

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет природничих наук та технологій
Кафедра нафтогазової інженерії та буріння

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню магістр

студентка Дмитрук Олена Олександрівна
академічної групи 185М-19з-1 ГРФ
спеціальності 185 Нафтогазова інженерія та технології
спеціалізації _____
за освітньо-професійною програмою «Нафтогазова інженерія та технології»
на тему: «Розробка технології видобутку метану з Ігреського полігону твердих побутових відходів».

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
Кваліфікаційної роботи	Коровяка Є.А.			
Розділів:				
Технологічного	Коровяка Є.А.			
Охорона праці	Муха О.А.			
Економічного	Коровяка Є.А.			
Рецензент	Приходченко В.Ф.			
Нормоконтролер	Расцветаєв В.О.			

Дніпро
2020

ЗАТВЕРДЖЕНО:
 завідувач кафедри
нафтогазової інженерії та буріння
 _____ к.т.н. Коровяка Є.А.
 « _____ » _____ 2020 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеню магістр

студенту Дмитрук О.О. академічної групи 185М-19з-1 ГРФ
спеціальності 185 Нафтогазова інженерія та технології
спеціалізації _____
 за освітньо-професійною програмою «Нафтогазова інженерія та технології»
 на тему: «Розробка технології видобутку метану з Ігреського полігону твердих побутових відходів»

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 27.10.2020р. № 809-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Технологічний	Аналіз методів і перспектив регенерації та утилізації звалищного газу. Аналіз систем роботи з твердими побутовими відходами та їх енергетичний потенціал. Перспективи видобутку і утилізації метану в дніпропетровському регіоні	21.11.2020
Економічний	Економічний ефект використання біогазу природно-техногенної системи «Полігон ТПВ»	03.12.2020
Охорона праці	Техніка безпеки і виробнича санітарія	11.12.2020

Завдання видано

_____ (підпис керівника)

Коровяка Є.А.
 (прізвище, ініціали)

Дата видачі 15.10.2020

Дата подання до екзаменаційної комісії

14.12.2020 р.

Прийнято до виконання

_____ (підпис студента)

Дмитрук О.О.
 (прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 83 с., 11 рис., 6 табл., 1 додаток, 20 джерел.

ЗВАЛИЩНИЙ ГАЗ, ВИДОБУТОК МЕТАНУ, ТВЕРДІ ПОБУТОВІ ВІДХОДИ, УТИЛІЗАЦІЯ МЕТАНУ, ПАРАМЕТРИ, ТЕХНОЛОГІЯ ВИДОБУТКУ ЗВАЛИЩНОГО ГАЗУ, ЗАСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ РОБОТИ

Сфера застосування розробки – видобуток метану з твердих побутових відходів.

Актуальність теми.

Одним з видів поновлюваних джерел енергії, є видобуток біопалива з твердих побутових відходів (ТПВ). Різке зростання споживання в останні десятиліття у всьому світі привів до істотного збільшення обсягів утворення твердих побутових відходів (ТПВ). Одним з основних способів видалення ТПВ у всьому світі залишається захоронення в при поверхневої геологічній середі. У цих умовах відходи піддаються інтенсивному біохімічному розкладу, яке викликає зокрема генерацію звалищного газу (ЗГ). Емісія ЗГ, що надходить у природне середовище формує негативні ефекти локального впливу на навколишнє середовище поблизу підприємства з видобутку метану з ТПВ. З цієї причини в багатьох розвинених країнах світу здійснюються спеціальні заходи видобутку біогазу з твердих побутових відходів.

Щодня в Україні тисячі тон міських твердих відходів надходять на сміттєві звалища. В результаті природного процесу розкладання органічних речовин, таких як продукти харчування і папір, похованих на цих звалищах, виділяється звалищний газ, який є побічним продуктом розкладання. Цей газ складається приблизно на 50 відсотків з метану (CH_4), який є основним компонентом природного газу, і на 50 відсотків з двоокису вуглецю (вуглекислого газу) (CO_2) і невеликих домішок органічних речовин, що не входять в групу метану.

Об'єкт дослідження – технологія видобутку метану в умовах Ігреського полігону твердих побутових відходів

Предмет дослідження – параметри технології видобутку метану з твердих побутових відходів в умовах Ігреського полігону

Мета роботи – обґрунтування параметрів способу видобутку метану з твердих побутових відходів і зниження газовиділення в навколишнє середовище, що дозволить підвищити екологічну безпеку в атмосфері підприємства.

Новизна одержаних результатів – виконано поетапне і послідовне вивчення впливу викидів звалищного газу на навколишнє середовища; встановлені теоретичні залежності швидкостей утворення та видобування біогазу.

Практичні результати – проведено аналіз потенційної небезпеки викидів метану і можливостей негативного впливу його на навколишнє природне середовище; проведено аналіз перспективи видобутку і утилізації метану в Дніпропетровському регіоні; розроблено технологію видобутку метану з твердих побутових відходів для умов Ігреського полігону; здійснене обґрунтування спорудження автозаправної станції в умовах Ігреського полігону;

Практична значимість кваліфікаційної роботи полягає у розробці технологічної схеми видобутку метану з ТПВ.

Взаємозв'язок з іншими роботами – продовження інноваційної діяльності кафедри нафтогазової інженерії та буріння НТУ «Дніпровська політехніка» в галузі видобутку нетрадиційних вуглеводнів.

Апробація роботи – за матеріалами кваліфікаційної роботи представлені тези в рамках участі у VIII Міжнародній науково-технічній конференції студентів, аспірантів і молодих вчених.

ABSTRACT

Explanatory note: 83 pages, 11 figures, 6 tables, 20 sources.

LANDFILL GAS, METHANE EXTRACTION, SOLID WASTE, METHANE UTILIZATION, PARAMETERS, LANDFILL GAS PRODUCTION TECHNOLOGY, MEANS TO INCREASE ENVIRONMENTAL SAFETY

The scope of development is methane extraction from solid household waste.

Actuality of theme.

One of the types of renewable energy sources is the extraction of biofuels from solid waste (SW). The sharp increase in consumption in recent decades around the world has led to a significant increase in the generation of solid waste (SW). One of the main ways to remove solid waste around the world is burial in the surface geological environment. Under these conditions, the waste is subjected to intensive biochemical decomposition, which causes in particular the generation of landfill gas (LG). Emissions of LG entering the natural environment form negative effects of local impact on the environment near the methane extraction plant. For this reason, in many developed countries, special measures are taken to extract biogas from solid waste.

Every day in Ukraine, thousands of tons of municipal solid waste go to landfills. As a result of the natural decomposition process of organic substances, such as food and paper buried in these landfills, landfill gas is released, which is a by-product of decomposition. This gas consists of approximately 50 percent methane (CH_4), which is the main component of natural gas, and 50 percent of carbon dioxide (carbon dioxide) (CO_2) and small impurities of organic substances that are not part of the methane group.

Object of research - technology of methane production in the conditions of the Game landfill of solid household waste.

Subject of research - parameters of methane production technology from solid household waste in the conditions of the Igren landfill.

The purpose of the work is to substantiate the parameters of the method of methane extraction from solid household waste and reduce gas emissions into the environment, which will increase environmental safety in the atmosphere of the enterprise.

The novelty of the obsession of the results is the vivchennya of the infusion of extraction of landfill gas to the middle; establishment of theoretical deposits of rates of approval and biogas production.

Practical results - analysis of the potential danger of methane emissions and the possibility of its negative impact on the environment; the analysis of prospects of methane production and utilization in the Dnepropetrovsk region is carried out; the technology of methane extraction from solid household waste for the conditions of the Igren landfill has been developed; the substantiation of construction of gas station in the conditions of the Igren range is carried out;

The practical significance of the qualification work is to develop a technological scheme of methane production from solid waste.

Approbation of the work - based on the materials of the qualification work, theses are presented in the framework of participation in the VIII International scientific and technical conference of students, graduate students and young scientists/

ЗМІСТ

<u>ВСТУП</u>	7
<u>РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ МЕТОДІВ І ПЕРСПЕКТИВ РЕГЕНЕРАЦІЇ І УТИЛІЗАЦІЇ ЗВАЛИЩНОГО ГАЗУ</u>	13
1.1 <u>Тверді побутові відходи та їх властивості</u>	13
1.2 <u>Технологічна схема утилізації метану, що виділяється сміттєвими звалищами, що застосовується в Україні</u>	15
1.3 <u>Видобуток і утилізація звалищного газу (ЗГ)</u>	18
1.4 <u>Процес газоутворення</u>	18
1.5 <u>Масштаби газоутворення</u>	20
1.6 <u>Масштаби світової екстракції ЗГ</u>	21
<u>РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СИСТЕМ РОБОТИ З ТВЕРДИМИ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ ТА ЇХ ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ</u>	22
2.1 <u>Отримання біогазу з ТПВ</u>	22
2.2 <u>Екологічний вплив емісій біогазу з полігонів ТПВ</u>	23
2.3 <u>Аналіз систем збору біогазу на полігонах ТПВ</u>	25
2.3.1 <u>Вертикальні системи збору біогазу</u>	26
2.3.2 <u>Горизонтальні системи збору біогазу</u>	27
2.4 <u>Оптимальні умови утворення метану в складі біогазу</u>	29
2.5 <u>Аналіз математичних моделей емісії біогазу з полігонів ТПВ</u>	31
<u>РОЗДІЛ 3. ПЕРСПЕКТИВИ ВИДОБУТКУ І УТИЛІЗАЦІЇ МЕТАНУ В ДНІПРОПЕТРОВСЬКОМУ РЕГІОНІ</u>	36
3.1 <u>Регенерація і можливості утилізації в Дніпропетровському регіоні</u>	36
3.2 <u>Пілотний проект з переробки твердих побутових відходів з системою збору, утилізації полігонного газу та виробництва електричної енергії у м. Дергачі Харківської області</u>	46
<u>РОЗДІЛ 4. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЇ СИСТЕМИ «ПОЛІГОН ТПВ» З ВИРОБНИЦТВОМ БІОГАЗУ</u>	50
4.1 <u>Аналіз підходів до забезпечення екологічної безпеки</u>	50
4.2 <u>Розробка природно-техногенної системи «Полігон ТПВ» з виробництвом біогазу</u>	55
4.3 <u>Економічний ефект використання біогазу природно-техногенної системи «Полігон ТПВ»</u>	59
4.4 <u>Розрахунок полігону ТПВ</u>	63
4.5 <u>Проектування системи дегазації полігону</u>	68
<u>РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ</u>	71
5.1 <u>Техніка безпеки і виробнича санітарія</u>	71
5.2 <u>Пожежна безпека</u>	79
<u>ВИСНОВКИ</u>	82
<u>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ</u>	83
<u>ДОДАТОК А</u>	85

ВСТУП

Метан є основним компонентом газу, що виділяється сміттєзвалищами (звалищного газу). Викиди метану в атмосферу роблять його основним винуватцем виникнення «парникового ефекту». В результаті скорочення викидів метану, при уловлюванні газу і його застосуванні в якості енергоносія, можна домогтися виробництва значної кількості енергії, а також позитивних економічних і екологічних результатів. Здійснення проєктів по регенерації енергії звалищного газу сприяє скороченню парникових газів і забруднюючих повітря речовин, що позитивно позначається на якості повітря і знижує потенційний ризик для здоров'я людини. Крім того, проєкти по екстракції газу знижують залежність від окремих енергоносіїв, сприяють економії, створюють робочі місця і допомагають розвитку економіки на місцях. У міжнародному масштабі існують значні можливості для розширення застосування енергії звалищного газу [1].

Щодня в Україні тисячі тонн міських твердих відходів надходять на сміттєві звалища. В результаті природного процесу розкладання органічних речовин, таких як продукти харчування і папір, похованих на цих звалищах, виділяється газ, який є побічним продуктом розкладання. Цей газ складається приблизно на 50% з метану (CH_4), який є основним компонентом природного газу, і на 50% з двоокису вуглецю (вуглекислого газу) (CO_2) і невеликих домішок органічних речовин, що не входять в групу метану.

У всьому світі сміттєзвалища є третім за величиною антропогенним джерелом (викликаним діяльністю людини) викидів і складають приблизно 12% глобальних викидів. Відомо, що протягом останніх двох десятиліть населення України зменшилося майже на п'ять мільйонів чоловік (або 10%) від чисельності в 51 млн осіб в 1990 році, до 42 млн в 2015 році, проте кількість побутового сміття не тільки не зменшується, але, навпаки, продовжує накопичуватися і збільшуватися. За останні десять років обсяг побутових відходів - продуктів життєдіяльності кожного жителя в Україні, збільшився на 45%. Департамент екологічної безпеки Міністерства охорони навколишнього середовища оцінює

концентрацію в Україні всіх видів відходів обсягом близько 35 мільярдів тонн, причому 2,6 млрд тонн є високотоксичними.

За даними екологів, кожен українець щороку створює близько 220-250 кг твердих побутових відходів, а жителі великих міст - 330-380 кг, і ці обсяги постійно зростають. Більше 90% твердих побутових відходів в Україні вивозиться на звалища і полігони. Захоронення відходів на звалищах вимагає відчуження великих територій та їх дорогого облаштування. Як повідомляє Національний екологічний центр України, на полігонах і звалищах України накопичилося більше мільярда кубометрів відходів життєдіяльності людини, з яких, згідно з офіційними даними Держкомстату України, повторну переробку проходить 3,5%. Всі ці відходи займають понад 7 тис. гектарів землі, це фільтрат, що забруднює ґрунт, що отруює ґрунтові води, що приносить непоправну шкоду здоров'ю людей. Крім того, це біологічний газ, що утворюється при похованні органічних речовин, макрокомпонентами якого є метан (CH_4) і діоксид вуглецю (CO_2). На рис. 1 представлено орієнтовний розподіл обсягів викидів CH_4 з сміттєвих звалищ в промислових областях України.

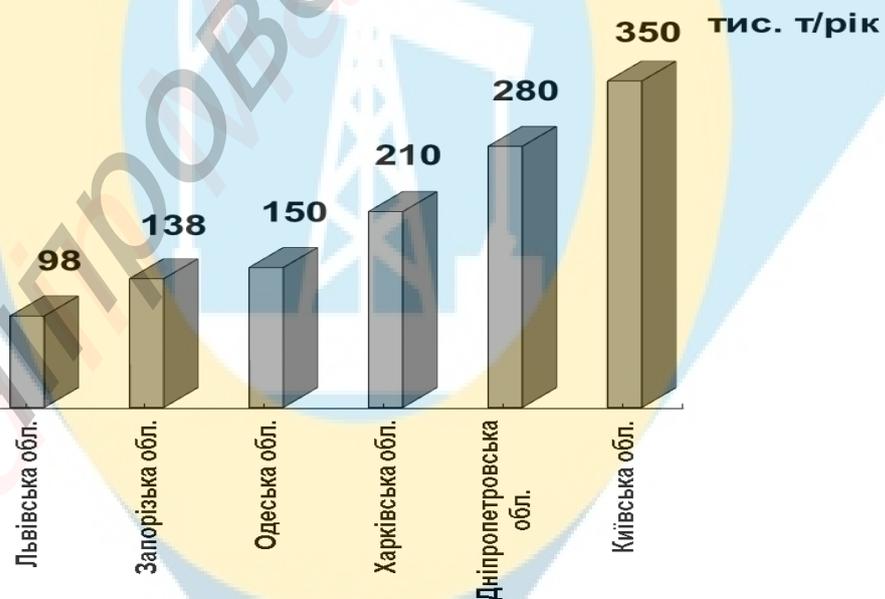


Рисунок 1 – Загальний обсяг викидів метану з сміттєвих звалищ в промислових областях України за 2018 рік

Масштаби утворення звалищного газу в Україні також можна вважати геологічними, так як за розрахунками фахівців в Україні щорічно утворюється понад 120 млн. тон органічних відходів по сухій масі, кожна тонна яких може дати від 300 до 800 куб. м. біогазу. Переробка усієї кількості відходів може дати тільки біогазу від 36 до 75 млрд. куб. м біогазу або в перерахунку на метан від 20 до 45 млрд. куб. м в рік. Відзначимо, що в даний час в Україні видобувається менше 20 млрд. куб. м природного газу при потребі близько 70 млрд. куб. м. газу [3].

