в атмосферу до реалізації природоохоронних заходів  $M$  визначаємо по формулі 2.3:

$$M_{\text{газів } 1} = 1,86 \cdot 600 + 2,08 \cdot 17 + 17,82 \cdot 3,8 + 16,43 \cdot 1 + 107,33 \cdot 0,8 + 120 \cdot 0,4 + 92,95 \cdot 0,47 = \\ = 1413,06 \text{ умовн. т/рік}$$

$$M_{\text{пилу } 1} = 24 \cdot 5,3 = 127,2 \text{ умовн. т/рік.}$$

Розрахуємо розмір збитків після реалізації природоохоронних заходів  $U_{\text{атм.2}}$ . Фактичні маси викидів складатимуть: метан 60 т/рік, окис вуглецю 1,7 т/рік, двоокис азоту 0,38 т/рік, сірчистий ангідрид 0,1 т/рік, маси інших викидів не зміняться;  $M_{\text{пилу } 2} = 127,2$  умовн. т/рік. Звідси:

$$M_{\text{газів } 2} = 1,86 \cdot 60 + 2,08 \cdot 1,7 + 17,82 \cdot 0,38 + 16,43 \cdot 0,1 + 107,33 \cdot 0,8 + 120 \cdot 0,4 + 92,95 \cdot 0,47 = \\ = 301,10 \text{ умовн. т/рік.}$$

### **3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА**

Дана кваліфікаційна робота передбачає розробку заходів із забезпечення ефективної та екологічно безпечної експлуатації полігону твердих побутових відходів. На даному об'єкті використовується грузовий автотранспорт, у зв'язку з чим обов'язковим у господарській зоні полігону є склад паливно-мастильних матеріалів. Тому в даному розділі розглянуті основні шкідливі та небезпечні фактори на складах паливно-мастильних матеріалів.

#### **3.1 Основні шкідливі та небезпечні фактори**

На складах паливо-мастильних матеріалів (ПММ) працівники можуть підпадати під дію наступних шкідливих та небезпечних виробничих факторів: підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищена або знижена температура поверхонь устаткування складів та повітря робочої зони; підвищена або знижена вологість, рухливість повітря; підвищена напруга у електричному ланцюзі, замикання якої може пройти крізь тіло людини; підвищений рівень статичної електрики та електромагнітних випромінювань; відсутність або нестача світла у робочій зоні; дія ударної хвилі; потрапляння ПММ та спецрідин на відкриті ділянки тіла; потрапляння ПММ та спецрідин до організму людини крізь травний та дихальний тракти, що може викликати токсичну, подразнюючу, канцерогенну, мутагенну, сенсibiliзуючу дію та впливати на репродуктивну функцію.

Згідно з ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» [18] роботи у даному цеху відносяться до категорії Пб – фізичні роботи середньої важкості (загальні енерговитрати організму складають від 201 до 250 кКал/год. або 233-290 Вт). Виробниче приміщення відноситься до 4 категорії по класу безпеки і шкідливості так

як є наявність парів спецрідин у повітрі. Оптимальні, допустимі та фактичні параметри мікроклімату згідно з ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [19] наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Оптимальні, допустимі та фактичні параметри мікроклімату

Сезон року	Параметр	Фактичні значення	Оптимальні значення	Допустимі значення
Холодний	Температура, 0С	18-20	18-20	18-21
	Вологість повітря, %	60	40-60	40-75
	Швидкість руху повітря, м/с	0,3	<0,3	<0,4
Теплий	Температура, 0С	20-26	20-23	20-27
	Вологість повітря, %	60	40-60	40-70
	Швидкість руху повітря, м/с	0,3	0,2-0,5	<0,5

В приміщеннях складів ПММ передбачена вентиляція, що забезпечує нормальну температуру і вологість повітря. Фактичні значення температурних показників, вологість та швидкість руху повітря знаходяться у допустимих межах.

На складах ПММ у повітрі знаходяться шкідливі речовини: пари ацетону, бензину, керосину, лигроїну, спиртів етилового та метилового, уайтспіріту, дизпалива, аерозолі сірчаної та соляної кислот, свинцю та його неорганічних сполук, їдких лугів, тетраетилсвінець, окис вуглецю, газ вуглеводний сжижений для автомобільного транспорту, газ природний топливний стиснений (паливо для газобалонних автомобілів). Фактичні значення та ГДК шкідливих речовин згідно ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» [20] наведено у таблиці 3.2.

Відпрацьовані нафтопродукти за токсичністю відносяться до IV класу небезпеки. Якщо вони вміщують бензин, керосин та дизпаливо, то ці легкозаймисті речовини мають температуру займання 200-300<sup>0</sup>С.

Таблиця 3.2 – Значення припустимих і фактичних параметрів забруднення повітряного середовища у робочій зоні

Шкідливі речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Фактичні значення, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпечності
ацетон	200	150	IV
бензин розчинювач	300	200	IV
бензин	100	100	IV
керосин	300	250	IV
лигроїн	300	250	IV
спирт етиловий	1000	100	IV
спирт метиловий	5	3	III
уайтспирит	300	300	IV
скипідар	300	300	IV
кислота сірчана	1	0,1	II
кислота соляна	5	1	II
свинець та його неорганічні сполуки	0,01	0,01	I
тетраетилсвинець	0,005		I
окис вуглецю	20	25	IV
сірчистий ангідрид	10	5,0	III
газ вуглеводний сжижений для автомобільного транспорту у перерахунку на С для робочої зони	300	100	IV
луги їдкі у перерахунку на їдкий натр	0,5	0,3	II

ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» [20] встановлює ГДК парів вуглеводнів у повітрі робочої зони у межах 300 мг/м<sup>3</sup>. Шкідливий вплив на працівників складів ПММ здійснюють плівкоутворюючі компоненти, пігменти, пластифікатори, розчинники та розріджувачі, що вміщуються у ґрунтах, лаках, фарбах, емалях. Найбільш токсичні такі компоненти лакофарбових матеріалів: органічні розчинники, розріджувачі та смоли. З шкідливих впливів розчинників можна назвати наступні: токсичний вплив на кров, подразнення слизових оболонок очей та дихальних шляхів, кожні професійні захворювання, гострі хронічні отруєння.

Вуглеводні здійснюють шкідливий вплив на центральну нервову систему, при гострих отруєннях викликають запаморочення, головний біль, нудоту, судоми, розширення зіниць, порушення дихання та серцевої діяльності, враження печінки та нирок.

Свинцеві з'єднання потрапляючи до організму викликають зміни у серцево-судинній та нервовій системах, шлунково-кишковому тракті, крові.

Сірчистий ангідрид з'єднуючись з водою утворює сірчану кислоту, що здійснює подразнюючу дію на шкіру та слизові оболонки. Симптоми отруєння аерозолями сірчаної або соляної кислоти виражаються у вигляді кашлю, удушся, може виникнути набряк легень. Аерозолі кислот можуть вражати центральну нервову та серцево-судинну системи, печінку, зуби, дихальні шляхи, шкіряні покрови.

Окис вуглецю викликає кисневе голодання організму, ураження центральної нервової системи. Гострі отруєння окислом вуглецю можуть викликати головний біль, параліч, крововилив у сітчатку ока, інфаркт міокарда, втрату свідомості та привести до летального результату.

Фактичні значення кількості забруднювачів у повітрі робочої зони не повинні перевищувати гранично допустимих при умові здійснення вентиляції у приміщенні ПММ.

До основних небезпечних факторів на складах ПММ відноситься небезпека ушкодження електричним струмом. Вплив струму на організм може викликати опіки і травми, а також електроушкодження й електричний удар. По категорії безпеки прокатні цехи відносяться до категорії особливо небезпечних, тому що причинами поразки електричним струмом можуть бути: поява напруги на металевих частинах устаткування при ушкодженні ізоляції проводів; витік струму через ізоляцію електроустановок (проводів, кабелів) і поява напруги на оголених проводах, на старих будівельних конструкціях приміщень. Витік може бути пов'язаний з погіршенням ізоляції під дією вологи, тепла, механічних впливів і ін.

Поразка електричним струмом напругою вище 50 В викликає тепловий і електролітичний ефект. Найчастіше поразка виникає внаслідок недотримання техніки безпеки при роботі з електричними приладами як у побуті, так і на виробництві.

Чим вище напруга і триваліша дія струму, тим важчі поразки аж до летальних випадків. У місцях входу і виходу струму (найчастіше на руках і ногах) спостерігаються важкі електроопіки аж до обвуглювання. У більш легких випадках є так звані мітки струму — округлі плями від 1 до 5-6 див у діаметрі, темні у середині і синюваті по периферії. На відміну від термічних опіків волосся не обпалюється. Істотне значення має те, через які органи проходить струм, що можна установити, з'єднуючи думкою місця входу і виходу струму. Особливо небезпечне проходження струму через серце, головний мозок, тому що це може викликати зупинку серця і подиху. При будь-якому електроушкодженні присутня поразка серця. У важких випадках спостерігається частий м'який пульс, низький артеріальний тиск; потерпілий блідий, зляканий, відзначається задишка. Нерідко спостерігаються судоми, зупинка подиху.