Переважає більшість звалищ (від 80 до 90%) працюють у режимі перевантаження, з давно порушеними проектними показниками щодо обсягів надходження відходів, без дотримання запобіжних заходів щодо забруднення підземних вод (в тому числі рівня колодязної води) і повітряного басейну. Термін придатності більшості звалищ для захоронення відходів «прострочений». Чисельність передмість і сіл, які ведуть «сміттєві війни» за закриття полігонів і звалищ, зростає з кожним роком і загрожує придбати національні масштаби. При цьому спроби влади знайти нові площі під полігони викликають стійкий опір населення - їх лякає перспектива близького сусідства з новою звалищем [2].

В даний час муніципальним обслуговуванням охоплено лише 52% населення країни і близько 60% приватних будинків не мають договорів на вивезення сміття. Внаслідок відсутності належної системи збору твердих побутових відходів у приватному секторі щорічно з'являються тисячі стихійних, несанкціонованих звалищ в безпосередній близькості від населених пунктів. У більшості невеликих міст і в абсолютній більшості сіл сміття вивозять нерегулярно. У переважній більшості сіл сміття просто вивозять за околиці і скидають в природні поглиблення (яри, рови і т.п.). Дуже поширена практика вивезення сміття на лісові галявини, поля та інші об'єкти, не передбачені для використання в якості сміттєзвалища. Тільки великих стихійних нагромаджень сміття нараховується близько 2000, що становить до 66% усіх сміттєзвалищ в Україні. На нелегальних звалищах відсутній мінімальний контроль складу

відходів, що не виключає можливості поховання медичних, токсичних та радіаційних відходів, а також освіти скотомогильників.

Ситуацію не змінило поява на початку 80-х років сміттєспалювальних заводів (ССЗ) «нового покоління» (забезпечених високотехнологічними пристроями очищення викидів) вони були зустрінуті населенням в штики через острах діоксинів та інших забруднювачів повітря, а також через невирішеність проблем з похованням токсичної золи, що утворюється при спалюванні ТПВ. Знаходити майданчики для ССЗ виявилось нітрохи не легше, ніж для полігонів, а собівартість спалювання відходів навіть у таких густонаселених країнах, як Нідерланди, виявляється нітрохи не нижче, ніж собівартість закопування їх в землю [6].



Рисунок 2 – Частка спалювання відходів та захоронення на полігонах

У країнах з розвиненим екологічним законодавством до половини капітальних витрат при будівництві сучасних ССЗ (Рис. 2) йде на установку повітроочисних систем. До 1/3 експлуатаційних витрат ССЗ йде на плату за поховання золи, що утворюється при спалюванні сміття, яка представляє собою набагато більш екологічно небезпечна речовина, ніж ТПВ самі по собі.



Рисунок 3 – Сучасний сміттєспалювальний завод із лижною трасою на даху, м. Копенгаген

Коли вартість (а отже, і ціна) утилізації відходів значно зростає, ринок утилізації починає залучати великі приватні компанії. Такі компанії в основному будують і експлуатують гігантські сміттєспалювальні заводи, розміщені на дешевій землі далеко від міст, де виробляється найбільша кількість ТПВ. Будівництво таких підприємств зазвичай зустрічає велику ворожість місцевого населення, ніж будівництво муніципальних звалищ, оскільки ніхто не хоче мати під боком звалище «чужого сміття» з метрополії. Крім того, звалище, що належить приватній компанії, сприймається населенням, як правило, більш вороже, ніж муніципальна звалище тих же розмірів, розташована в тому ж місці. Під тиском громадськості політики наполягають на запровадженні жорсткіших стандартів, що в свою чергу збільшує вартість утилізації відходів. Це призводить до того, що все більша кількість відходів потрапляє в руки великих корпорацій, що мають не тільки фінансові кошти виконати жорсткі екологічні стандарти, а й можливість подолати (не завжди законними засобами) опір місцевих політиків при вирішенні питання про розміщення звалища. Ворожість населення до

величезних корпорацій росте, і ми потрапляємо в вихідну точку порочного кола, вузол «сміттевої кризи» затягується ще тугіше.

Практика показує, що подібне коло збільшення масштабів, вартості і ворожості населення неможливо розірвати шляхом простого посилення екологічних стандартів або впровадження нових технологій утилізації відходів. Спроби вийти з цього кола, вирішуючи в комплексі соціальні, економічні та технологічні проблеми, пов'язані з ТПВ, привела до розробки концепції Комплексного управління відходами. Ця концепція служить орієнтиром для урядових і громадських організацій у багатьох країнах; наприклад, вона офіційно прийнята Агентством з охорони навколишнього середовища США [9].



РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ МЕТОДІВ І ПЕРСПЕКТИВ РЕГЕНЕРАЦІЇ І УТИЛІЗАЦІЇ ЗВАЛИЩНОГО ГАЗУ

1.1. Тверді побутові відходи та їх властивості

Побутове сміття є одним з видів господарсько-побутових відходів життєдіяльності людини. Побутове сміття складається з органічних і неорганічних частин. Повна характеристика ТПВ передбачає розгляд їх фракційного і морфологічного складу, середньої щільності, кількості, хімічну і бактеріологічну характеристику.

Згідно з дослідженнями з визначення морфологічного складу твердих побутових відходів, що проводилися в рамках проекту «Національна стратегія поводження з твердими побутовими відходами в Україні».

Морфологічний склад твердих побутових відходів в будинках приватного сектору, у багатоквартирних будинках, а також твердих побутових відходів, що утворюються на підприємства, установах і організаціях наведено у таблиці 1 (данні отримані в результаті дослідження з визначення морфологічного складу твердих побутових відходів, що проводилися в рамках проекту «Національна стратегія поводження з твердими побутовими відходами в Україні»).

На співвідношення складових побутових відходів дуже впливають: ступінь благоустрою житлового фонду, сезони року, кліматичні та інші умови. Так, в осінній період вміст харчових відходів значно вище, ніж в інші періоди, що пов'язано з великим використанням овочів і фруктів в раціоні харчування населення. Вітчизняний і зарубіжний досвід показує, що з плином часу в складі і властивостях сміття відбуваються істотні зміни. У складі сміття постійно збільшується вміст паперу завдяки розвивається виробництва і зростаючому використанню її перш за все через підвищення культурного рівня та поширення упаковок в торгівлі [11].

Зміст біорозкладаних органічних фракцій в твердих побутових відходах наведено в таблиці 2. У колонці «середня» вказані середні величини між даними 20010-2019 рр.

Таблиця 1.1 – Морфологічний склад твердих побутових відходів

Фракція ТПВ	Багато-поверхові будинки	Приватні будинки	Адміністративні будівлі
Харчові відходи	26,05%	24,13%	15,12%
Папір, картон	6,75%	7,62%	26,92%
Пластики/полімери	13,12%	10,09%	20,70%
Скло	20,80%	9,63%	17,64%
Чорні метали	1,25%	0,46%	1,02%
Кольорові метали	0,22%	0,80%	0,16%
Текстиль	4,77%	9,80%	3,44%
Відходи деревини	1,03%	1,43%	1,38%
Небезпечні відходи	0,60%	0,69%	0,66%
Відходи гуми, шкіри, кісок	2,13%	1,83%	1,90%
Комбіновані відходи	1,24%	0,63%	1,99%
Інші види відходів, включаючи:	22,05%	32,89%	9,07%
Малі будівельні відходи	3,23%	5,96%	0,00%
Вуличний замет, листя	4,03%	0,00%	5,26%
Гігієнічні засоби	5,85%	7,62%	0,00%
Інше	8,93%	19,31%	3,81%
	100%	100%	100%

Таблиця 1.2 – Зміст біорозкладаних органічних фракцій

Фракція ТПВ	2010	2019	Середнє	Min	max
Харчові відходи	41,38%	22,39%	31,88	25%	40%
Папір і картон	13,45%	12,98%	13,21	12%	14%
Зелені відходи (трава та ін.)	9,41%	8,33%	8,87%	8%	10%
Деревні відходи	1,67%	1,22%	1,44%	1%	2%
Гума, шкіра, кістки	2,09%	2,00%	2,05%	2%	3%
Текстиль	3,81%	5,38%	4,59%	3%	6%
Інша органіка	0,0%	2,22%	1,11%	0%	2%
Усього органічних відходів	71,8%	54,5%	63,2%	51%	77%

Розглянемо основні методи знешкодження і переробки ТПВ:

- Утилізаційні - з максимальним використанням всіх корисних властивостей шляхом переробки основної частини сміття в органічне добриво і біопаливо, виділення вторинної сировини і використання пального не утилізованих частин (як паливо) на сміттєспалювальних заводах;
- Ліквідаційні, які не передбачають використання корисних властивостей відходів: поховання на вдосконалених звалищах з засипанням землею, скидання в болота, вироблені шахти, кар'єри, вивезення в море, а також спалювання.

З точки зору використання твердих побутових відходів в системах енергозбереження для нас звичайно становить інтерес утилізаційні способи переробки.

1.2 Технологічна схема утилізації метану, що виділяється сміттєвими звалищами, що застосовується в Україні

Для екстракції звалищного газу на полігонах зазвичай використовується наступна принципова схема: мережа вертикальних газодренажних свердловин з'єднуються лініями газопроводів, в яких компресорна установка створює розрідження, необхідне для транспортування біогазу до місця використання. Установки по збору і утилізації монтуються на спеціально підготовленому майданчику за межами звалищного тіла.

Кожна свердловина здійснює дренаж конкретного блоку ТПВ, умовно має форму циліндра. Стійкість роботи свердловини може бути забезпечена, якщо її дебіт не перевищує обсягу знову утворюється ЗГ. Оцінка газопродуктивності існуючої товщі ТПВ проводиться в ході попередніх польових газо-геохімічних досліджень.

Спорудження газодренажної системи може здійснюватися, як цілком на всій території полігону ТПВ після закінчення його експлуатації, так і на окремих ділянках полігону відповідно до черговості їх завантаження. При цьому треба враховувати, що для видобутку ЗГ придатні полігони потужністю не менше 10 м. Бажано також, щоб територія полігону ТПВ, на якій планується будівництво

системи збору ЗГ, була рекультивована, тобто перекрита шаром ґрунту потужністю не менше 30 - 40 см.

Для видобутку ЗГ на полігонах ТПВ застосовуються вертикальні свердловини. Зазвичай вони розташовуються рівномірно по території звалищного тіла з кроком 50 - 100 м між сусідніми свердловинами. Їх діаметр коливається в інтервалі 200 - 600 мм, а глибина визначається потужністю звалищного тіла і може становити кілька десятків метрів. Для проходки свердловин використовується як звичайне бурове обладнання, так і спеціалізована техніка, що дозволяє споруджувати свердловини великого діаметру. При цьому, вибір того чи іншого обладнання зазвичай обумовлений економічними показниками.

При бурінні свердловин в товщі відходів, найбільш доцільним є використання шнекового буріння. Воно порівняно недороге та легко доступне, тому що широко використовується в інженерно-геологічних дослідженнях. При використанні цього виду буріння максимально можливий діаметр свердловин складає 0.5 м. Однак їх будівництво в українській умовах зустрічає ряд труднощів, пов'язаних з присутністю великої кількості сторонніх включень (металевих і бетонних конструкцій, залишків техніки, механізмів та ін.) в товщі полігону, ускладнюють буріння і призводять до частой поломки бурового інструменту. Досвід показує, що відносно легко можуть бути пробурені свердловини діаметром 250 - 300 мм, в той же час вони цілком достатні для видобутку ЗГ.

Інженерне облаштування свердловини включає декілька етапів. На першому - в свердловину опускається перфорована сталева або пластикова труба, заглушена знизу. Потім в міжтрубний простір засипається пористий матеріал (наприклад, гравій) з пошаровим ущільненням до глибини 3 - 4 м від гирла свердловини. На останньому етапі споруджується глиняний замок потужністю 3 - 4 м для запобігання попадання в свердловину атмосферного повітря.

Після завершення будівництва свердловини приступають до установки оголовка свердловини, що представляє собою металевий циліндр, забезпечений

газозапірною арматурою для регулювання дебіту свердловини і контролю складу ЗГ, а також патрубком для приєднання свердловини до газопроводу.

На заключній стадії на оголовок свердловини встановлюється металевий або пластмасовий короб для запобігання несанкціонованого доступу до свердловини.

Газопроводи для транспортування ЗГ

Температура ЗГ в товщі відходів може досягати 40 -50 °С, а вміст вологи - 5-7% об. Після екстракції ЗГ зі полігону і його надходження в транспортні газопроводи, відбувається різке зниження температури, що призводить до утворення конденсату, який може виділятися в значних кількостях. Орієнтовно при видобутку ЗГ в обсязі 100 м³/год, в добу утворюється близько 1 м³ конденсату. Тому відведення конденсату з допомогою спеціальних пристроїв є завданням першорядної важливості, тому що його наявність в газопроводі може утруднити чи зробити неможливою екстракцію ЗГ.

На першому етапі проектування газопроводів проводиться їх гідравлічний розрахунок з метою вибору оптимального діаметра труб на різних ділянках.

При виборі матеріалів для газопроводів зазвичай розглядають два варіанти: використання пластикових або сталевих труб. Їх порівняльний аналіз проводиться за наступними критеріями:

- механічна міцність;
- корозійна стійкість;
- можливість використання в ґрунтах.

Основна перевага сталевих труб обумовлено механічною міцністю і їх повсюдним використанням при будівництві газопроводів в Україні. Пластикові труби характеризуються високою корозійною стійкістю і пластичністю. Для прокладки газопроводу рекомендується використовувати пластикові труби з поліетилену низького тиску (ПНТ). Поліетиленові газопроводи мають ряд переваг в порівнянні з металевими: вони набагато легше, мають достатню міцність, еластичність і корозійну стійкість, добре зварюються. Газопроводи не

вимагають електрохімічного захисту. Продуктивність праці при будівництві поліетиленових газопроводів в 2,5 рази вище.

1.3 Видобуток і утилізація звалищного газу (ЗГ)

Різке зростання споживання в останні десятиліття у всьому світі призвело до істотного збільшення обсягів утворення твердих побутових відходів (ТПВ). В даний час маса потоку ТПВ, що надходить щорічно в біосферу досяг майже геологічного масштабу і становить близько 400 млн. тон на рік. Вплив потоку ТПВ гостро позначається на глобальних геохімічних циклах ряду біофільних елементів, зокрема органічного вуглецю. Так, маса цього елемента, що надходить в навколишнє середовище з відходами, становить приблизно 85 млн. тон на рік, в той час, як загальний природний надлишок вуглецю в ґрунтовий покрив планети складає лише 41,4 млн. тон в рік.

Одним з основних способів видалення ТПВ у всьому світі залишається поховання в приповерхневому геологічному середовищі. У цих умовах відходи піддаються інтенсивному біохімічному розкладу, яке викликає зокрема генерацію звалищного газу.

Емісії ЗГ, що надходять у природне середовище формують негативні ефекти як локального, так і глобального характеру. З цієї причини в багатьох розвинених країнах світу здійснюються спеціальні заходи щодо мінімізації емісії ЗГ. Це фактично призвело до виникнення самостійної галузі світової індустрії, яка включає видобуток і утилізацію ЗГ.

1.4 Процеси газоутворення

Істотна частина фракцій ТПВ повсюдно представлена різними органічними матеріалами. Основними групами серед них є харчові рештки і папір. Їх співвідношення змінюється в залежності від рівня розвитку країни і її географічного положення і культурних особливостей. Частка органічних фракцій ТПВ коливається по світу не настільки значно, від 56% в розвинених країнах до 62% - в країнах, що розвиваються.

В умовах поховань, куди надходить практично 80% загального потоку відходів, швидко формуються анаеробні умови, в яких протікає біоконверсія органічної речовини (ОР) за участю метаногенів співтовариства мікроорганізмів. В результаті цього процесу утворюється біогаз або, так званий, звалища газ (ЗГ), макрокомпонентами якого є метан (CH₄) і діоксид вуглецю (CO₂).

Можна стверджувати, що в середньому газогенерації закінчується в звалищному тілі протягом 10-50 років, при цьому питома виходу газу складає 120-200 куб. м на тону ТПВ. Стехиометрія процесу газоутворення може бути описана наступним спрощеним рівнянням реакції:



Істотне варіювання газопродуктивності і швидкості процесу визначається умовами середовища, що склалися в конкретному звалищному тілі. До числа параметрів контролюючих біоконверсії відносяться вологість, температура, рН, склад органічних фракцій. Їх комплексний вплив відображається в наступному рівнянні кінетики реакції газоутворення першого порядку:

$$Q = M * q * e^{-kt}, \quad (1.2)$$

де,

Q - кількість біогазу (куб. м);

M - маса відходів (т);

q - питома газового потенціалу (куб. м/т);

k - константа швидкості реакції газоутворення (1/год).

На практиці, для прогнозу газоутворення застосовують різні модифікації формули (1.2). Їх основна відмінність зводиться до кількості фракцій органічної речовини (ОР) ТПВ, що включаються в розгляд. Як правило, в складі ОР виділяють швидко-, середньо- і повільно розкладні матеріали. Вони істотно

розрізняються за своїми фізико-хімічними властивостями і терміном біологічного розпаду. Так, наприклад, розкладання "швидких" фракцій завершується протягом 2-4 років, в той час як біоконверсія "повільних" - протікає протягом десятиліть.

Макрокомпонентами ЗГ є метан (CH_4) і діоксид вуглецю (CO_2) їх співвідношення може змінюватися від 40-70% до 30-60% відповідно. В значно менших концентраціях, на рівні перших відсотків присутні як правило - азот (N_2), кисень (O_2), водень (H_2). Як мікродомішок до складу ЗГ можуть входити десятки різних органічних сполук.

Склад біогазу обумовлює ряд його специфічних властивостей. Перш за все ЗГ горючий, його середня калорійність становить приблизно 5500 Ккал на m^3 . У певних концентраціях він токсичний. Конкретні показники токсичності визначаються наявністю ряду мікродомішок, таких, наприклад як сірководень (H_2S). Зазвичай ЗГ має різким неприємним запахом. Також ЗГ, відноситься до числа так званих парникових газів, що надає йому глобальну значимість і робить його об'єктом пильної уваги світової спільноти [5].

1.5 Масштаби газоутворення

Глобальна емісія ЗГ є важливим параметром для розрахунку прогнозних моделей зміни клімату Землі в цілому. Також на оцінках викидів звалищного метану будуються національні стратегії природоохоронної діяльності в деяких розвинених країнах. Так, наприклад, в США вступив в силу закон про необхідність обладнання всіх без винятку полігонів країни системами видобутку та знешкодження ЗГ, після того як американськими дослідниками було показано, що звалища є основним антропогенним джерелом метану в США.

Перші глобальні оцінки викидів звалищного метану почали проводитися в минулому десятилітті. Так, в одній з перших найбільш авторитетних робіт 1987 року була показано, що глобальна емісія звалищного CH_4 становить 30-70 млн. т на рік, або 6-18% від його загальнопланетарного потоку. При цьому зазначалося, що дана величина перевищує масу метану, що виділяється вугільними шахтами. На підставі зростання обсягів утворення ТПВ в країнах, що розвиваються був

зроблений прогноз про те, що в наступному столітті звалища будуть основним глобальним джерелом метану.

В середині дев'яностих років оцінка глобальної емісії звалищного газу проводилася експертною групою Міжурядової комісії зі зміни клімату (IPCC), була отримана величина рівна 40 млн. т/рік. Практично вона підтвердила достовірність оцінок, і остаточно поставила ЗГ до реєстру основних джерел парникових газів планети.

1.6 Масштаби світової екстракції ЗГ

У помітних обсягах біогаз екстрагується та утилізується в ряді розвинених західних країн. До їх числа відносяться США, Німеччина, Великобританія, Нідерланди, Франція, Італія, Данія. Обсяги річного газовидобутку представлені в табл. 1.3 з якої випливає, що глобальна утилізація ЗГ становить приблизно 1,2 млрд. куб. м в рік, що еквівалентно 429 тис. тон метану або 1% його глобальної емісії. Таким чином, обсяг газу, що видобувається, мізерний в порівнянні з обсягом його утворення. Це відкриває широкі можливості для розвитку біогазу як галузі в цілому.

Таблиця 1.3 – Масштаби світового видобутку ЗГ

Країна	Обсяг видобутку ЗГ, млн. куб. м/рік
США	500
Німеччина	400
Великобританія	200
Нідерланди	50
Франція	40
Італія	35
Данія	5
Загалом:	1230

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СИСТЕМ РОБОТИ З ТВЕРДИМИ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ ТА ЇХ ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ

2.1 Отримання біогазу з ТПВ

Одним з найбільш перспективних методів утилізації твердих побутових відходів є отримання з нього біогазу. Отримання біогазу засноване на тому, що після поховання попередньо ущільнених відходів починаються процеси їх хіміко-біологічного перетворення, які можна поділити на чотири фази.

- *Аеробна фаза* (тривалість від декількох тижнів до декількох місяців). Активізується діяльність бактерій, які споживають кисень.

- *Анаеробна фаза* (тривалість до кількох місяців). Активізується діяльність бактерій, які можуть існувати без доступу або з мінімальною кількістю кисню. Відбувається зміна фізико-хімічних властивостей відходів (наприклад, змінюється рН), утворюються органічні кислоти.

- *Анаеробна «нестабільна метанова» фаза* (тривалість від декількох місяців до року). Активізується діяльність метаноутворюючих бактерій. Хімічний склад відходів стабілізується.

- *Анаеробна «стабільна метанова»* (тривалість від декількох років до десятиліть). Активізується діяльність бактерій, що розкладають (без доступу повітря) органічні складові частини відходів до метану, двоокису вуглецю і води.

Процес анаеробного розкладання відходів залежить від їх складу і протікає з різною швидкістю. Процес газоутворення залежить від тривалості часу. Так, спочатку кількість виділеного метану різко зростає, а потім з роками поступово стабілізується.

На неорганізованих звалищах звалищний газ безконтрольно виділяється в атмосферу. При цьому він витісняє з ґрунту кисень, завдаючи значної шкоди флорі і перешкоджаючи росту рослин. Крім того, звалище стає потенційним осередком пожежонебезпеки [16].

В результаті біохімічних перетворень і розкладання відходів до кінцевих продуктів утворюється горюча газова суміш, що складається приблизно з 55%

метану, 40% двоокису вуглецю і 5% азоту. Теплота згорання цієї суміші дозволяє використовувати її для опалювальних цілей.

При розкладанні 1 т відходів виділяється 200 - 250 м³ біогазу. Розкладання відходів починається під дією кисню повітря, однак шари, розташовані на глибині котловану, розкладаються і без доступу кисню. На глибині близько 4 м температура досягає 35 ... 40 °С. Температура, необхідна для нормального протікання біохімічних процесів, не повинна бути нижче +15 °С.

Високий відсоток вмісту в біогазі метану створює можливість застосування його в енергетичних цілях. Утворений біогаз може направлятися в газопроводи подачі на спалювання для обігріву житлових приміщень або ж після відповідної переробки використовуватися для вироблення електричної енергії.

Цей спосіб ще гарний й тим що на його здійснення не потрібно дуже великих капітальних витрат і екологічний збиток від нього мінімальний. Для реалізації даного методу потрібно тільки вирити котлован, ізолювати його від ґрунту, прокласти трубопроводи в поклади сміття для виходу біогазу і використовувати отриманий газ за призначенням.

2.2 Екологічний вплив емісій біогазу з полігонів ТПВ

Біогаз відноситься до групи газів бродіння і болотних газів. Якщо біогаз утворюється в товщі звалища у вигляді неконтрольованих емісій, то це неминуче призведе до забруднення навколишнього середовища. Принципово можливі шкідливі впливи викидів біогазу на полігонах можна класифікувати в такий спосіб.

Фізіологічні шкідливі впливи - це поняття включає ефект отруєння (токсичний вплив) через наявність певних речовин або явища задухи (оскільки виділення біогазу призводить до зниження вмісту кисню) для людини, тварин і рослин. Деякими прикладами такої небезпеки є: небезпека задухи внаслідок проникнення насиченого газом повітря в підвали будинків або при спорудженні свердловин на полігоні; небезпека отруєння через окремих компонентів газу при

роботах на полігоні; негативний вплив на рослинність в даному місці (асфіксія кореневої системи) при рекультивації поверхні через вихід ґрунтового повітря.

Хімічні шкідливі впливи - цей вид впливу характерний для полігонів з активною дегазацією. Йдеться про корозійні ушкодження газопроводів, ущільнень, газокompресорних пристроїв або арматури.

Фізичні шкідливі впливи - такі дії можуть привести при наявності або при відсутності тиску до пожежонебезпечної ситуації, якщо станеться загоряння вибухонебезпечної суміші біогазу і повітря. Приклади таких явищ: небезпека вибуху в замкнутому просторі при змішуванні метану і повітря в певній галузі концентрацій; небезпека пожежі.

Негативний вплив запаху - поряд з іншими впливами біогазу велике значення має проблематика органолептичних властивостей біогазу полігонів ТПВ. Навантаження від запаху обумовлені наявністю домішок таких компонентів як сірководень, органічні сполуки сірки (меркаптани), різні ефіри, алкінбензоли та ін. Ці речовини з інтенсивним запахом часто в малих кількостях надають шкідливий вплив на здоров'я мешканців прилеглих населених пунктів.

Загальні екологічні впливи - в останні роки стало очевидно, що не контрольовані викиди газу з полігонів ТПВ також беруть участь в «парниковому ефекті». Відповідно до міжнародних стандартів викид в атмосферу 1 м³ метану за своїм «парниковим ефектом» еквівалентний викиду в атмосферу 24,5 м³ діоксиду вуглецю.

Для зниження викидів шкідливих речовин, що виходять з полігонів ТПВ, а також щоб уникнути пожеж і негативного впливу на зростання рослинності на рекультивованих полігонах і прилеглих зонах, необхідний цілеспрямований збір біогазу за допомогою здійснення інженерних заходів, які повинні передбачатися виходячи з представлених обґрунтувань і тривалості часу можливого газоутворення.

Поряд зі зниженням описаних вище негативних впливів на навколишнє середовище, завдяки технічним заходам по видаленню газу, можливо отримати додатковий позитивний ефект. Завдяки використанню енергетичного потенціалу

біогазу, з'являється можливість заміни природного газу, мазуту або вугілля з метою економії невідновлюваних первинних джерел енергії. На малих полігонах можливе використання біогазу з невеликими інвестиційними витратами. Звідси впливає вимога монтажу по можливості простих систем утилізації. Основним методом, що забезпечує рішення цієї задачі, є технологія отримання та утилізації звалищного біогазу.

2.3 Аналіз систем збору біогазу на полігоні ТПВ

При розгляді умов дегазації на полігонах відходів пропонуються два принципово відмінні способи експлуатації:

- біогаз під власним тиском відводиться з товщі звалища. У цьому випадку здійснюється так звана «пасивна дегазація»;
- біогаз примусово відкачується з товщі полігону за допомогою спеціальних пристосувань. Цей спосіб називається «активною дегазацією».

Існує принципова відмінність між системами пасивної і активної дегазації.

Газ, безперервно утворюється в товщі полігону, виходить з неї в тих місцях, де потоку газу виявляється найменший опір. Це явище використовується при влаштуванні пасивної дегазації. Найчастіше пасивні системи дегазації відводять газ через товщу гравію або щебню, які в порівнянні з товщею полігону більш газопроникні.

Пасивна дегазація застосовується на старих полігонах, що займають невелику площу. Мета здійснюваних заходів, з одного боку, запобігання пошкодженню рекультиваційного шару рослинного покриву закритих полігонів, а з іншого боку, обмеження міграції газу в прилеглі зони полігону і емісії метану в атмосферу.

Для ефективної дегазації необхідно застосовувати тільки активний спосіб, при якому передбачається прокладка системи вертикальних або горизонтальних трубопроводів. У мережі газозбиральних перфорованих труб, що знаходяться в товщі полігону на різній глибині, створюється розрідження, за рахунок якого відбувається емісія біогазу. Через збірні газопроводи біогаз надходить в

газосбірний пункт, який може бути виконаний у вигляді труби, резервуара і т.п., де розміщуються контрольно-вимірювальні прилади, пристрої автоматики і пристрій для видалення конденсату. Далі біогаз з надлишковим тиском по трубопроводах надходить безпосередньо до місця використання.

Існуючі системи активної дегазації можна розділити на точкові і комплексні, вертикальні і горизонтальні. У свою чергу вертикальні системи діляться на газові свердловини і газові шахти. Однак на практиці застосовуються і інші форми (резервуари, гравійні або щебеневі камери і ін.). Переважно збір біогазу на полігонах і звалищах ТПВ здійснюється через горизонтальні і вертикальні комплексні системи.

2.3.1 Вертикальні системи збору біогазу

Найбільш поширена система вилучення біогазу складається з мережі вертикальних свердловин, пов'язаних разом горизонтальними трубами, які збирають біогаз ТПВ і передають його в обладнання для комерційного використання. Газові свердловини часто споруджуються одночасно з засипанням відходів, але можуть влаштовуватися і пізніше шляхом буріння в товщі полігону потужністю не менше 10 м.

Всередині вертикальної свердловини, що знаходиться в шарі твердих побутових відходів, поміщена труба з поліетилену високої міцності. Труба перфорована від нижнього краю до відстані 3-5 м від верху насипу отворами або прорізами у вигляді щілин. Діаметр свердловини 0,6-1,2 м, глибина - мінімум 7 м і відповідає 50-90% товщини шару ТПВ. Обсяг свердловини навколо перфорованої збірної труби засипаний гравієм. В якості оболонки для заповнювача з щебню або гравію застосовуються бетонні кільця, сталеві решітки чи обсадні труби зі сталі. Верхня частина свердловини ущільнена бетоном або глиною з метою запобігання припливу атмосферного повітря в свердловину і виток в атмосферу біогазу. Оголовок свердловини являє собою захищений металевий циліндр і має пристосування для вимірювання тиску, температури, концентрації газу і витрати.

На практиці добре зарекомендували себе так звані телескопічні свердловини (див. Рисунок 2.1).

Перевага вертикальних систем дегазації полягає в тому, що вони можуть споруджуватися як на закритих полігонах ТПВ, так і в процесі укладання відходів. Збільшення довжини свердловини при цьому досягається шляхом нарощування в області оголовка. Недоліком вертикальних систем є обов'язково необхідна дорога ізоляція простору між оголовком свердловини і поверхнею полігону, де частіше за все не вдається досягти повної ізоляції. І, як наслідок, в області оголовків газових свердловин найбільш часто можна спостерігати емісію біогазу ТПВ.

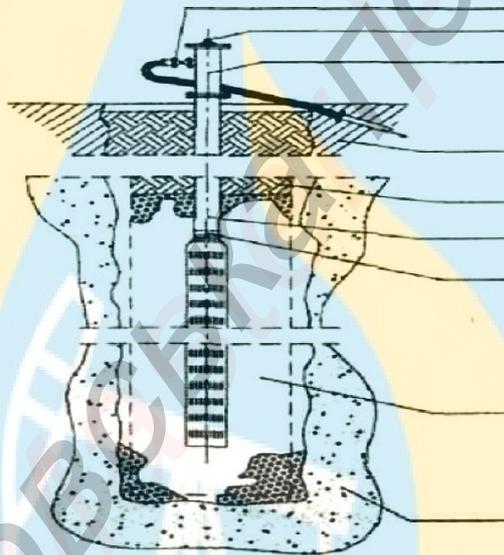


Рисунок 2.1 – Схема вертикальної свердловини

2.3.2 Горизонтальні системи збору біогазу

Горизонтальні системи збору біогазу найбільш застосовні при будівництві нових полігонів ТПВ. Монтаж таких систем здійснюється одночасно зі спорудженням нового полігону, а працювати системи починають через 2-2,5 року, коли в товщі полігону утворюється значна кількість біогазу [5,6].

Пристрій для збору газу зазвичай виконано у вигляді гілок перфорованих труб, що мають обсипання шаром газопроникного матеріалу (щебеню, гравію) і розташованих горизонтально або під невеликим кутом. За допомогою перехідних патрубків вони з'єднуються зі збірним колектором, який може розташовуватися як

підземно, так і надземне і повідомляється через транспортує трубопровід з компресорною станцією. Газові витратоміри, регулюючі крани, пристрої для відбору проб газу, збірник конденсату можуть розташовуватися як на підвідних патрубках перфорованих труб, так і на збірному колекторі.