Оскільки на складах ПММ у повітрі знаходяться пари та гази, тобто це приміщення з хімічно-активним середовищем, то вони відносяться до особливо небезпечних приміщень за небезпекою ураження електричним струмом.

Відповідно до СНіП 2.09.02-85 «Производственные здания» [21] склади ПММ відносяться до категорії вибухопожеженебезпечних, у приміщенні присутні як легкозаймисті, так і горючі рідини та їх пари й аерозолі. Відповідно ПУЕ [22] дані приміщення щодо безпеки вибуху й пожежі відносяться до класу В-І, тобто в них можуть утворюватися суміші пар і газів не тільки при аваріях, але й при нормальних нетривалих режимах роботи. У приміщеннях цього класу до конструкції та експлуатації електроустаткування і електромереж вимоги повинні бути особливо високі.



Виробниче освітлення нормується відповідно до СНіП II-4-79/85 «Нормы проектирования. Естественное и искусственное освещение» [23], де представлені нормовані значення освітленості при природньому, штучному та комбінованому освітленні на робочих поверхнях для виробничих приміщень. Норму освітленості вибирають залежно від характеристики зорової роботи. На складах ПММ розряд та підрозряд робіт, що виконуються, VI та VIII. Значення фактичної та нормованої освітленості приведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Значення фактичної та нормативної освітленості

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Нормативна освітленість, лк	Фактична освітленість, лк
Загальне спостереження за ходом технологічного процесу періодичному при періодичному перебуванні людей у приміщенні	більше 5	VIII	в	30	150
Груба (дуже малої точності)	більше 5	VI	-	150	150

Таким чином, значення фактичної освітленості у приміщенні відповідають нормативним вимогам.

Згідно з проведеним аналізом шкідливих та небезпечних виробничих факторів виявлено шкідливі виробничі фактори на складі ПММ, такі як забруднення повітря робочої зони, небезпека поразки електричним струмом, пожежо- та вибухонебезпечність. Тому далі пропонуються ряд заходів зі зменшення або усунення їх впливу на робітників.

### 3.2 Заходи зі зниження шкідливих та небезпечних факторів

Заходи щодо очищення повітря: для зниження концентрації забруднювачів у вигляді парів, аерозолів та газів встановлюється загальнообмінна вентиляція.

Розрахунок повітрообміну. Необхідна кількість вентиляційного повітря при розрахунку за кількістю шкідливих речовин, що виділяються у повітря, знаходиться за формулою:

$$L = L_{0,3} + \frac{Z - L_{0,3}(Z_{0,3} - Z_n)}{Z_{xy} - Z_n}, \text{ м}^3/\text{ГОД} \quad (3.1)$$

де  $L_{0,3}$  – кількість повітря, що видаляється з робочої зони приміщення загальнообмінною вентиляцією, в  $\text{м}^3/\text{ГОД}$  при щільності повітря  $\rho=1,2 \text{ кг}/\text{м}^3$ .  $L_{0,3}=1000 \text{ м}^3/\text{ГОД}$ ;

$Z$  – кількість забруднюючих речовин, що потрапляють у повітря приміщення, в  $\text{мг}/\text{ГОД}$ .  $Z=25475 \text{ мг}/\text{ГОД}$ ;

$Z_{0,3}$  – концентрація шкідливих речовин у повітрі, що виводиться з приміщення загальнообмінною вентиляцією, в  $\text{мг}/\text{м}^3$ .  $Z_{0,3}=\text{ГДК парів вуглеводнів}=300 \text{ мг}/\text{м}^3$ ;

$Z_{xy}$  – концентрація шкідливих речовин у повітрі, що виводиться з приміщення за межами робочої зони,  $\text{мг}/\text{м}^3$ .  $Z_{xy}=Z_{0,3}=300 \text{ мг}/\text{м}^3$ ;

$Z_n$  – концентрація забруднювачів у повітрі, що подається у приміщення,  $\text{мг}/\text{м}^3$ .  $Z_n=2,5 \text{ мг}/\text{м}^3$ .

$$L = 1000 + \frac{25475 - 50(300 - 2,5)}{300 - 2,5} = 1035,63 \text{ м}^3/\text{ГОД}.$$

Обсяг приміщення знаходиться за формулою:

$$V = l \cdot b \cdot h, \text{ м}^3 \quad (3.2)$$

$$V = 10 \cdot 20 \cdot 5 = 1000 \text{ м}^3.$$

Кратність повітрообміну знаходиться за формулою:

$$K = \frac{L}{V}, \text{ год}^{-1} \quad (3.3)$$

$$K = \frac{1035,63}{1000} = 1 \text{ год}^{-1}.$$

Для забезпечення нормальної роботи персоналу передбачено штучне освітлення. Розрахунок освітленості робочих місць ведемо з урахуванням індексу приміщення (I) [24]:

$$I = \frac{B \cdot L}{H \cdot (B + L)} \quad (3.4)$$

де B – ширина приміщення, м;

L – довжина приміщення, м;

H – висота приміщення, м.

Коефіцієнт використання ( $\eta$ ) приймаємо з таблиці 3.4 [25].

Таблиця 3.4 – Коефіцієнт використання ( $\eta$ ) при індексах I

I	1	1,1	1,25	1,5	1,76	2	2,25	2,5	3	3,5	4	5
$\eta$ , %	43	45	47	51	54	56	58	60	62	63	64	67

Необхідний світовий потік ламп у кожному ряду ( $\Phi_p$ ) розраховуємо за формулою:

$$\Phi_p = \frac{E_n \cdot S \cdot K \cdot Z}{N_p \cdot \eta / 100}, \text{ лк} \quad (3.5)$$

де  $E_n$  – нормативна освітленість, лк;

- $S$  – площа цеха,  $m^2$ ;  
 $K$  – коефіцієнт запасу;  
 $Z$  – коефіцієнт нерівномірності освітлення (для стандартних світильників дорівнює 1,1-1,2);  
 $N_p$  – кількість рядів;  
 $\eta$  – коефіцієнт використання.

Необхідну кількість світильників у ряду ( $N$ ) розраховуємо за формулою:

$$N = \frac{\Phi_p}{\Phi_l \cdot n}, \text{ шт.} \quad (3.6)$$

де  $n$  – кількість ламп у світильнику, шт.;

$\Phi_l$  – світловий потік однієї лампи, лк.

У робочому приміщенні розмірами  $B \cdot L \cdot H = 10 \cdot 20 \cdot 5$  м потрібно створити освітленість  $E_n = 150$  лк. Коефіцієнт відображення стелі  $\rho_c = 50\%$ . Для освітлення використовуються ртутні лампи високого тиску. Приймаємо коефіцієнт запасу  $K = 1,6$ , коефіцієнт нерівномірності освітлення  $Z = 1,1$ .

Знаходимо індекс приміщення за формулою (3.4):

$$I = \frac{10 \cdot 20}{5 \cdot (10 + 20)} = 1,3.$$

Користуючись таблицею 3.4 приймаємо коефіцієнт використання  $\eta = 51\%$ . Світильники розміщуємо у 2 ряди. За формулою (3.5) знаходимо необхідний світловий потік ламп у кожному ряді:

$$\Phi_p = \frac{150 \cdot 10 \cdot 20 \cdot 1,1}{2 \cdot 51/100} = 51764,71 \text{ лк.}$$

Якщо у світильнику встановити по 2 лампи ( $n=2$ ) потужністю 40 Вт та світловим потоком  $\Phi_l = 3000$  лк, то необхідна кількість світильників у ряді за

формулою (3.6) складе:

$$N = \frac{51764,71}{3000 \cdot 2} = 9 \text{ шт.}$$

Тобто 2 ряди по 9 світильників.

Зниження небезпеки поразки електричним струмом передбачено за рахунок наступних заходів: неприпустиме розташування відкритих струмоведучих частин; неструмоведучі частини електроустановок на випадок переходу на них напруги при пробі ізоляції струмоведучих частин повинні бути заземлені; перемінна напруга переносних світильників повинна бути виконана дванадцятивольтовою, опору ізоляції струмоведучих частин і мережі захисного заземлення контролюють працівники енергослужби двічі на рік. Для запобігання електротравматизму передбачається заземлення всіх металевих частин електричного і механічного устаткування, а також металоконструкцій і огорож.