Горизонтальні системи (рис. 2.3.2.) Досить прості в монтажі, вони менш схильні до пошкоджень рухомим транспортом (сміттєвозами, бульдозерами, і тд.). Однак газозбірні горизонтальні труби особливо чутливі до осідання (як і вертикальні системи). Це необхідно враховувати при будівництві та виборі матеріалу. Якщо в локальних зонах можливо застій фільтрату, наприклад, за рахунок виникнення проміжних ущільнених шарів в тілі полігону, горизонтальні системи можуть стати функціонально непридатними. Тому до горизонтальних систем збору біогазу пред'являють ряд вимог:

- перфоровані труби повинні бути виконані з міцного матеріалу;
- система повинна мати достатню компенсацію на розтягнення для обліку просадки;
- необхідно витримувати достатню відстань до підшови і поверхні полігону;
- прокладка перфорованих труб повинна передбачатися в площинному гравійному фільтрі або в гравійної траншеї з малочутливого матеріалу.

У практиці часто застосовується спосіб укладання горизонтальних систем в кілька рівнів. Таке укладання дозволяє охопити більшу частину товщі відходів, ніж вертикальні системи. Однак такий спосіб укладання не гарантує збільшення обсягу зібраного біогазу. Причиною цього є велика довжина горизонтальної системи, при якій розподіл потужності всмоктування більш несприятлива, ніж у відносно коротких вертикальних системах. У горизонтальних системах з невеликою потужністю всмоктування на відстані 50-100 м від межі полігону збільшення ступеня збору не відбувається, і цей недолік характерний для трубопроводів на різних рівнях. У таких випадках кінцеві ділянки перфорованих газозбиральних труб «не працюють» через малу різницю тиску в ґрунті полігону і в трубах. Завдяки компактності вертикальних систем, ступінь збору газу в них вище.

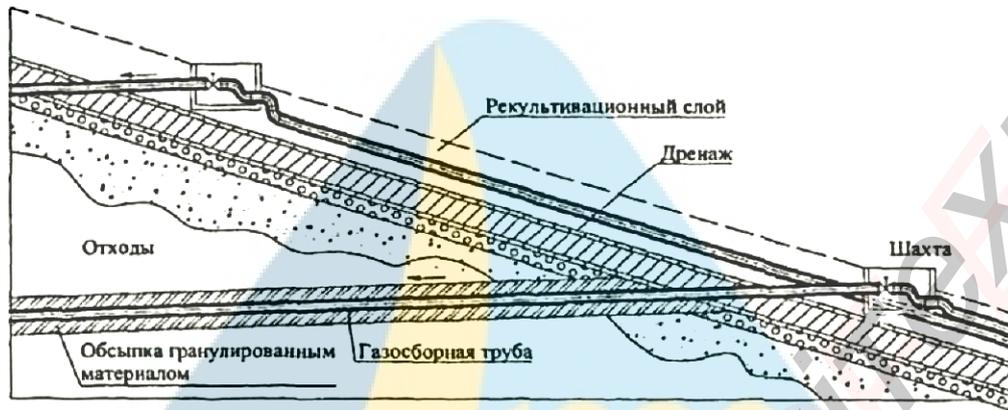


Рис. 2.2 – Схема горизонтальної системи збору біогазу на полігонах ТПВ

Полігон побутових відходів являє собою досить складну систему, що залежить від зовнішніх і внутрішніх умов, а також постійно змінюється в часі. Від структури товщі полігону, властивостей ґрунту та інших факторів впливу на процес утворення біогазу, його розподілу в товщі відходів, безпосередньо залежить ефективність обраної системи збору біогазу [6].

Для ефективної роботи систем збору біогазу з метою забезпечення екологічно безпечної експлуатації полігонів ТПВ необхідно виконання наступних основних умов:

- створення достатнього розрідження в товщі полігону;
- виключення підсмоктування повітря з атмосфери;
- достатня механічна міцність системи.

Тому на цьому етапі наукових досліджень за доцільне вивчити питання, пов'язані з особливостями утворення біогазу на полігонах і звалищах ТПВ, а також впливу різних чинників на процес утворення звалищного біогазу.

2.4 Оптимальні умови утворення метану в складі біогазу

Найбільшою мірою складу біогазу визначається фазою метаногенеза. У період стабільного мікробіологічного процесу кількість метану в біогазі полігону становить 55-75%, діоксиду вуглецю 45-25%.

На процеси метаногенеза впливають різні абіотичні фактори: температура, вологість, рН і т.д.

Для протікання процесів деструкції на стадії метаногенеза оптимальною вологістю вважається вологість відходів від 55 до 80%. При такій вологості відбувається максимальне освіту біогазу. Зміст вологи в відходах менше 20% значно знижує активність анаеробних мікробіологічних процесів.

Деяке підвищення температури в цілому збільшує вихід газів. Збільшення температури від 22 до 33 °С супроводжується збільшенням газу на 70%. Оптимальним для метаногенеза діапазоном температури є 38- 42 °С.

Зростання метаногенних бактерій на полігоні ТПВ можуть лімітувати високі концентрації нітратів і сульфатів - акцепторів водню і конкуренти за водень з метаногенів бактеріями - гомоацетогенні бактерії, які використовують водень в процесі відновлення діоксиду вуглецю до оцтової кислоти. В даний час на полігонах ТПВ виявлені різні види субстратів для метаногенних бактерій: суміш діоксиду вуглецю з воднем, оцтова кислота, метанол і триетиламін [10].

Згубними для метанових бактерій можуть стати багато летючі жирні кислоти. Якщо вміст загальної кількості жирних кислот знаходиться в межах від 6 до 15 г/л, то зростання бактерій пригнічується. На метанове бродіння також несприятливо впливають важкі метали в розчиненому вигляді. Вони отруйні при концентраціях менше 1 мг / л, при цьому допустимі високі концентрації, якщо є необхідна кількість сульфідів. Найбільш отруйними є ртуть і кадмій. У дренажної води для метанових бактерій небезпечний як кисень, так і високий вміст солей (понад 25 г / л). Крім того, токсичні пестициди і деякі містять хлор вуглеводні.

Зміна показника рН на різних стадіях процесу розкладання може призвести до зупинки реакції метаноутворення. Оптимальним показником для протікання процесу розкладання є рН середовища полігону в діапазоні від 6 до 8.

Вихід газу збільшується при збільшенні вмісту в ТПВ вуглеводнів, жирів.

Таким чином, процес утворення біогазу на полігонах твердих побутових відходів є багатостадійним і залежних від багатьох параметрів. Тому для здійснення управління процесом утворення біогазу на полігонах слід прагнути

до оптимальних умов метаногенеза. В даний час процес утворення метану на полігонах недостатньо вивчений і для кожного з полігонів окремо неможливо визначити і описати процеси, що відбуваються всередині на хімічному рівні. Отже, чітко відстежувати процеси і регулювати їх неможливо, тільки спостерігаючи за полігоном з початку його виникнення або за допомогою експериментального моделювання. Знання процесів і вміння управляти ними може відкрити можливості для отримання прибутку від змісту полігону за рахунок збору і утилізації біогазу, а потім використання його на прилеглих промислових підприємствах або транспортування по газопроводах в райони споживання. Крім того, заходи зі збору та утилізації біогазу несуть і екологічний ефект, поступово оздоровлюючи райони захоронення побутових відходів шляхом зниження викидів метану і вуглекислого газу в атмосферу. Тому при вивченні біохімічних процесів, а також прогнозування біогазоутворення на полігоні ТПВ створюються моделі газоутворення, що враховують в собі вплив основних факторів. Чим більше таких факторів враховано в моделі, тим вірогідніше опис процесу і точніше прогноз.

Тому метою подальших досліджень є визначення впливу різних параметрів на процес утворення біогазу як одного з джерел забруднення атмосфери при емісії основних компонентів біогазу та розробки кінетичної моделі освіти біогазу. Для цього потрібне проведення експериментальних і теоретичних досліджень з метою уточнення існуючих і розробки нових критеріїв ефективності забезпечення екологічно безпечної експлуатації і полігонів ТПВ.

2.5 Аналіз математичних моделей емісії біогазу з полігонів ТПВ

Методологія оцінки емісій біогазу зі звалищ та полігонів розвивалася в міру розвитку технології поховання. З початком будівництва полігонів захоронення ТПВ починаються і активні дослідження процесів розкладання відходів, утворення біогазу. Для оцінки кількості ЗГ, що утворюється і виділяється в атмосферу на підставі морфологічного складу відходів та інших основних факторів застосовується математичне моделювання, тобто

математичний вираз теоретично можливої кількості газу, що виділяється на полігоні ТПВ. Гетерогенність відходів, а також вплив різних чинників в реальних умовах експлуатації полігонів створюють певні складнощі для прогнозування. Прогноз також ускладнюється через нестачу інформації про складованих відходах. Тому прогнозування недостовірно, так як при використанні декількох математичних моделей виходить досить великий діапазон коливань значень генерації біогазу [12,13].

За допомогою математичного моделювання процесів, що протікають в товщі полігону, можливо спрогнозувати емісію ЗГ на всіх етапах життєвого циклу полігону, що дозволить в подальшому розробити методи утилізації біогазу з метою розробки стратегії захисту навколишнього середовища.

Для оцінки кількості і швидкості утворення біогазу довгий час використовувався стехіометричний підхід, що дозволяє визначити теоретично можливий вихід біогазу в результаті повного розкладання в ідеальних умовах! Невизначена закладка, DC. За даними ІЕ ЕРА стехіометричні розрахунки показують максимальний вихід біогазу на рівні 200-500 м³ / т ТПВ в рік. Насправді рівень освіти біогазу за численними польовим вимірам коливається від 7 до 80 м³ / т ТПВ в рік. В даний час використання цієї моделі для розрахунків обмежена, так як вона не враховує реальні умови розкладання, такі як ступінь аеробного і анаеробної деструкції, поживних обмежень, біологічного пригнічення процесу, фізико-хімічних взаємодій. Тому розраховані таким способом величини емісії перевищують значення, отримані в ході лабораторних випробувань.

Поступово накопичувані емпіричні дані про процеси метаногенеза, ролі біоценозів і абіотичних факторів в процесах розкладання, розвиток моніторингу, прогресу в математичному моделюванні, привели до створення моделей біологічного розкладання.

Концептуальна модель поведінки екосистеми санітарного полігону в часі базується на теорії зростання мікробної популяції, що залежить від кількості субстрату або живильного середовища, і припиняється, коли запаси поживних речовин вичерпані.

Реакції такого типу підкоряються кінетичним рівнянням першого порядку:

$$-\frac{dc}{dt} = kC_0, \quad (2.1)$$

де,

C_0 - початкове вміст органічної речовини;

k - константа періоду напіврозпаду першого порядку (рік).

Модель є найкращою для опису розкладання в лабораторних умовах при роботі з малими обсягами відходів, оскільки враховується тільки один фактор - кількість розклалися органічної речовини

Вираз (2.2) є широко використовуваним при описі метанової генерації на полігоні. На основі нього можна визначити обсяг (або масу) біогазу $V(t)$, утвореного масою відходів за час t як функцію максимального обсягу біогазу, генерованого одиницею відходів в одиницю часу:

$$V(t) = V_0 e^{-k t} - V, \quad (2.2)$$

Моделі біологічного розкладання знаходять все більше застосування завдяки накопиченню експериментальних даних, які показують прийнятну збіжність результатів прогнозу і реальних значень емісій. Польові вимірювання рівня біогазу в свердловинах показали, що прогноз, виконаний на основі моделі біорозпаду, найбільшою мірою відповідає реальним значенням емісій.

З розвитком технології поховання і змінами законодавства у галузі поховання ТПВ в кінці 90-х років в моделюванні з'явився багатофазний підхід з метою створення комплексних моделей прогнозу, що враховують взаємодію між газом, рідиною і твердою фазою. Поки ці моделі в силу складності не знайшли широкого застосування на практиці і залишаються в полі зору вузького кола фахівців - дослідників.

Аналіз математичних моделей показав, що наявні в даний час моделі прогнозу газу виходять з таких передумов і спрощень:

- весь органічний вуглець переходить в продукти CH_4 і CO_2 ,
- виробництво метану - це реакції 1-го порядку, тобто існує пряма залежність від концентрації вихідного субстрату;

-
-
-
- температура в товщі відходів приймається відносно постійною;
- при виведенні моделей використовуються емпіричні коефіцієнти;
- значення виходу біогазу, отримані в результаті використання тієї чи іншої моделі біогазообранования відносні і в значній мірі залежать від місцевих факторів даного полігону.

Українські полігони мають ряд характерних особливостей: відсутність обліку тривалості впливу складованих відходів на навколишнє середовище; відсутність попередньої підготовки відходів перед похованням; відсутність системи дегазації; застосування земляний засипки в якості захисного покриття; відсутність ізолюючої пересипання складованих шарів відходів, горіння відходів та їх періодичну екскавацію в процесі складування. Тому на даному етапі досліджень розробити універсальну модель неможливо, проте можна адаптувати існуючі моделі відповідно до поставлених завдань для закритих, експлуатованих і проєктованих полігонів в залежності від їх ємності і специфічних особливостей.

Різноманітність розглянутих математичних моделей відображає складність і різноманіття процесів, що відбуваються на полігонах і ускладнює вибір універсальної моделі газової емісії. Розглянуті моделі, як правило, враховують лише невеликий ряд факторів, які можуть бути задані в деякому прийнятному діапазоні або легко контролюються. Вони не враховують реальний склад сміття, який в останні десятиліття різко змінився. Тому коректний вибір моделі можна зробити, тільки зіставляючи результати розрахунку з експериментальними або натурними даними. Спроба уніфікувати розрахунок емісії метану так само вимагає використання великого ряду натурних даних.

Оскільки всі натурні дослідження вельми трудомісткі і їх моніторинг вимагає великого часу, що обчислюється десятиліттями, найважливішим способом моделювання процесів розкладання відходів і визначення емісії біогазу є лабораторний експеримент. Отже, для достовірного прогнозування кількості та

якості утворився біогазу необхідні експериментальні дослідження, при яких має бути враховано, виміряно і визначено вплив основних чинників на процес деструкції відходів з утворенням звалищного біогазу.



РОЗДІЛ 3. ПЕРСПЕКТИВИ ВИДОБУТКУ І УТИЛІЗАЦІЇ МЕТАНУ В ДНІПРОПЕТРОВСЬКОМУ РЕГІОНІ

3.1 Регенерація і можливості утилізації в Дніпропетровському регіоні.

Дніпропетровський регіон був проголошений зоною надзвичайного екологічного лиха ще в 2007 році. Але ситуація не тільки не покращилася за 3 роки, але і продовжує погіршуватися. У місті щорічно утворюється 300-350 тис. тон ТПВ і до 400 тис. тон будівельного сміття. Для його поховання використовуються два полігони: невелику частину вивозять на полігон під м. Новомосковськ, близько 140-150 тис. т направляється на завод зі спалювання побутових і будівельних відходів, а всі інші відходи, тобто половина всього обсягу залишається на несанкціонованих звалищах в межах міста.

Існує декілька варіантів застосування звалищного газу в Дніпропетровському регіоні:

- виробництво електроенергії з використанням двигунів, турбін, мікротурбін і інших технологій;

- переробка газу для виробництва альтернативного палива для місцевих промислових підприємств або інших організацій, які потребують постійних поставок палива (безпосереднє застосування біологічного газу є надійним і вимагає мінімальної переробки і незначних модифікацій наявного обладнання для спалювання);

- використання звалищного газу для виробництва газу газопровідної якості або альтернативного палива для автотранспорту.

Для видобутку газу на полігонах твердих побутових відходів застосовуються вертикальні свердловини. Зазвичай вони розташовуються рівномірно по території звалищного тіла з кроком 50 – 100 м між сусідніми свердловинами [2]. Їх діаметр може коливатися в інтервалі 200 – 600 мм, а глибина визначається потужністю звалищного тіла і може становити кілька десятків метрів.

При бурінні свердловин в товщі відходів в українських умовах, найбільш доцільним вважається використання шнекового буріння. Принципова схема полігону для видобування біогазу наведена на рис. 3.1

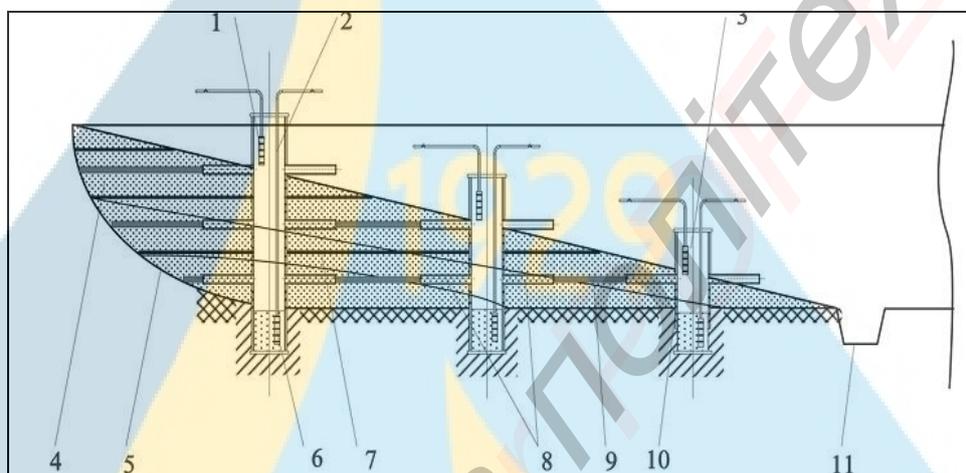


Рис. 3.1 – Принципова схема полігону

1 – газозбірник; 2 – полімерний трубопровід для відведення фільтрату; 3 – колодязь вертикального газового дренажу; 4 – тверді побутові відходи; 5 – дно полігону; 6 – ерліфт; 7 – протифільтраційний шар; 8 – система горизонтального газового дренажу; 9 – ініціюючі компоненти біологічного походження; 10 – система вертикального газового дренажу; 11 – дренажна канава.

Процес смолоскипного спалювання в факелі є виправданим з тієї точки зору, що помилка розрахунку газоутворення становить зазвичай не менше 30 %. У разі відсутності надійних даних щодо морфологічного складу твердих побутових відходів та реєстрації його кількості, що завозиться, помилка може збільшитися в кілька разів. Якщо біогаз планується використовувати в енергетичних цілях, така помилка неприпустима.

Існує метод екстракції звалищного газу, який базується на безкисневому бродінні твердих побутових відходів. На першому етапі будівництва створюється приймаюча ємність (котлован), розрахований на 10–20 років користування. На дні котловану укладається шар глини товщиною 1 метр (або

поліетиленова плівка) для запобігання проникнення забрудненої води у водоносні горизонти. В процесі будівництва сміття вноситься в котлован порціями в спеціальні осередки, відповідними добової норми його надходження на звалище. Кожна така комірка висотою від 2 до 4 метрів ізолюється глиною від попередніх і наступних [2].

Після заповнення котловану сміттям, його закривають «покрівлею» – глиною, плівкою, засипають землею, зверху висаджують траву. Котлован оснащується інженерними спорудами для відведення рідких і газоподібних продуктів розкладання сміття. У тілі котловану закладаються свердловини, труби, встановлюється насосне обладнання. Отриманий газ передається по трубопроводах на електростанції, котельні, печі випалу, мікротурбіни і т. д. [3, 4].

Перші 2-3 місяці з закритого котловану зі сміттям виходить в основному CO_2 . Потім починається виділення повноцінного звалищного газу, яке триває до 30 – 70 років. Після 25 років об'єм вироблення метану починає повільно скорочуватися. Після припинення вироблення газу територія, зайнята котлованом, може бути знову використана для повторного використання і переробки муніципального сміття.

Газозбірний пункт (пункт збору звалищного газу) призначений для примусового вилучення метану зі звалищної товщі. Для цього за допомогою спеціального електровентильатора в системі газопроводів створюється невелике розрядження (близько 100 Мбар).

Технологія збору та відведення звалищного газу може бути застосована при знешкодженні твердих побутових і промислових відходів шляхом захоронення їх на полігонах. Спосіб збору і відводу звалищного газу на полігоні включає: підготовку опори, монтаж системи вертикального газового дренажу зі свердловин з перфорованими стінками, пошарове укладання відходів, монтаж системи горизонтального газового дренажу на поверхні кожного завершеного шару відходів у вигляді дрен, що ізолює покриття поверхні сформованого

полігону, відведення газу зі свердловин. При цьому на фундаментах, розподілених по площі полігону, обладнають свердловини вертикального газового дренажу на певній висоті. Потім проводять засипку внутрішньої порожнини й обсіпання зовнішньої поверхні кожної свердловини. Нарощують перфоровані свердловини до певної висоти. Обсіпають зовнішню поверхню свердловин на висоту наступного шару відходів матеріалом, що дрениє. В останньому циклі нарощування свердловини обладнують стінками без перфорації, вище поверхні сформованого полігону і без обсіпання їх зовнішньої поверхні дрениуючим матеріалом.

Безпосереднє спалювання біогазу в газових котлах мережі централізованого теплопостачання, а також промислових котлах в радіусі 3 км від полігону, зазвичай, є найбільш рентабельним способом його утилізації. Істотним чинником, що впливає на економічні показники проекту, є наявність відносно рівномірного споживання біогазу на протязі всього року. Але цей спосіб використання біогазу потребує значних витрат часу на перепроектування мережі централізованого теплопостачання.

Сучасні побутові та промислові газові котли, зазвичай, не призначені для роботи на низькокалорійному біогазі. Ситуації ускладнюються ще тим, що в біогазі в значних концентраціях може міститися вуглекислий газ та інші гази.

Одним із способів вирішення цього завдання є застосування спеціально розроблених щілинних пальників для спалювання біогазу. При розробці конструкції пальників враховані специфічні особливості горіння біогазу (малі межі стійкості полум'я і т.д.). Вони можуть працювати в широкому діапазоні режимів експлуатації котла з витратою біогазу від 160 до 318 куб. м/год. Пальники виготовлені зі спеціальних сталей, мають сопла, що знімаються, які не схильні до сірководневої корозії, а також мають спеціальні пристрої для стабілізації полум'я. З метою зменшення коефіцієнта надлишку повітря в їх конструкції передбачаються спеціальні смуги, що направляють повітря до кожного з сопел і не допускають великого надлишку повітря.

Треба також зазначити, що в процесі активної стадії дегазації полігону з субстрату звалища газ вилучається та збирається в газгольдері через систему видалення конденсату водяної пари. З газгольдера газ звалища надходить до споживачів через систему очищення від шкідливих домішок: води, сірки, вуглекислого газу. Очищений газ може надходити безпосередньо в котли для отримання тепла, в когенераційні установки для вироблення електроенергії, а також в абсорбційні або комбіновані холодильні машини для виробництва холоду і т.д.

Більшість вищезазначених способів застосування біогазу мають ряд недоліків, але основний з них це суттєві капітальні витрати на впровадження усіх заходів щодо утилізації біогазу із сміттєвих звалищ. Незважаючи на це найбільш прийнятним для умов Дніпропетровського регіону України є застосування біогазу у якості палива для автомобілів.

Можливість регенерації метану і подальшої його утилізації, можна провести на прикладі муніципальної Ігреньського звалища, площею 14,9 га, розташована за житловим масивом Ігрень по Синельниківській шосе. Середня відстань від центру міста - 22 км. Вона експлуатувалася з 1974 року, в 2007 році була закрита.



Фото 3.2 – Ігреньське звалище

Передбачається що біогаз, який буде видобуватися на Ігреньському звалищі, можливо використовувати у якості палива для автомобілів, а раціональне місце розташування автозаправної станції наведено на рис. 3.4

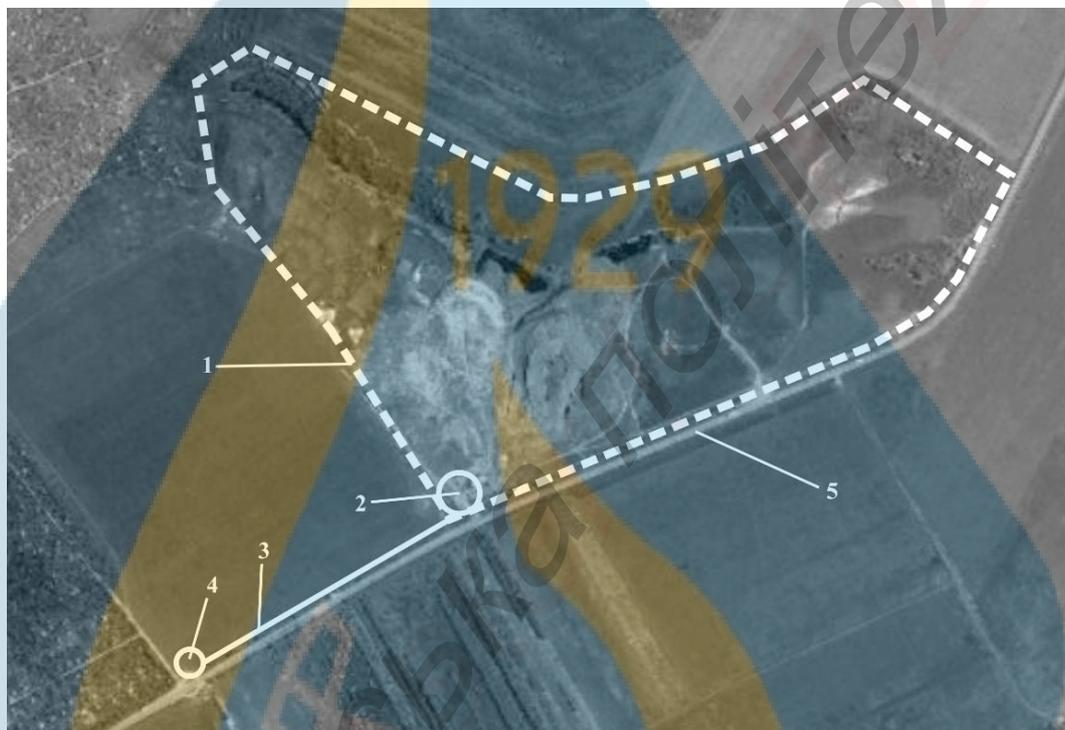


Рисунок 3.4 – Ігреньське звалище

1 – Межі Ігреньського звалища; 2 – можливе розташування блоку компримування; 3 – магістральний газопровід довжиною 180 200 м; 4 – можливе місце розташування автозаправної станції; 5 – Синельниківське шосе.

Принципова технологічна схема для видобутку і утилізації звалищного газу наведена на рис. 3.5 [6].

Згідно структурної схеми, що наведено на рис. 5, після транспортування по трубопроводу біогаз надходить в блок компримування. У цьому блоці газ очищують та підготовлюють до подальшої обробки у системі підготовки газу.

Після системи очищення і підготовки біогазу вміст метану (CH_4) у ньому може досягати 95 %, а вміст сірки дуже зменшується і може бути практично нульовим. Треба зазначити, що відділення вуглекислого газу (CO_2) і сірки (S) виконується спеціальними пристроями за допомогою води, а саме промиванням.

Після цього за допомогою невеликого спеціального компресора піднімається тиск газу до 10 бар. Треба зазначити, що при цьому в абсорбері надмірний тиск вуглекислого газу поглинається водою. А концентрація метану в біогазі підвищується з 60 % до прийняттого рівня для використання його у якості палива для автомобілів (98 %). Далі газ транспортується у ресивер в якому за допомогою спеціального водяного насоса високого тиску відбувається витіснення газу рідиною та подальше його стиснення до 270 бар.



Рисунок 3.5 – Блок схема установки для видобутку і утилізації біогазу

Під час проведення перелічених технологічних операцій вологість досить велика, практично може сягати 100 %. Для використання біогазу у якості палива для автомобілів в системі підготовки на кінцевій стадії відбувається його осушення за допомогою адсорбційного осушувача двоколонного типу з можливістю, при необхідності, почергового перемикавання колон з режиму осушення-регенерації.

Після виконання усіх перелічених операцій газ надходить у накопичувач стисненого газу. Тиск у накопичувачі складає 270 бар. Гідравлічний обсяг накопичувача визначається розрахунковим шляхам виходячи з параметрів видобування газу і його споживанням. У звичайних умовах застосовується класична трилінійна система зберігання стисненого газу, з панеллю пріоритетного каскадного розподілу стисненого газу. Для використання біогазу у

якості палива для автомобілів газ надходить в балони транспортних засобів під тиском, який може сягати 200 бар. Передбачається, що манометр для вимірювання тиску має температурну компенсацію.

При визначенні параметрів розташування свердловин в межах Ігреського звалища необхідно враховувати габарити транспортних засобів що будуть експлуатуватися під час видобування біогазу. Зазвичай відстані між свердловинами становить 30 – 40 м [7]. Тобто загальна розрахункова кількість видобувних свердловин в межах Ігреського звалища на площині 15 га становить 135 шт.

Для визначення дебіту свердловин, споруджених в межах полігону твердих побутових відходів, необхідно визначити інтенсивність виникнення біогазу. Цю інтенсивність не можливо визначити без параметрів швидкості утворення і росту мікроорганізмів, яку можна розрахувати за допомогою залежності, що запропонував Жак Люсьєн Моно [8]:

$$\mu = \frac{\mu_s \cdot S}{k_s + S}, \quad (3.1)$$

де μ – швидкість росту мікроорганізмів, діб⁻¹; μ_s – питома швидкості росту мікроорганізмів, діб⁻¹; S – концентрація субстрату, кг/м³; k_s – кінетичний параметр (константа напівнасичення).

Для опису внутрішнього стану біосистеми «тверді побутові відходи – біомаси плівки» можливо застосувати функціональну залежність:

$$S = f(T_w, \delta, \gamma, \tau_{II}, L_{en}), \quad (3.2)$$

де T_w – температура зброджування, °К; δ – товщина безпосереднього шару біомаси, м; γ – щільність біомаси, кг/м³; τ_{II} – час експлуатації свердловини для видобування біогазу, діб; L_{en} – біологічне споживання кисню (практично повне окислення) вихідною сировиною.

Стаціонарний процес ферментації біомаси в подібних системах та за умови анаеробного середовища забезпечується при виконанні наступної умови:

$$T_w, \delta, L_{en} = const, \quad (3.3)$$

Таким чином теоретичною основою для побудови математичної моделі іммобілізації метаноутворюючих мікроорганізмів може бути кінетична модель Конто, яка застосовується до більш широкого спектру фракцій твердих побутових відходів. Вона описує інтенсивність утворення біогазу (V_c , м³/добу) в залежності від технологічних параметрів процесу анаеробної ферментації [8]:

$$V_c = \frac{B_o S}{\tau_{II}} \left(1 - \frac{k_s}{\mu \tau_{II} + k_s - 1} \right), \quad (3.4)$$

де B_o – граничний вихід біогазу з одиниці органічної речовини твердих побутових відходів, заданого їх складу при нескінченному часі експозиції м³/кг; S – вихідна концентрація органічної речовини в субстраті кг/м³; μ – максимальна швидкість росту мікроорганізмів в заданому процесі ферментації складових твердих побутових відходів, дїб⁻¹; k_s – кінетичний параметр (константа напівнасичення).

За результатами моделювання було отримано теоретичні залежності швидкостей утворення та видобування біогазу в залежності від часу (рис.3.6)

Згідно залежностей, що наведені на рис. 6, найбільш раціональний проміжок часу для застосування біогазу, у якості палива для автомобілів, співпадає з найбільшою інтенсивністю його виникнення. Цей проміжок часу припадає на 2021 – 2023 рр. Саме цей час є найбільш раціональним для спорудження усіх необхідних свердловин, систем комунікацій та додаткового обладнання автозаправної станції (рис. 3.4). Згідно з [9] така станція окупає себе менш ніж за півроку.