Відповідно до СНіП 2.09.02-85 «Производственные здания» [21] склади ПММ відносяться до категорії вибухопожежебезпечних, тому для попередження загоряння та вибуху у таких приміщеннях необхідно, по-перше, запобігати утворенню вибухонебезпечних сумішей; по-друге, не допускати запалення цих сумішей, тобто виключити можливість впливу джерел енергії на вибухонебезпечні суміші, якщо вони утворюються; крім того, потрібно вжити заходів до локалізації вибуху при його виникненні. Приміщення, у яких знаходяться такі суміші, необхідно обладнувати витяжною вентиляцією. Запобігання запалення вибухонебезпечних сумішей зводиться до захисту від впливу джерел енергії

Необхідно виключити появу іскор, тому що температура іскри може виявитися вище температури запалення даної суміші

Електричні обладнання у вибухонебезпечних приміщеннях встановлюють у спеціальній вибухозахищеній арматурі, наприклад електричні двигуни поміщають у спеціальному кожусі, що продувається повітрям. При цьому здійснюється блокування для заборони включення

двигунів до початку роботи вентилятора та вимикання при падінні тиску повітря в кожусі нижче безпечної межі. Необхідно використовувати світильники закритого виконання.

Захист від статичної електрики досягається насамперед заходами, що запобігають його виникнення. До цих заходів належить підвищення електричної провідності шляхом заміни відповідних деталей (наприклад, шкіряних пасових передач), додаванням спеціальних речовин, або додаванням спеціальних присадок. При можливим виникненні статичних зарядів усе обладнання заземлюють. Корисне підвищення електричної ємності агрегатів, що захищаються, за допомогою електричного приєднання їх до металевої огорожі, металевої смуги.

Легкозаймісті рідини в більшості є гарними діелектриками. Електризація рідини відбувається при русі її усередині труб і посудин зі швидкістю більш 3,5 м/с, при фільтруванні, при розпиленні та вільнім падінні, особливо, якщо в струмінь попадають пухирці повітря.

Для локалізації вибуху передбачають спеціальне обладнання у виробничих агрегатах. Разом з тим для локалізації вибуху необхідні заходи проти поширення вогню, що передбачаються протипожежною технікою.

### **3.3 Засоби індивідуального захисту**

Відповідно до вимог КЗОТ України, а також на підставі затверджених типових галузевих норм, робітникам та службовцям, зайнятим на роботах зі шкідливими умовами праці, видаються по встановлених типових галузевих нормах спецодяг, спецвзуття й інші засоби індивідуального захисту.

Норми безкоштовної видачі спецодягу, спецвзуття й інших засобів індивідуального захисту для робітників, що обслуговують очисні споруди прокатних цехів, та для робітників, зайнятих у технологічному процесі прокатних цехів приведені в таблиці 3.5 [26].

Таблиця 3.5 – Засоби індивідуального захисту

Професія	Засоби індивідуального захисту	Строк носки
Аккумуляторщик	Костюм бавовняний з кислотозахисним просоченням	12
	Фартух гумовий з нагрудником	6
	Черевики гумові	12
	Рукавички гумові	чергові
	Окуляри захисні	До зносу
Заправщик	Комбінезон бавовняний	12
	Черевики шкіряні	12
	Рукавиці брезентові	3
Слюсар з ремонту апаратурного обладнання, електромонтер	Костюм бавовняний	12
	Черевики шкіряні	12
	Костюм гумовий	Черговий
	Рукавиці комбіновані	2
	Черевики гумові	Черговий

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) служать для попередження чи зменшення дії на працюючих небезпечних та шкідливих виробничих факторів та повинні створювати найбільш благоприємні для організму людини співвідношення з оточуючим середовищем.

### 3.4 Пожежна безпека

За вибуховою та пожежною небезпекою приміщення складів ПММ відносяться до категорії «А» - вибухопожежонебезпечні [28].

Найважливішим показником вибухо- та пожежонебезпеки газів і парів є границі займання, які визначаються їх концентраціями в повітрі, при яких вони займаються від зовнішнього джерела запалювання. Граничні концентрації в цій області визначаються, як верхня й нижня межа займання.

Пожежна небезпека займистих рідин визначається температурними умовами. Нижньою температурною границею називають температуру рідини, при якій концентрація насичених парів повітря в замкненому обсязі досягає такої величини, при якій суміш здатна зайнятися, якщо піднести до

неї джерело вогню. Верхньою температурною границею називають температуру рідини, при якій суміш ще здатна займатися при піднесенні до неї джерела запалювання. Концентрація парів рідини при нижній і верхній температурній границі відповідає нижній та верхній концентраційній границі займання.

Так само як гази та пил, пари горючих рідин утворюють із повітрям вибухонебезпечні суміші з нижньою і верхньою межами вибуховості.

Важливою характеристикою є температура спалаху парів легкозаймистої або горючої рідини – визначена стандартним методом, найнижча температура цієї рідини, при якій стороннє джерело запалювання викликає спалах її парів, що насичують простір, але, що не супроводжується запаленням самої рідини.

Іншою характеристикою вибухонебезпечної суміші газів або парів легкозаймистої або горючої рідини з повітрям є температура самозаймання – визначена стандартним методом, найнижча температура, до якої повинна бути рівномірно нагріта зазначена суміш для того, щоб вона запалилася без внесення в неї стороннього джерела запалювання.

При досягненні певної температури нагрівання рідини спалах не відбудеться, якщо концентрація парів занадто мала (нижче нижньої межі вибуховості) або занадто висока (вище верхньої межі); відбудеться короткочасний спалах (протягом декількох секунд), якщо концентрація парів у суміші досягла нижньої межі вибуховості; відбудеться спалах і потім запалення суміші, якщо концентрація парів над рідиною перевищує нижню межу вибуховості.

Особливо небезпечні ті рідини, у яких температури спалаху та займання близькі.

Залежно від температури спалаху рідини діляться на два класи:

1) легкозаймисті – з температурою спалаху до 45°C (бензин, гас, ацетон, бензол і ін.);



2) горючі з температурою спалаху вище 45°C (мазут, мінеральні й рослинні олії та ін.).

Класифікація ПММ за ступенем пожежної небезпеки наведена у табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Класифікація ПММ за ступенем пожежної небезпеки

Клас небезпеки	Температура спалаху	Назва речовини
легкозаймисті речовини		
I	до 28	бензин
II	28-45	керосин, дизельне паливо ДА, ацетон
горючі рідини		
III	45-120	дизельне паливо (окрім ДА), мазут
IV	вище 120	масла, смазки

Значення температур самозаймання ПММ та межі їх вибуховості наведено у табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Значення меж пожежо- та вибухонебезпечності ПММ

Назва речовини	Температура самозаймання парів у повітрі, °C	Температурні межі вибуховості насичених парів у повітрі, °C		Об'ємна доля межі парів, що можуть вибухнути у повітрі, %	
		верхній	нижній	верхній	нижній
бензин автомобільний	255-300	-7	-39	5,2	0,75
дизпаливо	240	119	69	-	0,61
масла автомобільні	340	193	154	-	-
етиленглицоль	380	124	112	6,35	3,8
пари сжижених газів	-	-	-	2,0	9,5

Основна боротьба з небезпекою виникнення пожежі полягає в проведенні профілактичних протипожежних заходів, що виключають

виникнення пожежі.

Відповідно до СНиП 2.09.02-85 [21] у приміщеннях категорії А слід передбачати установки автоматичного пожежогасіння.

Проте окрім цього необхідно мати в наявності технічні засоби для ліквідації вогнища пожежі. Взагалі полігони ТПВ повинні бути забезпечені первинними засобами гасіння пожежі з розрахунку: на 5000 м<sup>2</sup> – один пожежний щит (стенд). Комплектація щита: вогнегасники – 3 шт., ящик з піском – 1 шт., покривало теплоізолюючого матеріалу, який не горить, – 1 шт., багри – 2 шт., лопати – 2 шт., ломи – 2 шт., сокири – 2 шт.

Всі засоби пожежегасіння розташовуються в легко досяжних місцях. Там же вивішується інструкція з вказівкою правил користування засобами вогнегасіння. Не допускається захаращення проходів і підступів до засобів пожежегасіння.

Для гасіння можливих пожеж на складах ПММ передбачено первинні засоби пожежегасіння згідно Правила пожежної безпеки в Україні [29]. Розрахунок первинних засобів пожежегасіння наведено у таблицях 3.8 та 3.9.

Блискавкозахист виробничих, житлових та суспільних будівель та споруд проводиться згідно з СН 305-77 «Инструкция по проектированию и устройству молниезащиты зданий и сооружений» [30]. У табл. 3.10 наведено категорю облаштування блискавкозахисту для приміщень складування ПММ.

Таблиця 3.8 – Забезпечення приміщень переносними вогнегасниками

Категорія приміщення	Гранична захищена площа, м <sup>2</sup>	Клас пожежі	Пінні та водяні вогнегасники місткістю 10 л	Порошкові вогнегасники місткістю, л			Хладонові вогнегасники місткістю 2(3) л	Вуглекислотні вогнегасники місткістю, л	
				2	5	10		2 (3)	5 (8)
А	200	А	2++	-	2+	1++	-	-	-
		В	4+	-	2+	1++	-	-	-
		С	-	-	2+	1++	2+	-	-
		Д	-	-	2+	1++	-	-	-
		(Е)	-	-	2+	1++	-	-	2++

Таблиця 3.9 – Облаштування приміщень пересувними вогнегасниками

Категорія приміщення	Гранична захищена площа, м <sup>2</sup>	Клас пожежі	Повітряно-пінні вогнегасники місткістю 100 л	Комбіновані (піна, порошок) вогнегасники місткістю 100, л	Порошкові вогнегасники місткістю 50 (100) л	Вуглекислотні вогнегасники місткістю, л	
						25 (40)	80
А	500	А	1++	1++	1++	-	3+
		В	2+	1++	1+	-	3+
		С	-	1+	1++	-	3+
		Д	-	-	1++	-	-
		(Е)	-	-	1+	2+	1+

Таблиця 3.10 – Категорія облаштування блискавкозахисту будівель та споруд

Будівлі та споруди	Місцезнаходження	Тип захисту	Категорія облаштування блискавкозахисту
Будівлі та споруди, які відносяться до класів В-1 та В-2 за ПУЕ	По всій території України	Зона А	I

За призначенням та конструктивним виконанням блискавкозахист будинків та споруд ділять на три категорії (I, II і III). СН 305-77 передбачає два типи зон захисту блискавковідводів: тип А зі ступенем надійності 99,5% і зона захисту Б зі ступенем надійності 95% і вище.

## ВИСНОВКИ

1. Проблема міських смітників одна з найбільш актуальних проблем сучасних міст. Кількість сміття, що накопичується, постійно росте. Зараз його на кожного громадянина доводиться від 150 до 600 кг у рік. При цьому варто врахувати, що смітники є серйозним джерелом забруднення ґрунту, ґрунтових вод і атмосфери токсичними хімікатами, високотоксичними важкими металами, а при загорянні сміття - діоксидами, фуранами й біфенілами, причому, гранично припустимі концентрації небезпечних речовин перевищуються в 1000 і більше разів. Тобто оточуюче середовище в районі розташування полігону ТПВ іспитує техногенне навантаження.

2. Основними джерелами впливу на атмосферне повітря є: площадка ТПВ (виділяється метан); автотракторна техніка (викиди окислів азоту, сірки, вуглецю, сажі, акролеїну); площадка перевалки ґрунту (пил); площадка дезінфекції сміттевозів (крезол). Джерелом впливу на гідрогеологічне середовище є площадка гідроекрана котловану, солі фільтрату (хлорид, сульфат, нітрат амонію) і хвороботворні бактерії.

3. Сьогодні перспективним напрямком в енергетиці вважають використання біогазу. На полігонах ТПВ біогаз утворюється у великих кількостях. Використання природного газу зі смітників повинно зацікавити насамперед представників адміністрацій міст, тому що дозволяє дістати значні кошти від цієї технології, поліпшити екологію регіону.

4. Поліпшити екологічну ситуацію у містах дозволять наступні напрямки у сфері поводження з відходами:

- удосконалення законодавства для здійснення державного контролю та нагляду за промисловими і побутовими відходами;
- створення системи поводження з відходами (збирання, сортування та перезатарювання, накопичення, транспортування, ідентифікація, інвентаризація, утилізація та видалення);

- переробка промислових і побутових відходів та розвиток вторинного ресурсовикористання;
- розроблення і впровадження методики проведення оцінки та відведення ризику для здоров'я населення від накопичення відходів та пестицидів.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Білявський Г.О., Бутченко Л.І.. Основи екології: теорія та практикум. К. : Лібра, 2004. 368 с.
2. Гринин А.С., Новиков В.Н.. Промышленные и бытовые отходы: Хранение, утилизация, переработка: Учеб.пособие. М. : ФАИР-ПРЕСС, 2002. 336 с.
3. ДБН В.2.4-2-2005. Полігони твердих побутових відходів. Основні положення проектування. К. : Держбуд України, 2005. 68 с.
4. СанПиН 2.1.7.1038-01. Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов. М. : Минздрав, 2001. 10 с.
5. Голицын А.Н. Основы промышленной экологии. М., 2002. 240 с.
6. Новиков Ю.В.. Экология, окружающая среда и человек. М. : ФАИР-ПРЕСС, 2003. 560 с.
7. Белявский Г.А.. Экология города. К. : Либра, 2000. 464 с.
8. Инструкция по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов. М. : Стройиздат, 1996. 39 с.
9. ДБН А.2.2-1-2003. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств будинків і споруд. К. : Держбуд України, 2004 С. 23.
10. СанПіН 2.1.4.1074-01. Гігієнічні вимоги до якості води. Контроль якості. К. : Мінздрав України, 2001. 10 с.
11. Запольський А.К., Салюк А.І.. Основи екології. К. : Вища шк., 2004. 382с.
12. Хван Т.А. Промышленная экология. Ростов на Дону : «Феникс», 2003. 320 с.
13. Ливчак И.Ф., Воронов Ю.В.. Охрана окружающей среды. М. : Стройиздат, 1988. 191 с.

14. Милюткина О.М. Клинико-морфологическая характеристика токсического воздействия трикрезола на организм. Автореф. канд. дисс. Самара, 1996. 26 с.
15. Генінг А.В., Волик В.І.. Вирішення проблеми емісії метану в атмосферу зі смітників. Збірник статей IV Всеукраїнської науково-практичної конференції «Охорона навколишнього середовища промислових регіонів як умова сталого розвитку України». Запоріжжя : Видавництво ЗДІА, 2008. С. 125-127.
16. Балацкий О.Ф.и др. Экология и экономика. К. : Политиздат Украины, 1986. 308 с.
17. Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществляемых природоохранных мероприятий и оценка экономического ущерба, причиненного народному хозяйству загрязнением окружающей среды. Сост. Быстров А. С., Варанкин В. В., Виленский А. М. и др. М.; Экономика, 1986. 96 с.
18. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. М. : Издательство стандартов, 1988. 75 с.
19. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. К. : Мінздрав, 1999. 10 с.
20. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. М. : Издательство стандартов, 1976. 25 с.
21. СНиП 2.09.02-85. Производственные здания М. : Стройиздат, 1987, 24с.
22. Правила устройства электроустановок. М. : Энергоатомиздат, 1987. 645с.
23. СНиП II-4-79/85. Нормы проектирования. Естественное и искусственное освещение. М. : Стройиздат, 1985. 48с.
24. Методические указания по расчетному обоснованию мероприятий по охране труда в дипломных проектах и работах для студентов всех специальностей. Днепропетровск : НМетАУ, 2004. 79 с.

25. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення. К. : Мінбуд України, 2006. 76 с.
26. Типовые отраслевые нормы бесплатной выдачи рабочим и служащим специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты. М.: Профиздат, 1988. 15 с.
27. СНиП 2.09.04-87. Административные и бытовые здания. М. : Стройиздат , 1989. 15с.
28. СНиП 2.01.02–85. Противопожарные нормы. М. : Стройиздат, 1986. 26 с.
29. Правила пожежної безпеки в Україні. К. : Основа, 2002. 352 с.
30. Инструкция по проектированию и устройству молниезащиты зданий и сооружений. СН 305-77. М. : Стройиздат, 1978, 35с.
31. Мальований М., Голець Н., Малик Ю. Організація еколого-безпечних полігонів твердих побутових відходів. Збірка «Забруднення: екологічні аспекти». К. : ВЕЛ, 2007. С. 20-21.



Міністерство освіти і науки України  
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні  
Запорізького національного університету  
Кафедра прикладної екології та охорони праці

**Кваліфікаційна робота  
на тему: «Розробка заходів із забезпеченням ефективної  
та екологічно безпечної експлуатації полігону твердих  
побутових відходів».**

Виконала:

ст. гр. 6.1839-с  
Шуст Я.І.

Керівник:

к.т.н., доц. каф. ПЕОП  
Манідіна Є.А.

м. Запоріжжя  
2022 р.