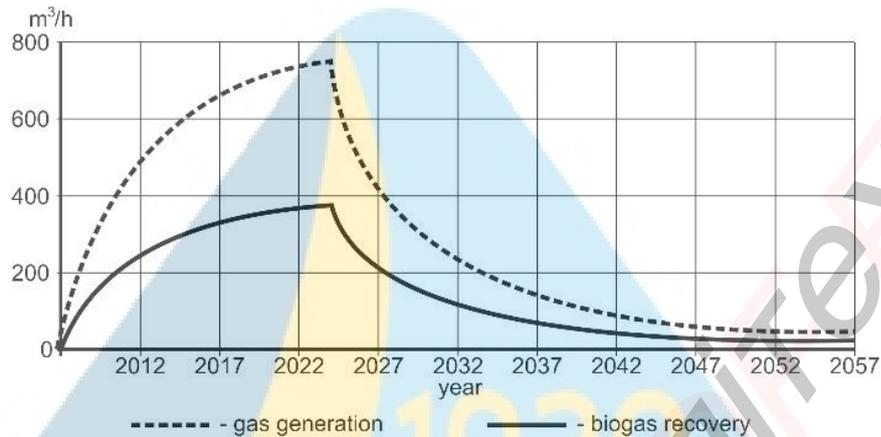


Рисунок 3.6 – Теоретичні показники обсягів утворення та видобування біогазу в умовах Ігреського звалища

Проте існує і пропонується багато різних методик розрахунку показників ефективності автозаправних станцій, в тому числі при використанні звалищного газу (біогазу).

Коефіцієнт окупності при оцінці і виборі проектів, зокрема автозаправних станцій, виступає в якості невідомого, яке знаходиться з рівняння наведених грошових надходжень за весь термін служби проекту і наведених капітальних витрат щодо його реалізації [10].

$$\int_0^T Kt \times e^{-rt} \times dt = \int_0^T Dt \times e^{-rt} \times dt, \quad (3.5)$$

де r_{II} – коефіцієнт приведення (окупності) капіталовкладень, алгебраїчна величина; T – термін служби проекту (так званий його часовий горизонт), в роках; D_t – грошові надходження від реалізації проекту, що розглядаються як результат функціонування авансованого капіталу, рік t ; K_t – капітальні витрати протягом року t .

В даному конкретному випадку коефіцієнт окупності – це показник, який заданий рамками конкретного проекту, а його значимість не поширюється на інші проекти. Крім цього він є показником максимально можливого рівня

рентабельності капіталовкладень для конкретного проекту, а саме автозаправної станції.

Необхідно також зазначити той факт, що критична ставка дисконтування (r_k) являє собою мінімально прийнятний коефіцієнт окупності, тобто проект, чий розрахункові коефіцієнти задовольняють умові $r_{\Pi} > r_k$, вважається ефективним і може бути прийнятий до впровадження. На прикладі Ігреського звалища Дніпропетровської області України встановлено, що розрахункові коефіцієнти окупності задовольняють наведеній вище умові.

Полігони твердих побутових відходів Дніпропетровського регіону є джерелами високоенергетичного газу, що містить до 70% біометану, який може бути ефективно використаний у виробництві автомобільного палива, зокрема на прикладі Ігреського звалища, в залежності від розташування полігонів щодо господарської інфраструктури.

За результатами моделювання визначено, що для умов Ігреського звалища Дніпропетровської області України максимальна сумарна швидкість видобування біогазу може сягати 386 м³/год.

За результатами обґрунтування економічної доцільності та теоретичних розрахунків встановлено, що значення розрахункового коефіцієнта окупності, наведеної у якості прикладу пропозиції щодо спорудження автозаправної станції, вважається прийнятною, а сама пропозиція може бути прийнятою до впровадження.

Утилізація біогазу дозволить значно поліпшити екологічну ситуацію в Дніпропетровській області України, запобігши виділення парникових газів та токсичних речовин.

3.2 Пілотний проект з переробки твердих побутових відходів з системою збору, утилізації полігонного газу та виробництва електричної енергії у м. Дергачі Харківської області

В проекті розглядаються питання будівництва у м. Дергачі Харківської області комплексу з переробки твердих побутових відходів з системою збору, утилізації полігонного газу та виробництва електричної енергії на базі нині діючого полігону.



Рис. 3.7 – Топографічна зйомка полігону ТПВ, м. Дергачі

У ТПВ, які складаються на полігоні, відбувається анаеробне розкладання органічної складової в наслідок якого виділяється полігонний газ, що збирається і переробляється в теплову та електричну енергію.

Після сортування цінні компоненти складаються і вивозяться у вигляді сортованої вторинної сировини, а залишок вивозиться на полігон ТПВ для поховання. Утворений в результаті розкладання органічної складової відходів полігонний газ збирається і переробляється в теплову та електричну енергію.

В проекті передбачено вироблення електричної та теплової енергії з полігонного газу. Схема вироблення електричної та теплової енергії:

збір газу у колекторі - очищення - компресія - спалювання в газопоршневих установках з виробленням електроенергії - утилізація тепла продуктів згоряння в парових котлах-утилізаторах з підтопом з виробленням

теплової енергії в перегрітому парі - скидання продуктів згоряння в атмосферу - відпуск перегрітого пара від котлів-утилізаторів на турбіну парову для вироблення електроенергії, на власні потреби комплексу;

Розрахункова потужність полігону з прийому ТПВ – 390 тис. тон на рік.

Розрахункова потужність з сортування вторинної сировини 40 тис. тон на рік.

Встановлена електрична потужність електростанцій - 6,6 МВт.
Встановлена теплова потужність електростанцій - 5,38 Гкал/год.

На полігоні відсутня система контролю ґрунтових вод. В теплі періоди року спостерігаються інтенсивне виділенням диму з окремих ділянок та схилів полігону. Пожежі трапляються 4-5 разів на рік. Час ліквідації пожеж займає від 5 до 10 годин.

Територія полігону на має захисного огороження. Інженерно обладнаний лише господарський двір, де присутня охорона, підведені лінії електропостачання та водопровід. Загальне споживання теплової та електричної енергії полігоном не перевищує 216 тис кВт*год. в рік.

Відповідно до ДБН В.2.4-2-2005 «Полігони твердих побутових відходів. Основні положення проектування» розрахунок очікуваної кількості біогазу (полігонного газу) виконаний по формулі:

$$V_{p.б.} = P_{т.п.во.} * K_{л.о.} * (1-Z)K_p, \quad (3.6)$$

де,

$V_{p.б.}$ – розрахункова кількість біогазу, м³;

$P_{т.б.о.}$ – загальна маса ТПВ, які складуються на полігоні, кг. Прийнято 350×10^3 т за рік (350×10^6 кг).

$K_{л.о.}$ – вміст легкорозкладаємої органіки в 1 т відходів. Прийнято $K_{л.о.} = 0,6$.

Z – зольність органічної речовини. Прийнято $Z = 0,25$.

K_p – максимально можлива міра анаеробного розкладання органічної речовини. Прийнято $K_p = 0,4$.

$$V_{\text{р.б.}} = 350 \times 10^6 \times 0,6 \times (1 - 0,25) \times 0,4 = 63 \times 10^6 \text{ м}^3.$$

Об'єм газу, який можна зібрати з врахуванням непередбачених обставин, визначений по формулі:

$$V^I_{\text{р.б.}} = V_{\text{р.б.}} \cdot K_c \cdot K, \quad (3.7)$$

де,

K_c – коефіцієнт ефективності системи збору біогазу, $K_c = 0,5$.

K – коефіцієнт поправки на непередбачені обставини. Прийнято $K = 0,7$.

$$V^I_{\text{р.б.}} = 63 \times 10^6 \times 0,5 \times 0,7 = 22,05 \times 10^6 \text{ м}^3.$$

Середня кількість біогазу, який може потенційно бути зібраним, оцінюється величиною від 798 м³/год. в 2014 році до 2913 м³/год. в 2026 році і до 4834 м³/год. в 2036 році.

Тепломісткість зібраного біогазу оцінюється від 4,237 Гкал/год. (2014 р.) до 15,468 Гкал/год. (2026 р.), чого достатньо, при к.к.д. 41 %, для виробки від 2,074 МВт/год. до 12,565 МВт/год. електроенергії.

Проектом передбачається установлена потужність електрогенеруючого обладнання 6,6 МВт/год., у тому числі на першій стадії будівництва – 3,0 МВт/год.

РОЗДІЛ 4. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЇ СИСТЕМИ «ПОЛІГОН ТПВ» З ВИРОБНИЦТВОМ БІОГАЗУ

4.1 Аналіз підходів до забезпечення екологічної безпеки об'єктів розміщення ТПВ

Розміщення твердих побутових відходів спочатку на звалищах, а потім на полігонах ТПВ має багатовікову історію. У міру розвитку цивілізації удосконалювалася система захоронення ТПВ, змінювалися вимоги до забезпечення санітарної та екологічної безпеки місць захоронення ТПВ.

Аналіз історичних тенденцій у розвитку методів і технологій захоронення ТПВ дозволяє виділити наступні основні етапи: 1 - неорганізоване розміщення ТПВ в межах населених місць; 2 - вивезення відходів за межі населених місць і неконтрольоване їх розміщення; 3 - розміщення в спеціально відведених місцях з ущільненням і ґрунтової пересипанням; 4 - розміщення в спеціально відведених місцях з ґрунтової пересипанням і контролем екологічної безпеки в період експлуатації і рекультивації; 5 - розміщення відходів на полігонах із забезпеченням тривалої екологічної безпеки з урахуванням життєвого циклу полігону ТПВ. Порівняльний аналіз етапів розвитку методів і технологій захоронення представлений в таблиці 4.1.

З точки зору довгострокової екологічної безпеки захоронення найбільш досконале є останній етап, на якому проводяться заходи, спрямовані на забезпечення санітарної безпеки населених пунктів та місць розміщення відходів, досягається економія площ під розміщення ТПВ за рахунок залучення компонентів ТПВ в матеріальне виробництво та створення полігонів, проводиться контроль екологічної безпеки протягом усього життєвого циклу полігону ТПВ.

Вимоги до забезпечення екологічної безпеки, що надають сучасні нормативи, спрямовані на зниження шкідливого впливу полігонів ТПВ на

навколишнє середовище протягом експлуатаційного періоду. Рівень впливу полігонів винен відповідати вимоги санітарно-гігієнічних нормативів, які обмежують надходження забруднюючої речовини в компоненти навколишнього середовища: атмосферу, гідросферу и літосферу. Вплив факторів, які чинять спротив прогнозування (тектонічні умови майданчика и сейсмічна активність району розташування), має бути врахованою з метою запобігання аварій та питань надзвичайних ситуацій та мінімізації шкоди навколишнього середовища при їх виникненні.

Таблиця 4.1 – Порівняльний аналіз етапів розвитку методів і технологій захоронення представлений

Заходи	Етапи розвитку				
	1	2	3	4	5
Забезпечення санітарної безпеки населених пунктів	-	+	+	+	+
Забезпечення санітарною безпекою місць розміщення відходів	-	-	+	+	+
Економія площі під розміщення ТПВ	-	-	+	+	+
Контроль екологічної безпеки в період експлуатації	-	-	-	+	+
Контроль екологічної безпеки протягом життєвого циклу об'єкта поховання	-	-	-	-	+

З метою забезпечення екологічної безпеки при проектуванні та експлуатації полігонів ТПВ нормативними документами рекомендується враховувати протікання механічних і фізико-хімічних перетворень в масиві ТПВ, в ході яких відбувається ущільнення ТПВ, зміна температурного режиму,

водного балансу і виділення біогазу, проводити регулярні спостереження за станом споруд, захисних пристроїв і прийняття оперативних заходів щодо запобігання аварійним ситуаціям, здійснювати моніторинг навколишнього середовища шляхом проведення режимних спостережень за станом атмосферного повітря та водних об'єктів в зоні впливу полігону, аналізу їх результатів, прогнозу подальших змін.

Основним недоліком комплексу вимог сучасних нормативів документів до забезпечення екологічної безпеки полігонів є те, що вони пред'являються тільки до експлуатаційного і рекультиваційну періодів життєвого циклу полігонів, в той час як принципи сталого розвитку висувають вимоги до забезпечення довготривалої екологічної безпеки техногенних об'єктів.

Однією з основних причин такого становища є недостатня розробленість наукових методів прийняття проектних рішень, включаючи кошти інженерного захисту, що дозволяють забезпечити геоекологічну безпеку територій, відсутність науково обґрунтованої нормативно технічної бази.

При проектуванні полігонів ТПВ повинні розроблятися заходи щодо забезпечення екологічної безпеки, спрямовані на обмеження і контроль емісій забруднюючих речовин в навколишнє середовище. Для запобігання надходженню забруднюючих речовин з біогазом в атмосферу повинні створюватися системи збору, відведення та утилізації біогазу. Для запобігання надходженню забруднюючих речовин з фільтратом в поверхневу і підземну гідросферу повинен розроблятися комплекс заходів, що включає створення проти фільтраційного екрана, системи збору, відведення та очищення фільтрату, на поверхні відходів при рекультивації створюватися остаточне гідроізоляційне покриття. Для спостереження за станом споруд і захисних пристроїв повинні проводитися регулярні спостереження. Для контролю за станом навколишнього середовища повинен проводитися моніторинг атмосферного повітря, водних об'єктів, ґрунту в зоні впливу полігону ТПВ. З урахуванням результатів спостережень може бути проведений прогноз подальших змін.

Рішення проблеми безпечного захоронення ТПВ може бути отримано з позицій системного підходу і повинно мати наукове, методологічне і прикладне значення. Системний підхід в даному випадку розглядається як методологія наукових досліджень, що ставить за мету всебічно вивчення природно техногенної системи «Полігон ТПВ».

Основна мета системного підходу управління відходами - це зниження кількості відходів, що підлягають захороненню на полігонах, і максимальне їх використання як вторинної сировини і джерел енергії.

Принципи системного підходу управління відходами полягають в наступному:

- ТПВ складаються з різних компонентів, до утилізації і переробці яких повинні застосовуватися різні підходи.
- Комбінація технологій і заходів, включаючи скорочення обсягів відходів, вторинну переробку і компостування, захоронення на полігонах і сміттєспалювання повинна використовуватися для компонентної утилізації ТПВ. Всі технології та заходи повинні розроблятися в комплексі, доповнюючи один одного.
- Муніципальна система утилізації ТПВ повинна розроблятися з урахуванням конкретних місцевих проблем і базуватися на місцевих ресурсах. Місцевий досвід утилізації ТПВ повинен купуватися поступово за допомогою розробки і реалізації невеликих програм.
- Комплексний підхід до переробки відходів базується на стратегічному, довгостроковому плануванні, забезпечує гнучкість, необхідну для адаптації до можливих змін складу і кількості ТПВ та доступності технологій утилізації. Моніторинг та оцінка результатів повинні бути невід'ємною частиною реалізації програм.
- Участь міської влади і груп населення («виробників сміття») - необхідна ланка у вирішенні проблеми ТПВ.

Повне рішення проблеми відходів може бути отримано в тому випадку, якщо будуть знайдені нові методи і технології, що дозволяють використовувати утворюються і накопичені відходи в якості вторинних ресурсів або нових джерел енергії (відходи є незатребуваними, відкладеними ресурси), що дозволить використовувати і розглядати полігон ТПВ як природно-промислову систему.

Однак незалежно від технологій переробки відходів в процесі технологічних циклів або в результаті їх завершення виникають побічні продукти, отже, необхідно визначити склад можливих емісій в навколишнє середовище, їх фізичний стан, токсичність і розробити необхідні організаційні, технологічні та геотехнічні заходи щодо захисту всіх геосфер від їх негативних впливів.

Таким чином, необхідно прийняти наукову гіпотезу, що полігони захоронення ТПВ - це природно-промислові системи (ППС), що представляють цілісний комплекс техногенних і природних, взаємопов'язаних елементів, що утворюють єдність з навколишнім природним середовищем.

Тому для забезпечення екологічної безпеки ППС «Полігон ТПВ» необхідна розробка адекватної рівню відповідальності об'єкта коштів інженерного захисту, яка повинна забезпечити:

- безпеку і благополуччя людей, що потрапляють в зону впливу полігонів ТПВ;
- стійкість природно-техногенних ландшафтів до антропогенного навантаження, зумовленої організацією полігонів захоронення відходів;
- - захист атмосфери від хімічного і фізичного забруднення;
- захист ґрунтових і поверхневих вод від хімічного і біологічного забруднення;
- захист ґрунтів і ґрунтів від фізичного, хімічного і біологічного забруднення;
- статичну стійкість і стійкість укосів звалищного ґрунту;

- надійність функціонування всіх інженерних систем.