# Структура ТПВ та переробки ТПВ в Україні, %

Структура ТПВ в Україні, %



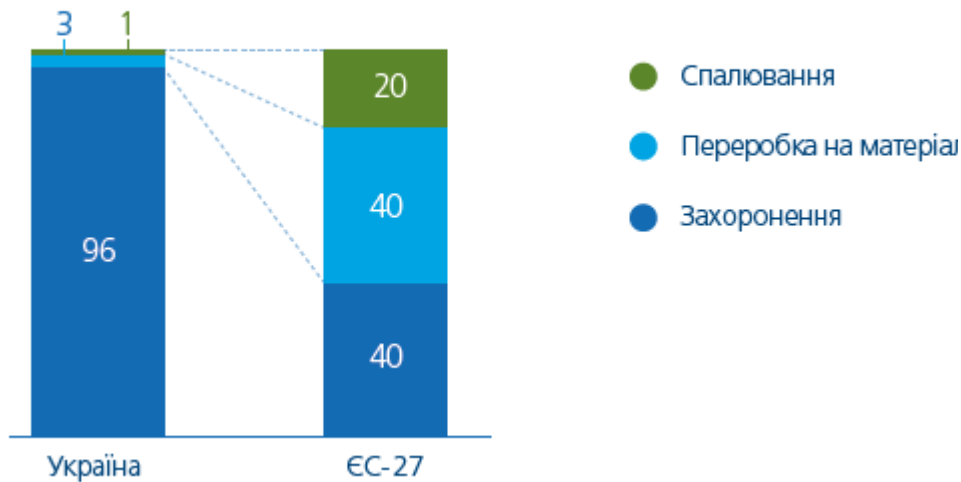
Структура переробки ТПВ в Україні, %



# Порівняльні характеристики показників переробки ТПВ, %

## Методи поводження з ТПВ

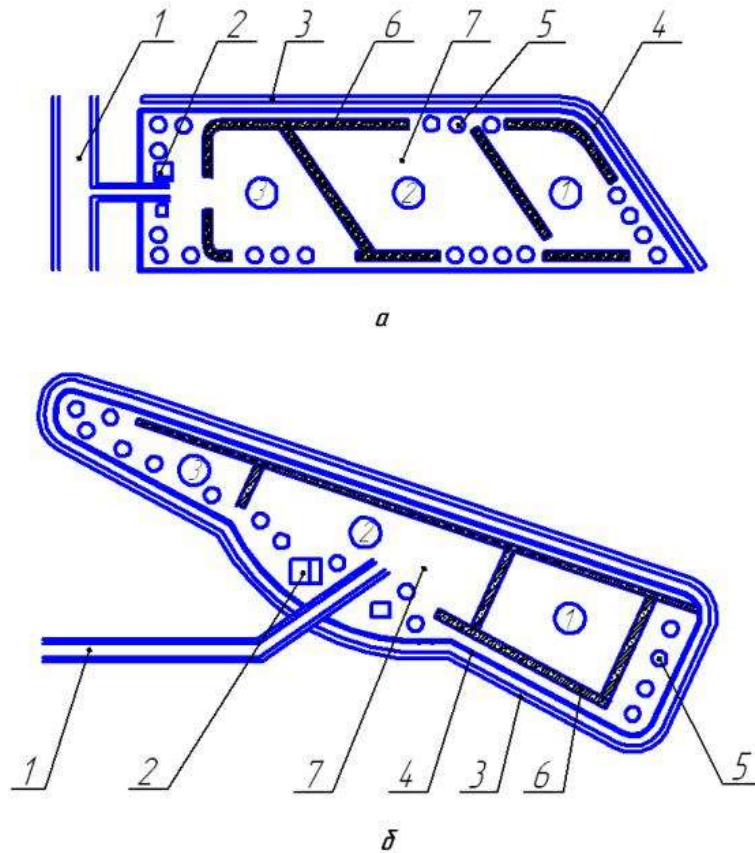
Порівняльні характеристики показників переробки ТПВ, %



Методи поводження з ТПВ

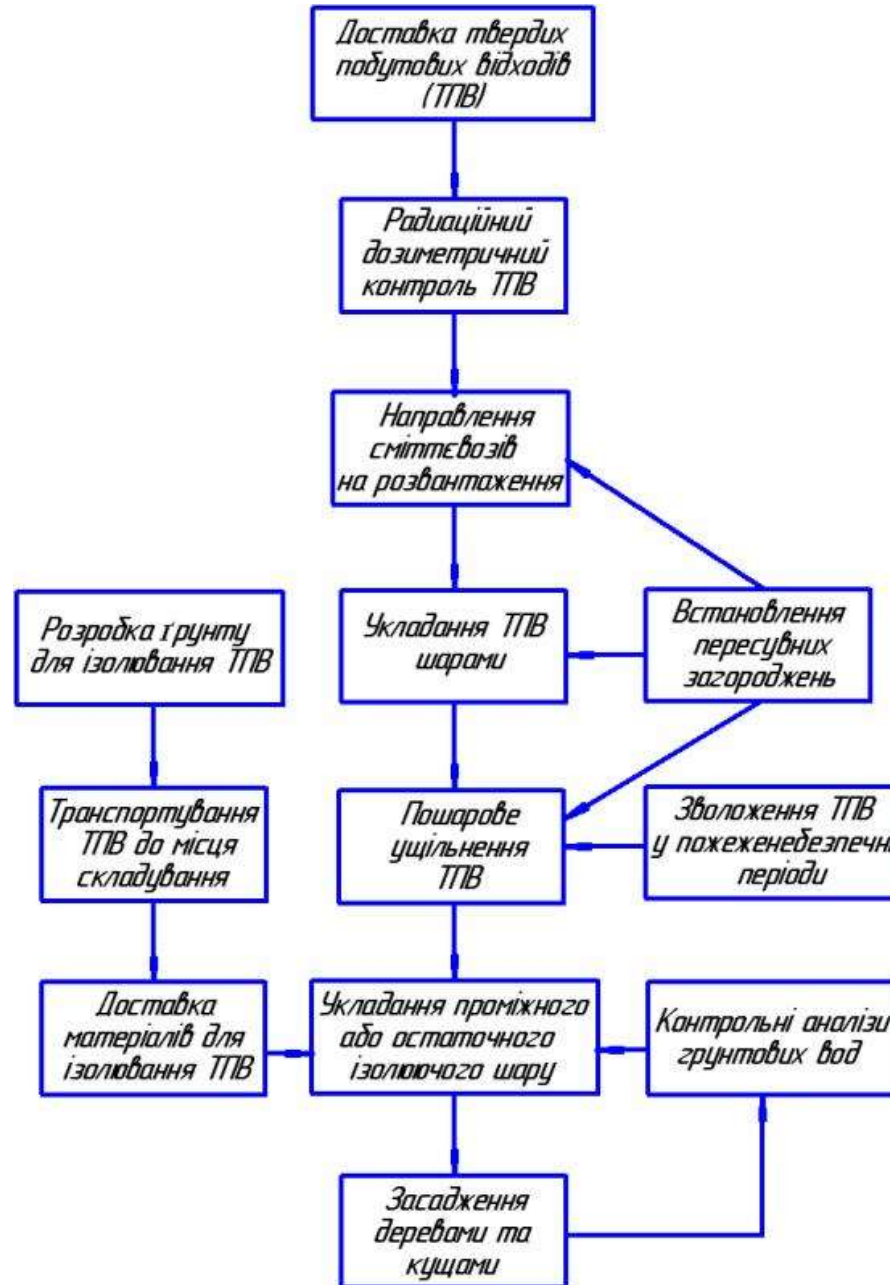


## Рекомендована схема розміщення основних споруд полігона ТПВ

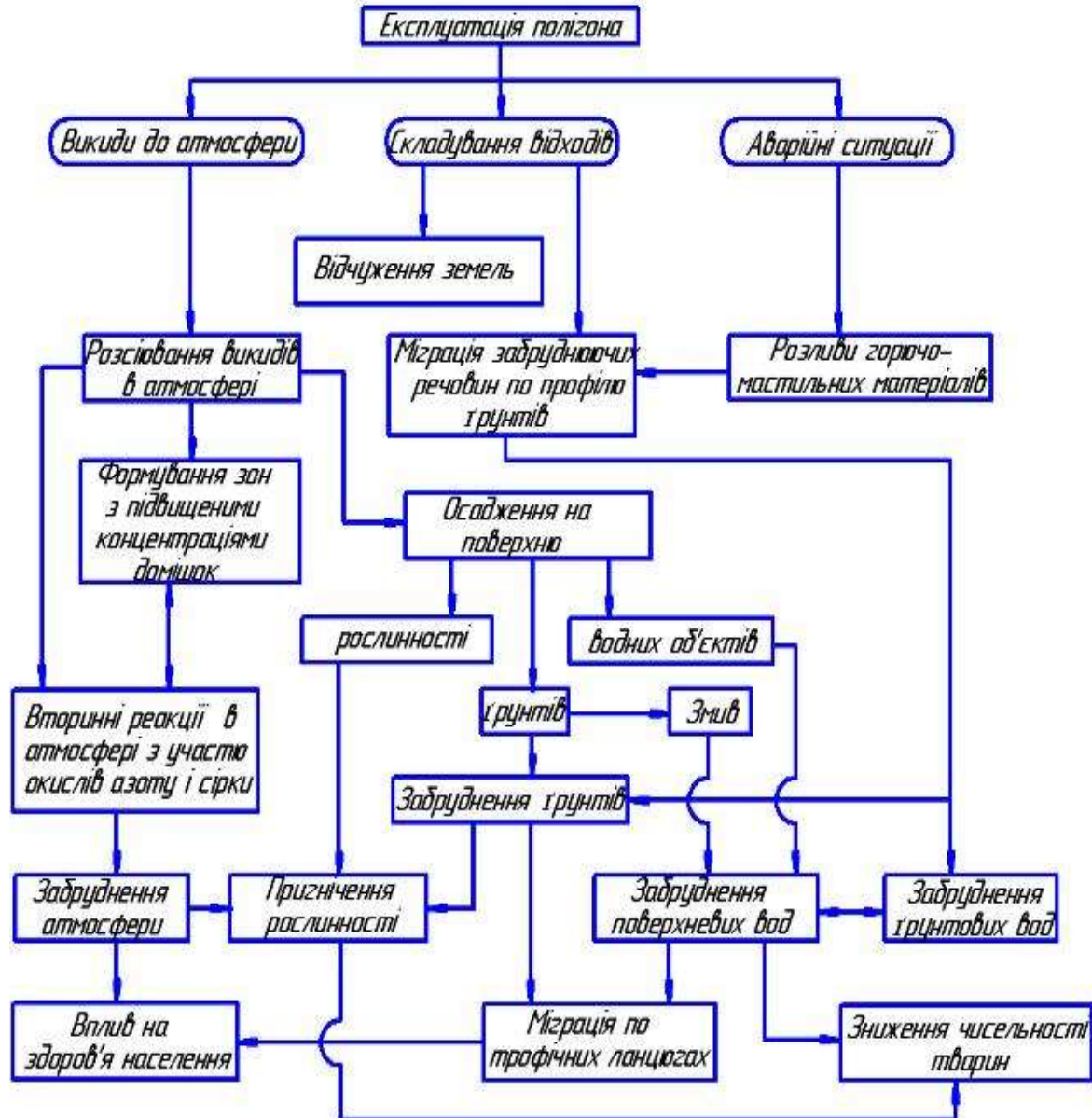


а – при співвідношенні довжини і ширини полігона ТПВ менше 1:2; б – те саме при співвідношенні понад 1:3; 1 – під'їзна дорога; 2 – господарська зона; 3 – нагірна канава; 4 – огорожа; 5 – зелена зона; 6 – ґрунт для ізолюючих шарів; 7 – майданчики складування ТБО I, II і III - черги експлуатації.

# Основні операції з експлуатації полігонів



# Вплив полігона ТПВ на навколишнє середовище



## Якісний і кількісний склад викидів в атмосферне повітря з полігонів ТПВ

Речовина	Клас небезпеки	ГДКм.р. мг/м <sup>3</sup>	ГДКс.д. мг/м <sup>3</sup>	ГДКр.з. мг/м <sup>3</sup>	Фактична концентрація мг/м <sup>3</sup>	Фактичний викид т/рік
Метан	2	-	-	50	50	600
Двоокис вуглецю	4	-	-	-	25	300
Окис вуглецю	4	3,0	1,0	20	2,5	17
Двоокис азоту	2	0,085	0,085	5	0,042	3,8
Сірчистий ангідрид	3	0,5	0,05	10	0,2	1,0
Сажа	3	0,15	0,05	-	0,075	0,8
Акролеїн	2	0,03	0,03	0,2	0,015	0,4
Крезол	2	0,02	0,02	0,5	0,15	0,47
Неорганічний пил	3	0,5	0,15	1	0,02	5,3

# Вплив основних атмосферних забруднювачів з полігону ТПВ на довкілля та людину

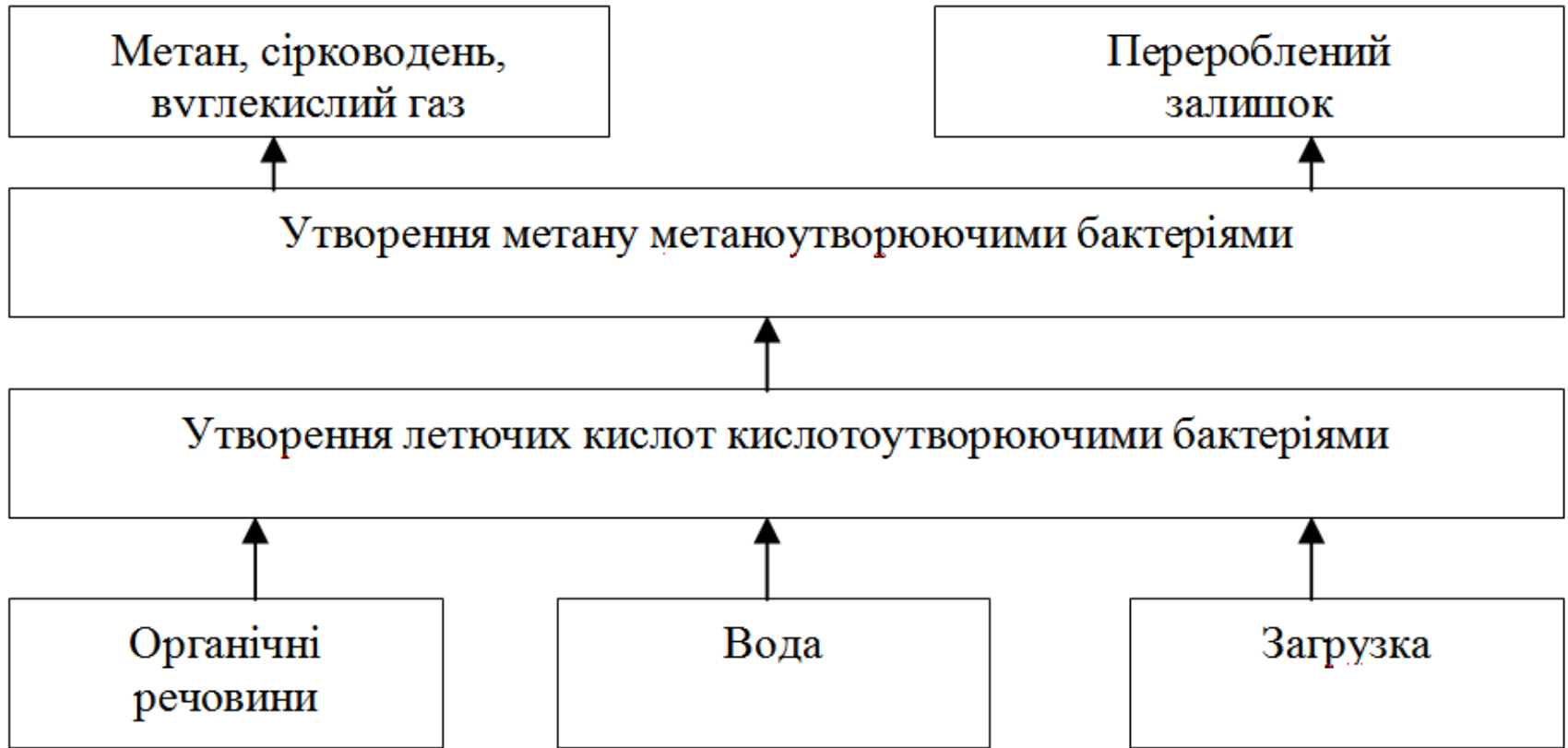
Назва речовини	Вплив на довкілля та людину
Пил	Аеродисперсії (пил) змінюють клімат, особливо освітленість. Збільшується частота туманів, зменшується видимість і прозорість для ультрафіолетового випромінювання, погіршуються санітарно-побутові умови життя населення, спостерігається небезпечний вплив на розвиток рослин та організм людини. Тумани збільшують охолоджувальність тіла, гнітюче впливають на настрій та самопочуття людей. Дрібні часточки пилу проникають у дихальні шляхи і подразнюють слизові оболонки; закупорюють пори та знижують потовиділення; можуть викликати фіброзні зміни в легенях; посилюють шкідливу дію сірчистого ангідриду; адсорбують на своїй поверхні велику кількість різних речовин, що також спричиняє накопичення токсинів та їх негативну дію на організм. Часточки з гострими гранями можуть спричинити мікротравми дихального епітелію, порушувати його бар'єрну функцію, сприяти проникненню мікроорганізмів. Пил проникає у помешкання, забруднюючи їх, люди менше провітрюють свої помешкання, а отже, менше споживають свіжого повітря.
Сажа – твердий тонко- дисперсний продукт неповного згоряння вуглеводнів	Сажа впливає на поглинання сонячної енергії атмосферою і земною поверхнею. Викиди сажі впливають на альbedo – частку відбитого Землею сонячного випромінювання. Зменшення альbedo свідчить про збільшення поглинання сонячної енергії земною поверхнею. Сучасні дослідження показують, що сажа – другий найбільш значимий фактор сучасного потепління клімату, після парникового ефекту від вуглекислого газу, її внесок у потеплення може досягати 15-30%. Але якщо сажа попадає у високі шари атмосфери, то вона навпаки, стає охолоджувачим фактором, тому що перепиняє шлях до поверхні сонячним променям. Забруднення атмосфери сажею вражають фруктові дерева, ліси, сільськогосподарські культури та трав'яний покрив. Сажа закупорює пори рослин, ускладнює доступ сонячних променів, що сповільнює або припиняє фотосинтез. Негативний вплив сажі оказує на здоров'я людини, її наявність приводить до легеневих захворювань і може викликати передчасну смерть. Забруднення споруд і будинків сажею та смолами призводить до руйнування будівельних матеріалів і корозії металів.
Окис вуглецю CO або чадний газ	За концентрації в повітрі більш як 1 % він негативно впливає на рослини, тварин і людину, понад 4 % - спричинює смерть. Токсичність чадного газу полягає в тому, що, потрапляючи в кров, він позбавляє еритроцити (червоні кров'яні тільця) здатності транспортувати кисень, настає кисневе голодування, задуха, запаморочення і навіть смерть. Він спричинює розлад серцево-судинної системи та розвиток атеросклерозу.
Двоокис азоту NO <sub>2</sub>	Поглинаються листям рослин, які втрачають після цього кормові якості та хворіють, приймають участь у хімічних реакціях при утворенні смогів та кислотних дощів. Для людини є значно небезпечнішим, ніж окис вуглецю. Сполучаючись з водою в дихальних шляхах, утворюють нітратну та нітритну кислоти, які спричинюють сильні подразнення слизових оболонок, загострення хронічних захворювань дихальних шляхів, бронхіти, ларингіти. Можуть викликати опіки слизових оболонок та шкіри. При спільному тривалому впливі двоокису азоту і окису вуглецю в організмі тварин порушується обмін вітамінів.