Вирішення цих завдань може бути отримано при реалізації методів геоecологічного проектування цих об'єктів як природно-техногенних систем. Аналіз життєвого циклу (АЖЦ) даної системи дозволить визначити і розробити ефективні засоби і заходи інженерного захисту.

Результати досліджень дозволять розробити адекватні, створюваним загрозам навколишньому середовищу, засоби інженерного захисту та стратегію управління ПТС «Полігон ТПВ» як при новому будівництві полігонів ТПВ, так і при їх рекультивації.

Очевидно, що підвищення екологічної безпеки виникає ПТС «Полігон ТПВ» націлене на вирішення важливої наукової, соціальної, екологічної та господарської завдання.

4.2 Розробка природно-техногенної системи «Полігон ТПВ» з виробництвом біогазу

Аналіз впливу місць розміщення відходів на навколишнє природне середовище, виконаний в розділі 1 і 3 за даними науково-технічних публікацій, результатів власних досліджень і фондовим матеріалами показав, що геологічне середовище відноситься до найбільш стабільних і консервативною складовою екосфери, найменш мінливою в поточних темпоральних взаємодіях і кругообігу речовин існуючих екосистем. Однак, масштаби впливу полігонів побутових та промислових відходів і сміттєзвалищ придбали настільки значних масштабів по займаним площам і негативним впливам, що негативно позначається на геоморфологічних, біологічних, естетичних характеристиках ландшафтів і умов життя людей.

Дослідження з оцінки екологічного стану полігонів депонування ТПВ великих мегаполісів і результати власних досліджень, проведених в розділі 3, показали, що більшість існуючих полігонів характеризуються загальними ознаками: технологією депонування, близьким морфологічним складом ТПВ,

етапом активної експлуатації, стадією активного метаногенеза, відсутністю природоохоронних споруд. В результаті цього на територіях, прилеглих до полігонів, створюється несприятлива екологічна ситуація.

Аналіз ситуації, що склалася в місцях розміщення відходів, дозволяє стверджувати, що створені в процесі техногенезу або виникли як його побічний результат відходи виробництва і споживання - штучні (техногенні) речовини, викинуті або вивезені на звалища і полігони, взаємодіють з усіма елементами екосфери, утворюючи нову природно-техногенну систему «Полігон ТПВ». Тому при проектуванні систему слід розглядати як спеціально призначену для захисту середовища проживання людини (природних і техногенних ландшафтів) від негативних впливів, основним завданням, якої є утилізація ТПВ з отриманням додаткового джерела енергії, що вимагає для цього розробки спеціальних засобів інженерного захисту.

Системний підхід до вирішення цієї проблеми розглядається як методологія наукових досліджень, що ставить за мету всебічного вивчення «Полігон ТПВ». Результати досліджень, проведені в розділі 3, дозволяють розробити необхідні кошти інженерного захисту та стратегію управління ПТС як при новому будівництві полігонів ТПВ, так і при їх рекультивації.

Сукупність процесів, що відбуваються в масиві розміщених відходів, до яких відносяться фізичні, хімічні, біохімічні, геотехнічні, геохімічні та геологічні процеси, за аналогією з метаболізмом будь-якої біологічної системи може бути названа метаболізмом ПТС «Полігон ТПВ». В результаті метаболізму відбувається постійний обмін між ПТС «Полігон ТПВ» та навколишнім середовищем у вигляді енергії і маси, відбувається поступова асиміляція ПТС «Полігон ТПВ» з навколишнім середовищем до того моменту, коли полігон перестає бути промисловим об'єктом. При цьому час існування потенційної небезпеки забруднення навколишнього середовища визначається часом від початку експлуатації ПТС «Полігон ТПВ» до його повної асиміляції з навколишнім середовищем. Період, починаючи з моменту вибору майданчика

під будівництво полігону до повної асиміляції масиву відходів навколишнім середовищем (перехід відходів в природні субстанції, характерні для літосфери і гідросфери), прийнято називати життєвим циклом ПТС «Полігон ТПВ».

Для забезпечення екологічної безпеки і реалізації принципів геоекологічного проектування було виконано аналіз життєвого циклу об'єкта, для цього визначено його основні етапи: інвестиційний (I), експлуатаційний (II), рекультиваційний (III), пострекультиваційний (IV). За основу побудови життєвого циклу ПТС «Полігон ТПВ» була прийнята інтенсивність основних процесів обміну речовиною і енергією між природною та техногенною складовими системи:

- Інвестиційний;
- Експлуатаційний;
- Рекультиваційний;
- Пострекультиваційний.

За даними багаторічних досліджень полігон ТПВ є джерелом впливу на навколишнє середовище протягом усього його життєвого циклу. Найбільш інтенсивний вплив очікується протягом експлуатаційного етапу, на рекультиваційному етапі емісійний потенціал полігону ТПВ поступово знижується, досягаючи гранично-допустимого рівня тільки на пострекультиваційному етапі.

На інвестиційному етапі визначається конструкція полігону і здійснюється будівництво основні інженерних споруд: проти фільтраційного екрана, системи збору та утилізації біогазу, розробляється ділянку під полігон захоронення ТПВ та ін.

Експлуатаційний - основний період, під час якого здійснюється прийом відходів на полігон. Даний період за специфікою обміну речовин і енергією між природною і промислової

складових системи «Полігон» доцільно розбити на кілька стадій: початок експлуатації, депонування відходів, видобуток газу на полігоні.

На початковій стадії експлуатації полігону здійснюється завезення відходів на територію полігону, їх планомірне розміщення по картах складування, запускається механізм біохімічного розкладання відходів.

Стадія депонування відходів - це початок регулярного надходження речовини та енергії в техногенну складову ППС. Карти заповнюються відходами відповідно до регламенту до проектної позначки. Влаштовуються проміжні ізоляційні і ініціюють шари, що сприяють інтенсифікації процесу біогазоутворення. В товщі відходів підвищується температура, проходять процеси аеробного розкладання, що супроводжуються утворенням біогазу та фільтрату, і подальшого анаеробного розкладання з плином часу (7 - 10 років від початку експлуатації полігону). Кількість метану в складі біогазу досягає 65%. Цю фазу називають фазою «сталого метаногенеза». У той же час починають працювати системи збору біогазу, фільтрату і протифільтраційні екрани. Стадія депонування завершується досягненням проектної висоти складування відходів. Його тривалість відповідає терміну експлуатації ППЗ «Полігон ТПВ».

Видобуток газу на полігоні здійснюється в період максимального газовиділення і стабілізації процесу утворення біогазу. Основне навантаження припадає на системи збору біогазу. Даний етап завершується через 20 - 50 років від початку експлуатації і залежить від потужності об'єкта.

На рекультивацийному етапі проводяться роботи по зменшенню емісійної навантаження від продуктів розпаду відходів на навколишнє середовище, спостерігається загасання процесів метаногенеза. На пострекультивацийному етапі проводиться моніторинг забруднень надходять від ППС «Полігон ТПВ».

На підставі діагностики екологічного та санітарно-гігієнічного стану територій, прилеглих до полігону ТПВ, приймаються інженерні рішення, які можна класифікувати в залежності від отриманих результатів комплексного обстеження.

Керуючи потоками речовин і енергії на вході і виході розробленої системи, регулюючи чинники середовища в масиві відходів і створюючи ті чи інші умови проживання для різних груп мікроорганізмів, можна:

- знизити потоки емісії забруднюючих речовин в навколишнє середовище від ППС;
- поліпшити екологічну та санітарно-гігієнічну обстановку на територіях, прилеглих до ПТС «Полігон ТПВ»;
- прискорити процес асиміляції.

4.3 Економічний ефект впровадження системи вилучення та утилізації біогазу природно-техногенної системи «Полігон ТПВ»

Основне завдання влаштування систем збору, транспорту та утилізації газу - це запобігання екологічній небезпеці від емісій біогазу в атмосферу і усунення можливості самозаймання складованих на нових полігонах відходів. З іншого боку, який отримують біогаз, будучи цінним газоподібним паливом, може замінювати природний газ при різних промислових процесах, а також служити джерелом електричної енергії при спалюванні в когенераційних установках. Теплова і електрична енергія в цьому випадку використовується на потреби адміністративних та допоміжних будівель полігону ТПВ та іншими прилеглими споживачами.

В даному розрахунку визначається річна ефективність системи збору та утилізації біогазу на полігоні ТПВ.

За основу розрахунку приймається одиничний модуль системи збору та утилізації біогазу, розташований на площі полігону 10000 м^2 (1 га), висотою шару 10 м і призначений для збору та утилізації біогазу в обсязі $55 \text{ м}^3 / \text{год.}$

У розрахунку прийнято вихідний хімічний склад біогазу: СЕЦ - 50%, СОГ - 40%, N_2 - 9%, O_2 - 1%, що відповідає величині нижчої теплоти згорання на рівні $18 \text{ МДж} / \text{м}^3$. Одиничний модуль установки дозволяє отримувати щорічно 481,8 тис. м^3 сухого газу наступного хімічного складу: CH_4 - 82,5%,

CO₂ - 1%, N₂ - 14,85%, O₂ - 1,65%. Нижча теплота згоряння збагаченого газу становить 29,5 МДж / м³, що можна порівняти з теплотою згоряння природного газу.

Вартість будівництва одиничного модуля системи збору та утилізації біогазу на полігоні ТПВ представлена в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Вартість будівництва системи збору та утилізації біогазу

Найменування робіт і витрат	Капітальні вкладення. на повний розвиток, тис. грн
Будівельні роботи	35251,96
Монтажні роботи	10553,82
Устаткування	17103,67
Інші витрати	4578,08
Разом:	67487,53

Кошторис складен в цінах 2015 року та індексовані в ціни 2018 року за допомогою підвищувального коефіцієнта. За кошторисом вартість всіх будівельно-монтажних робіт одиничного модуля системи складе 1,48 млн. грн.

Річний еколого-економічний ефект від впровадження запропонованої системи складався з вартості природного газу для спалювання в когенераційної установки і суми штрафних санкцій за викид шкідливих речовин в атмосферу при самозайманні 5% площі обслуговується полігону.

Значення питомих викидів забруднюючих речовин, що надходять в атмосферу в результаті згоряння однієї тони ТПВ, і нормативи плати наведені в таблиці 4.3.

Площа мимовільного загоряння (5%) прийнята за середньостатистичними даними. Потужність шарів полігону прийнята 10 м. Щільність складованих відходів становить 400 кг/м³. З огляду на це, маса згорілих відходів на площі 500 м (5% від загальної площі полігону, що

обслуговується системою) становить 2000 т. Розрахунок загальної вартості нормативної плати за аварійних викид шкідливих речовин в атмосферу наведено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок загальної вартості нормативної плати за аварійний викид шкідливих речовин в атмосферу

Забруднюючі речовини	Об'єм, т	Норматив плати за аварійний викид, грн. за тону, грн/т	Коефіцієнт індексації до базових нормативів	Коефіцієнт, що враховує екологічний фактор	Розміри плати за викиди, грн.
Тверді частки	1,25	1100,5	1,3	1,9	3397,8
Сірчистий ангідрид	0,3	3300,0	1,3	1,9	2483,9
Оксид азоту	0,05	4102,5	1,3	1,9	506,7
Оксид вуглецю	2,5	54,5	1,3	1,9	336,7
Сажа	0,625	3300,0	1,3	1,9	5094,4
Метан	1,75	4785,70	1,3	1,9	20686,2
Всього					32505,7

Якщо полігон розташований в межах великого населеного пункту, то коефіцієнт збільшується на 20% і становить 2,28. З урахуванням цього коефіцієнта загальна сума штрафних санкцій за забруднення повітряного басейну складе **74112,9 грн.**

Біогаз може застосовуватися в якості заміни природного газу. Однак ці гази мають різну теплоту згоряння, а, отже, для вироблення однієї одиниці теплової або електричної енергії буде потрібно різну кількість природного газу та біогазу. Тому для визначення дійсного обсягу заміщає природного газу був введений перекладної коефіцієнт, який визначається за формулою:

$$k_{пер} = \frac{Q_{бг}}{Q_{пг}} \quad (4.1)$$

де,

$Q_{г}$ - теплота згоряння біогазу, МДж / м;

$Q_{пг}$ - теплота згоряння природного газу, МДж / м.

Теплота згоряння біогазу, що складається на 50% з метану, становить 18 МДж / м, а природного газу з високим вмістом метану - 29,5 МДж / м.

Тому для цих газів $k_{пер}$ - 0,61. Річний обсяг заміщає природного газу визначається за формулою:

$$Y_{пг} = k_{пер} * Y_{уст} * П_{час} \quad (4.2)$$

де $Y_{уст}$ - продуктивність системи збору біогазу, м³/ч;

$П_{год}$ - кількість годин на рік

З урахуванням продуктивності системи $V = 55$ м / ч. обсяги заміщає природного газу складі 293 898 м³/рік. За даними «УКРНАФТОГАЗ» на листопад 2008 року вартість 1000 м³ природного газу для промислових споживачів становила 1020 грн. Тому загальна вартість заміщає природного газу складі 232 372 грн.

Передбачуваний екологічний збиток [18] за рахунок зниження забруднення атмосферного повітря в результаті запобігання виділенню і згоранню газу з охоплюючою установкою території об'єкта (1 га) складе 74,11 тис. грн. на рік.

Основними показниками ефективності впровадження є рентабельність і термін окупності.

Рентабельність - це відношення балансового прибутку до повної собівартості, виражене у відсотках. Термін окупності дорівнює відношенню первісної вартості основних фондів до балансового прибутку. Приймаємо, що експлуатаційні витрати при роботі системи збору та утилізації біогазу на полігоні ТПВ мінімальні, тобто ними можна знехтувати. Періодичний огляд

системи здійснюють робочі, що входять в штат обслуговуючого персоналу полігону ТПВ. Електроенергія, що витрачається на роботу компресорної станції, утворюється за рахунок спалювання біогазу в когенераційної установки. Амортизаційні відрахування при роботі даної установки не передбачається, так як окремі вузли модуля заміні не підлягають. Тому за вартість основних фондів в даному випадку можна прийняти вартість будівництва системи.

Рентабельність впровадження системи складе 14%, термін окупності - 7 років. З огляду на, що фаза метанутворення в товщі полігону триває 15 років і більше, ефективність впровадження системи очевидна. За цей період система окупить себе більше двох разів. З урахуванням чималих площ полігонів і звалищ ТПВ для підвищення рівня рентабельності та зменшення терміну окупності доцільно передбачати пристрій відразу декількох модулів, об'єднаних в одну систему з одного компресорної і однієї когенераційної установками.

Один із шляхів зменшення вартості системи - застосування вживаних сталевих труб. Хоча сталеві труби схильні до електрохімічної корозії (грунт полігону має високу корозійну активність), практика показує, що термін служби сталевих труб перевищує термін дії системи збору газу.

У нашій країні відмічається стала тенденція до збільшення вартості енергоносіїв, в тому числі і природного газу. Тому в таких економічних умовах цінність джерел альтернативних видів палива буде весь час зростати. Дана тенденція, безсумнівно, підвищує актуальність проблеми і необхідність застосування систем збору, транспорту та утилізації біогазу на полігонах і звалищах ТПВ.

4.4 Розрахунок полігону ТПВ

Розрахунок необхідної площі земельної ділянки для розміщення полігону.

схема полігону

Елементами полігону є: під'їзна дорога, ділянка складування ТПВ, адміністративно господарська зона.

Під'їзна дорога з'єднує існуючу транспортну магістраль з полігоном і розраховується на двосторонній рух шириною не менше 6,5 м.

На перетині дороги з ділянкою полігону розміщують пост контролю в'їзду та виїзду сміттєвозів та адміністративно господарську зону.

Ділянку складування - основна споруда полігону. Він займає близько 85-95% площі полігону ТПВ. Ділянку складування зазвичай розбивають на черги експлуатації з урахуванням забезпечення виконання робіт з прийому ТПВ протягом 3-5 років на кожній черзі.

Ділянки складування повинні бути захищені від вищерозташованих земельних масивів. Для перехоплення зливових та паводкових вод по верхній межі ділянки проектують нагірні канали.

На відстані 1 ... 2 м від горішніх каналів по периметру полігону розміщують огорожу. На відстані 2 м від огорожі полігону розміщують посадки дерев.