# Вплив основних атмосферних забруднювачів з полігону ТПВ на довкілля та людину

Назва речовини	Вплив на довкілля та людину
Сірчистий ангідрид $\text{SO}_2$ або сірчаний газ	Може окислюватись до сірчаного ангідриду $\text{SO}_3$ , а далі при взаємодії з водою утворювати сірчану кислоту. За високих його концентрацій у рослинах швидко зникає хлорофіл, клітини розриваються і спостерігається некроз тканин, які набувають коричневого кольору. Подразнює слизову оболонку очей і дихальних шляхів людини. Тривала дія малих концентрацій цього газу призводить до виникнення хронічного гастриту, бронхіту, ларингіту та інших хвороб. Відомо про існування зв'язку між вмістом сірчаного газу в повітрі та рівнем смертності від раку легенів.
Акролеїн $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CHO}$ (ненасичений альдегід)	Пари акролеїну дуже отрутні, вони подразнюють слизові оболонки і здійснюють загальну токсичну дію. Концентрація акролеїну $25 \text{ мг/м}^3$ важко переноситься людиною, а його вміст в атмосфері $350 \text{ мг/м}^3$ є смертельним. Акролеїн особливо шкідливий для макрофагів – імунних кліток, головних захисників легень. Акролеїн подразнює нервові закінчення в бронхах, сприяє почервонінню і сльозоточивості очей, викликає приступи кашлю, може викликати удушся. Дуже шкідливий для людей з ГРЗ, хронічним бронхітом, астмою і захворюваннями дихальних шляхів. Незважаючи на його високу токсичність, часто використовують для боротьби з мікрофлорою навколишнього середовища, а також як інгібітор корозії, гербіцид і фунгіцид.
Крезол $\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_3$ (похідна фенолу, де один атом водню замінено метильною групою)	Крезолі всмоктуються через респіраторний, шлунково-кишковий тракти, через слизові оболонки та шкіру. Після надходження в організм крезолі розподіляються в тканинах і органах, у яких їх ще можна знайти через 12-14 годин після всмоктування в кров. Невелика кількість крезолів в організмі піддається окисленню. Метаболіти виділяються з організму нирками. Незначна кількість крезолів, що надійшли в організм, виділяється в незв'язаному виді з видихуваним повітрям. При контакті зі шкірою можуть виникнути подразнення, шкірні опіки, рубцювання, системне отруєння і навіть смерть. Органами-мішенями для крезолів, що надійшли в організм пероральним шляхом, є кров і нирки, легені, печінка, серце та центральна нервова система. При попаданні до організму людини пероральним шляхом викликає опік рота і горла, болі в животі та нудоту, може наступити кома і смерть. Тривалий вплив крезолу в дозах, що незначно перевищують ГДК, викликає системну поразку верхніх дихальних шляхів, легень, міокарда і печінки, приводить до зниження функціональної активності лейкоцитів. Дуже мало відомо про вплив крезолів на репродукцію людини, і немає даних про його канцерогенні властивості у відношенні людини.
Метан $\text{CH}_4$	Метан є одним з парникових газів, що викликають парниковий ефект. Є вибухонебезпечним. Емісія в атмосферу метану с поверхні смітників земної кулі становить щорічно 10 - 30 млрд. $\text{м}^3$ . При значних перевищеннях нормативів може викликати у людини подразнення дихальних шляхів, нудоту, запаморочення, сонливість, розлад дихання й кровообігу.

## Послідовність процесу утворення біогазу



## Якісний та кількісний склад біогазу

Найменування речовини	Метан	Діоксид вуглецю	Водень	Сірководень	Азот	Ароматичні вуглеводні	Галогено-ароматичні вуглеводні	Інші гази
Кількість, %	60	30	0,7	2	1,5	0,5	0,2	5,1

# Розрахунок очікуваної кількості біогазу з полігону ТПВ

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

$$V_{p.б.} = P_{ТПВ} \cdot K_{л.о.} \cdot (1-Z) \cdot K_p, \text{ м}^3$$

де  $V_{p.б.}$  - розрахункова кількість біогазу,  $\text{м}^3$ ;

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

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

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

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

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

$$V'_{p.б.} = V_{p.б.} \cdot K_c \cdot K, \text{ м}^3$$

де  $V'_{p.б.}$  - об'єм біогазу, що можна зібрати з 1 т ТПВ,  $\text{м}^3$ ;

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

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

Під час розрахунків слід приймати такі величини: вагова кількість біогазу, одержуваного при анаеробному розкладанні, - 1 г біогазу з 1 г розкладеної беззольної речовини ТПВ; об'ємна маса біогазу -  $1 \text{ кг/м}^3$ ; теплотворна здатність біогазу -  $5\,000 \text{ ккал/м}^3$  ( $\sim 21 \text{ МДж/м}^3$ ).

# Розрахунок очікуваної кількості біогазу з полігону ТПВ

Розглянемо випадок, коли загальна маса ТПВ, що складується на полігоні (РТПВ) дорівнює 750 000 000 т; вміст органіки, що легко розкладається, в 1 т відходів  $K_{по}=0,6$ ; зольність органічної речовини  $Z = 0,25$ ; максимально можливий ступінь анаеробного розкладання органічної речовини за розрахунковий період  $K_p = 0,45$ . Тоді очікувана кількість біогазу, що виділяється при анаеробному розкладанні 1 т ТПВ, дорівнюватиме:

$$V_{p.б.} = 750\,000\,000\,000 \cdot 0,6 \cdot (1-0,25) \cdot 0,45 = 151\,875\,000\,000 \text{ м}^3.$$

Питомий об'єм біогазу, що можна зібрати з 1 т твердих побутових відходів за весь період експлуатації системи збирання біогазу, знаходимо за формулою :

$$V'_{p.б.} = 151875000000 \cdot 0,5 \cdot 0,7 = 53\,156\,250\,000 \text{ м}^3.$$

## Розрахунок приведеної маси річного викиду забруднень в атмосферу

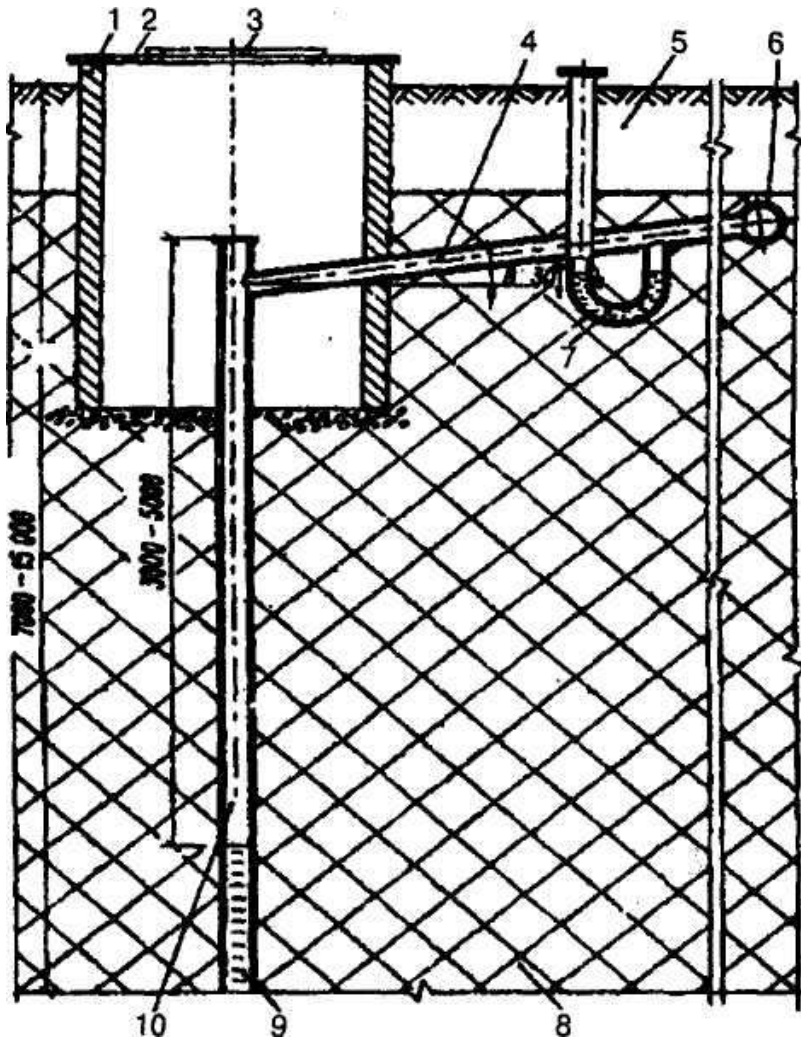
Значення приведеної маси річного викиду забруднень в атмосферу до реалізації природоохоронних заходів визначаємо:

$$\begin{aligned} M_{газів\ 1} &= 1,86 \cdot 600 + 2,08 \cdot 17 + 17,82 \cdot 3,8 + 16,43 \cdot 1 + 107,33 \cdot 0,8 + 120 \cdot 0,4 + 92,95 \cdot 0,47 = \\ &= 1413,06 \text{ умовн. т/рік} \end{aligned}$$

Розрахуємо розмір збитків після реалізації природоохоронних заходів. Фактичні маси викидів складатимуть: метан 60 т/рік, окис вуглецю 1,7 т/рік, двоокис азоту 0,38 т/рік, сірчистий ангідрид 0,1 т/рік, маси інших викидів не зміняться; Звідси:

$$\begin{aligned} M_{газів\ 2} &= 1,86 \cdot 60 + 2,08 \cdot 1,7 + 17,82 \cdot 0,38 + 16,43 \cdot 0,1 + 107,33 \cdot 0,8 + 120 \cdot 0,4 + 92,95 \cdot 0,47 = \\ &= 301,10 \text{ умовн. т/рік.} \end{aligned}$$

## Поздовжній розріз рекомендованого улаштування вертикальної газозбірної свердловини



- 1 – залізобетонний колодезь;
- 2 – люк,
- 3 – кришка люка;
- 4 – трубопровід;
- 5 – шар ізолюючого матеріалу;
- 6 – камера первинного збирання;
- 7 – сифон з отворами для зливання води;
- 8 – шар ТПВ;
- 9 – фільтр;
- 10 – свердловина з газозбірною полімерною трубою

# Перелік заходів щодо забезпечення ефективної та екологічно безпечної експлуатації полігона ТПВ

Вид заходу		
Охоронні	Захисні	Відбудовні
<p>Моніторинг забруднювачів на дільниці складування та на межі СЗЗ, оперативний контроль виділень шкідливих речовин на об'єкті, розрахунок сумарних забруднень по кожному інгредієнту, облік забруднень в екстремальних (аварійних) ситуаціях, розрахунок платежів за забруднення навколишнього середовища. Під час моніторингу контролюються: у повітрі – CH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub> (пил), акролеїн, сажа, крезол; у воднім середовищі - забруднення води за бактеріологічним і хімічним складом в свердловинах, у шахтних колодязях, у водовідвідних каналах, стічному колодязі та котловані фільтрату, а також рівень фільтрату в котловані і колодязі; у ґрунті - якість гідроекрана котловану, якість і цілісності земляного покриття, забруднення на дільниці складування та у санітарній зоні, температура ТПВ в засипці, бактеріологічний аналіз, хімічний аналіз по важких металах.</p>	<p>До захисних заходів відносяться технологічні та планувальні. Технологічні: контроль маси ТПВ, (дозиметричний, вологість, вага, морфологічний склад); контроль висоти шару ТПВ, що відсипається; щільності укладання, ступеня ущільнення, величина ізолюючого шару; контроль рівня і якості фільтрату в засипці ТПВ і фільтраційному колодязі, температури в засипці; контроль забруднення підземних і ґрунтових вод по контрольних свердловинах, шахтним колодязям; якісний і кількісний контроль забруднення ґрунту в межах полігона та СЗЗ; контроль забруднень в приземному шарі атмосфери в межах площадки та СЗЗ; контроль виділення метану з вентиляційних свердловин ТПВ.</p> <p>Планувальні: облаштування днища котловану площадки складування, протифільтраційного екрана котловану, колодязів і резервуара для відбору фільтрату; огороження площадки полігона і зміцнення укосів зеленими насадженнями; створення площадки для мийки сміттєвозів з очисними спорудами з оборотним циклом водопостачання; облаштування смуги зелених насаджень і озеленення площадки.</p>	<p>Усунення наднормативного впливу і нормалізацію стану окремих компонентів навколишнього середовища. Наприклад, при несприятливих метеоумовах для нормалізації стану атмосферного повітря необхідно передбачати зниження викидів забруднюючих речовин за рахунок тимчасового зменшення кількості одночасно експлуатованої автотранспортної техніки. При аварійних ситуаціях, коли можливе улучення великої кількості фільтрату в підземні води і їх забруднення, необхідно передбачити відкачку підземних вод для зниження рівня водоносного шару, вивіз фільтрату на очисні споруди, зменшення обсягу зволоження ТПВ. По завершенні функціонування полігона необхідно здійснювати рекультивацію та озеленення відпрацьованої його частини.</p>

# Висновки

1. Проблема міських смітників одна з найбільш актуальних проблем сучасних міст. Кількість сміття, що накопичується, постійно росте. Зараз його на кожного громадянина доводиться від 150 до 600 кг у рік. При цьому варто врахувати, що смітники є серйозним джерелом забруднення ґрунту, ґрунтових вод і атмосфери токсичними хімікатами, високотоксичними важкими металами, а при загорянні сміття - діоксидами, фуранами й біфенілами, причому, гранично припустимі концентрації небезпечних речовин перевищуються в 1000 і більше разів. Тобто оточуюче середовище в районі розташування полігону ТПВ іспитує техногенне навантаження.

2. Основними джерелами впливу на атмосферне повітря є: площадка ТПВ (виділяється метан); автотракторна техніка (викиди окислів азоту, сірки, вуглецю, сажі, акролеїну); площадка перевалки ґрунту (пил); площадка дезінфекції сміттевозів (крезол). Джерелом впливу на гідрогеологічне середовище є площадка гідроекрана котловану, солі фільтрату (хлорид, сульфат, нітрат амонію) і хвороботворні бактерії.

3. Сьогодні перспективним напрямком в енергетиці вважають використання біогазу. На полігонах ТПВ біогаз утворюється у великих кількостях. Використання природного газу зі смітників повинно зацікавити насамперед представників адміністрацій міст, тому що дозволяє дістати значні кошти від цієї технології, поліпшити екологію регіону.

4. Поліпшити екологічну ситуацію у містах дозволять наступні напрямки у сфері поводження з відходами:

- удосконалення законодавства для здійснення державного контролю та нагляду за промисловими і побутовими відходами;
- створення системи поводження з відходами (збирання, сортування та перезатарювання, накопичення, транспортування, ідентифікація, інвентаризація, утилізація та видалення);
- переробка промислових і побутових відходів та розвиток вторинного ресурсовикористання;
- розроблення і впровадження методики проведення оцінки та відведення ризику для здоров'я населення від накопичення відходів та пестицидів.

5. Було розглянуто випадок, коли загальна маса ТПВ, що складається на полігоні (РТПВ) дорівнює 750 000 000 т. Тоді очікувана кількість біогазу, що виділяється при анаеробному розкладанні 1 т ТПВ згідно розрахунків склала  $875 \cdot 10^6$  м<sup>3</sup>. Питомий об'єм біогазу, що можна зібрати з 1 т твердих побутових відходів за весь період експлуатації системи збирання біогазу, дорівнює  $53\,156 \cdot 10^6$  м<sup>3</sup>.

**Дякую  
за увагу!**