На відстані 2-3 м від зовнішнього укусу котловану влаштовують кільцеву дорогу з одностороннім рухом завширшки не менше 3,5 м.

Між кільцевою дорогою і лісопосадками розташовують кавальєри з родючим і мінеральним ґрунтом, які в процесі експлуатації полігону використовують для ізоляції відходів

Необхідна площа полігону (Φ) визначається за формулою:

$$\Phi = k_3 \Phi_{\text{ус}} + \Phi_{\text{доп}}, \quad (4.3)$$

де k_3 – коефіцієнт, що враховує смугу навколо ділянки складування, $k_3=1,1$; $\Phi_{\text{ус}}$ - площа ділянки складування, га; $\Phi_{\text{доп}}$ – площа ділянки адміністративно-господарської зони.

Площа ділянки складування знаходять з формули визначення обсягу піраміди:

$$\Phi_{\text{ус}} = \frac{3E_m}{H_{\text{пл}} + \Delta h} = (3k_4 E_T) / H_{\text{пл}}, \quad (4.4)$$

где k_4 – коефіцієнт, що враховує зниження висоти піраміди до заданої $H_{\text{пл}}$; $k_4=0,5$.

Тогда $\Phi_{yc}=(0,5 \times 3 \times 3000000)/22 = 204545,5 \text{ м}^2 = 20,5 \text{ га}$.

Беручи розмір ділянки адміністративно-господарської зони $\Phi_{доп}=0,1\Phi_{yc}$, отримаємо необхідну площу полігону:

$$\Phi = 1,1 \cdot 20,5 + 0,1 \cdot 20,5 = 24,6 \text{ га.}$$

Розрахункова схема для визначення розмірів полігону ТПВ

Полігон розміщують на плоскому рельєфі. Фактична відведена площа ділянки складе:

$$\Phi_{отв} = \Phi + Д, \quad (4.5)$$

где Д - відведення землі для розміщення під'їзної дороги від автомагістралі до полігону, для дороги довжиною $L_{дор}=4000 \text{ м}$ і шириною $B_{дор}=6,5 \text{ м}$.

$$Д = (L_{дор} \times B_{дор}) = (4000 \times 6,5) = 26000 \text{ м}^2 = 2,6 \text{ га.}$$

$$\Phi_{отв} = 24,6 + 2,6 = 27,2 \text{ га.}$$

Максимально можливу висоту полігону визначають по залежності:

$$H_{пл \max} = \frac{B_{yc} - B_n^{\min}}{2t}, \quad (4.6)$$

де, B_{yc} - ширина ділянки складування, м.

$$H_{пл \max} = \frac{452 - 38}{2 \cdot 3} = 69 \text{ м.}$$

З метою отримання ґрунту для пошаровим і остаточної ізоляції ТПВ, що укладаються в тіло полігону, в основі полігона проектують котлован. Середню глибину котловану розраховують з умови балансу земляних робіт з урахуванням положення рівня ґрунтових вод. Дно котловану розміщують вище рівня ґрунтових вод не менше ніж на 2 м.

Ділянку складування розбивають на черги експлуатації з урахуванням прийому ТПВ на кожній черзі протягом 3 ... 5 років.

Фактичну місткість полігону з урахуванням ущільнення ТПВ розраховують за формулою для визначення обсягу усіченої піраміди:

$$E_{\phi} = \frac{H_{nl}}{3} [\Phi_{yc} + \Phi_n + (\Phi_{yc} + \Phi_n)^{0.5}], \quad (4.7)$$

де

Φ_{yc} та Φ_n - площі нижнього і верхнього підстав звалищного тіла, м².

Місткість котловану в основі полігона не враховується, так як ґрунт, виймаємо з нього, витрачається на ізоляцію ТПВ.

В цьому випадку фактична місткість E_{ϕ} дорівнює обсягу ТПВ в ущільненому стані, яка складе:

$$E_{\phi} = \frac{22}{3} [204304 + 102400 + (204304 + 102400)^{0.5}] = 3297193 \text{ м}^3$$

Потреба в мінеральному ґрунті (V_r) визначається за формулою:

$$V_r = E_{\phi} \left(1 - \frac{1}{k_2}\right), \quad (4.8)$$

де $k_2 = 1,2$.

Для ізоляції 3297193 м³ ТПВ після їх ущільнення потрібно ґрунт в обсязі:

$$V_r = 3297193 \left(1 - \frac{1}{1,2}\right) = 527550,88 \text{ м}^3,$$

В даному випадку весь ґрунт, виймаємо з котловану, витрачається на ізоляцію ТПВ, тому потреба в ізолюючі матеріалі дорівнює місткості котловану.

Середня проектна глибина котловану в основі полігона визначається за формулою:

$$H_k = \frac{1,1 \cdot V_z}{\Phi_{yc}}, \quad (4.9)$$

де 1,1 - коефіцієнт, що враховує укоси і картовий схему заповнення котловану

$$H_k = \frac{1,1 \cdot 527550,88}{204545} = 2,58 \text{ м.}$$

Приймаємо $H_k = 2,6$ м.

Перевіряємо умову розміщення полігону:

$$H_{yTB} - H_k - H_{\text{ЭК}} \geq 2 \text{ м}, \quad (4.10)$$

де: $H_{y_{гв}}$ – глибина залягання ґрунтових вод,

$H_{y_{гв}}=4,8$ м;

$H_{эк}$ – товщина захисного екрану основи полігона

$4,8-2,6-1=3,2$ м > 2 м, - прийнята глибина котловану задовольняє необхідним умовам.

Полігон ТПВ розбиваємо на п'ять черг експлуатації, при цьому сам котлован для складування ТПВ, буде розбитий на чотири частини. Укоси котловану з умов роботи бульдозера приймають з коефіцієнтом закладення не менше $m = 2,5$.

Кожну чергу експлуатації полігону розраховують з умови забезпечення прийому ТПВ протягом часу:

$$T_{оч} = \frac{T}{5} = \frac{20}{5} = 4 \text{ роки.}$$

Площа ділянки складування кожної з чотирьох черг експлуатації в межах першого ярусу складе:

$$F_{оч} = \frac{\Phi_{yc}}{4} = \frac{204545}{4} = 51136 \text{ м}^2.$$

Обсяг відходів, складованих у кожній черги експлуатації полігону, складе:

$$V_{оч} = \frac{E_{\phi}}{5} = \frac{3297193}{5} = 659439 \text{ м}^3.$$

Висота першого ярусу (з I-IV черги) визначається по залежності:

$$H_{оч(I-IV)} = \frac{1,1V_{оч(I-IV)}}{\Phi_{yc}} = \frac{1,1 \cdot 2637756}{204545} = 14,2 \text{ м,}$$

де 1,1 – коефіцієнт, що враховує відкоси і картову схему заповнення котловану.

З огляду на пошарове заповнення полігону відходами: 1,8...2,0 м – відходи та 0,2 м – мінеральний ґрунт, кількість укладаються шарів з I по IV черзі 1-го ярусу складе:

$$n_{сл(I-IV)} = \frac{H_{оч(I-IV)}}{h_c} = \frac{14,2}{2,0} \approx 7 \text{ шарів.}$$

Приймаються - по 7 шарів укладання ТПВ в кожен чергу 1-го ярусу. Тоді висота 1-го ярусу над рівнем поверхні землі складе:

$$H^I = 2,0 \cdot 7 = 14 \text{ м.}$$

Обсяг котловану однієї черги складе:

$$V_{\Gamma}^{\text{оч}} = \frac{V_z}{4} = \frac{527550}{4} = 131887,5 \text{ м}^3.$$

Нарощування висоти полігону 2-го ярусу з позначки 14 м до проектної - 22 м буде проводитися заповненням V черги полігону.

Після заповнення 2-го ярусу буде виконано остаточне його перекриття. Кількість шарів V черги полігону складе:

$$n_{\text{слY}} = \frac{H_n - H^I}{h_c} = \frac{22 - 14}{2} \approx 6 \text{ шарів.}$$

Тоді загальна кількість шарів ТПВ, що укладаються в тіло полігону, складе:

$$N = n_{\text{сл-1Y}} + n_{\text{слY}} = 7 + 6 = 13 \text{ шарів.}$$

Перед виконанням робіт знімають родючий шар ґрунту з усією площі ділянки складування ТПВ, який відсипав у тимчасові кавальєри, що розміщуються в стороні від ділянки складування. Надалі цей ґрунт використовують для рекультивації полігону. Ґрунт виймаємо, з котловану 1 черги, складують у зовнішній кавальєр для подальшого використання при влаштуванні проміжної ізоляції при заповненні 4 і 5 черг формування полігону.

4.5 Проектування системи дегазації полігону.

В процесі захоронення ТПВ на полігонах в атмосферне повітря виділяються забруднюючі речовини, які є продуктом розкладання органічної складової відходів (харчові і деревно-рослинні відходи, макулатура і текстиль). При максимально сприятливих умовах для життєдіяльності метаноутворюючих бактерій з кожної тони ТПВ утворюється 80...150 м³ сирого біогазу, що має теплотворну здатність 18900...25100 кДж/м³ (4500...6000 ккал/м³).

Встановлено, що характер процесів розкладання відходів в товщі звалищного тіла полігону: швидкість їх протікання, кількість що утворюється біогазу, його властивості, інтенсивність і тривалість виділення на різних стадіях експлуатації полігону залежать від безлічі факторів. Головними факторами є: кліматичні і геологічні умови; морфологічний і хімічний склади відходів; площа, об'єм і глибина (висота) звалищного тіла полігону; вологість, щільність, реакція середовища рН, температура відходів в тілі полігону та інші.

У відповідність з морфологічним складом ТПВ (стосовно до центрального району), відсоток відходів, що містять органічну речовину, складе: харчові відходи - 35 ... 45, папір і картон - 32 ... 35, деревина і листя - 1 ... 2, текстиль - 3 ... 5 %. Щорічне надходження ТПВ на полігон становить 61214 т/рік. З огляду на морфологічний склад надійшли відходів, в їх складі, то їх щорічна органічних частина складе:

$$G=(0,35+0,32+0,01+0,03)61214=43462 \text{ т/год.}$$

Беручи величину питомої освіти біогазу $g=80\text{м}^3/\text{т}$ в результаті розкладання 1 т органічних відходів, щорічний обсяг утворення біогазу становитиме:

$$Q_{6/г}=gG=80\cdot 43462=3476960 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Як показала практика експлуатації полігонів ТПВ, в початковий період їх експлуатації тривалістю до 2...3 років, розкладання відходів відбувається в аеробних умовах з переважним утворенням CO_2 , і тільки після закінчення цього терміну процес розкладання органічної речовини стає анаеробним з виділенням біогазу.

В процесі експлуатації полігону частина утворюється в звалищного тілі біогазу, у міру його накопичення і підвищення пластового тиску виходить на поверхню полігону. Після припинення експлуатації полігону і його перекриття триває анаеробне розкладання відходів з виділенням біогазу. Цей період може становити близько 10 років. Тому необхідно передбачити дегазацію полігону. Існує пасивна дегазація (організований випуск біогазу в атмосферне повітря) і

активна дегазація (шляхом примусової його відкачки) для подальшого використання в енергетичних цілях.

Для подальшого використання біогазу в енергетичних цілях потрібна наявність достатньої кількості і стабільного тиску. Зазвичай освіту біогазу на полігонах характеризується непостійністю обсягу і низьким тиском (30 ... 40 мм вод ст). Крім того, при активній дегазації відбувається підсос повітря, що загрожує реальною небезпекою вибуху газоповітряної суміші.

З цього при виконанні остаточної рекультивації полігону перед створенням верхнього напівпроникного екрану необхідно передбачити пристрій дренажної системи для збору і видалення біогазу в атмосферу через спеціальні вертикальні випуски. Дренажна мережа являє собою газозбірні канали, що влаштовуються у верхній товщі покладених відходів останньої черги експлуатації полігону. Поперечний переріз траншей призначають конструктивно з умови забезпечення швидкості руху газу в дренажному газопроводі не вище 0,1 м/с. З огляду на щорічний обсяг утворення біогазу 3476960 м³/рік і допустимі швидкості руху біогазу 0,1 м/с, визначаємо сумарне перетин газозбиральних траншей:

$$F = \frac{3476960}{365 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 0,1} = 1,1 \text{ м.}$$

Беручи перетин газозбірної траншеї прямокутної форми (глибиною - 0,5 м і шириною - 0,4 м), буде потрібно пристрій:

$$n = \frac{1,1}{0,2} = 5,5 \text{ (6) траншеї.}$$

Трасування траншей виконують в двох взаємно перпендикулярних напрямках: спочатку прокладають дві взаємно перпендикулярні траншеї по середині полігону і по дві траншеї, віддалені від середніх, на відстані:

$$L = \frac{Bn}{4} = \frac{320}{4} = 80 \text{ м.}$$

У місцях перетину газозбиральних траншей влаштовують спеціальні вертикальні випуски висотою не менше 5 м.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

У комплексі утилізації промислових і побутових відходів основним енергетичним об'єктом є міні-ТЕЦ. При її проектуванні, спорудженні та експлуатації необхідно враховувати вимоги охорони праці для забезпечення оптимальних чи допустимих санітарно-гігієнічних умов праці, безпеки персоналу комплексу і мінімального негативного впливу ТЕЦ на навколишнє середовище. Технологічні процеси і виробниче обладнання міні-ТЕЦ є джерелами цілого ряду шкідливих і небезпечних виробничих факторів: шкідливих речовин, теплового випромінювання, шуму, вібрації, радіаційного випромінювання, небезпеку пожеж і вибухів, небезпеки термічних і хімічних опіків, небезпеки ураження електричним струмом, механічних впливів і т.д. У цій главі розглянуті основні заходи щодо виробничої санітарії, техніки безпеки і пожежної безпеки для міні-ТЕЦ відповідно до діючих норм.

5.1. Техніка безпеки і виробнича санітарія

Майданчик для будівництва виробничої міні-ТЕЦ обрана відповідно до СНиП II-95-76. Підприємство, а також міні-ТЕЦ відокремлені від житлової забудови санітарно-захисною зоною 15м, тому що станція працює на газі. Розміри санітарно-захисної зони до межі житлової забудови встановлені для виробничої міні-ТЕЦ - від димових труб. Майданчик для будівництва міні-ТЕЦ обрана з урахуванням аерокліматичні характеристики і рельєфу місцевості, прямого сонячного опромінення і природного провітрювання, а також з урахуванням умов розсіювання в атмосфері виробничих викидів і умов туманоутворення.

Санітарні розриви між будівлями і спорудами, що освітлюються через віконні прорізи, визначаються відстанню не менше найбільшої висоти до верху корпусу протилежних будинків і споруд.

Будівля міні-ТЕЦ включає в себе приміщення, в якому розміщені дизельні двигуни (два основних і один запасний). Теплоносій - гаряча вода. Дизельні двигуни і основна частина допоміжного устаткування розміщені в основному залі розміром в плані 26*12 м з висотою до низу ферм 5м. Кожен дизельний агрегат змонтований на загальній рамі з генератором. Дизель-генератори встановлені в центрі на плані міні-ТЕЦ з кроком 3м. Компонування міні-ТЕЦ - закрита. Димова труба висотою 10м і діаметром 1м забезпечує видалення газів від всіх агрегатів. Газоходи від двигунів до димаря - наземні. Трансформаторна підстанція для постачання електроенергією насосів і вентиляторів, а також Водопідготовча установка розміщені на ТЕЦ. Блоки підігрівачів мережної води і Деаераційно - поживні блоки встановлені в основному залі праворуч від дизель-генераторів. Скруббер, блок теплового насоса і блок абсорбції встановлені в основному залі зліва від дизель-генераторів.

Дизельний двигун і електрогенератор є джерелами шуму і вібрацій. Рівень шуму не перевищує допустимі параметри (80 дБА), встановлені ГОСТом 12.1.003-83. Зниження шуму, створюваного двигуном і генератором, забезпечується застосуванням звукоізолюючих кожухів. Рівень вібрацій не перевищує допустимих значень (92 дБ), встановлених ГОСТом 12.1.012-90. Це досягнуто за рахунок установки кожного з агрегатів на окремі, самостійні фундаменти, що виконуються з бетонних блоків.

Струмopрoвідні частини електроустановки мають ізоляцію не нижче, ніж обумовлено в технічних умовах на їх виготовлення і поставку з урахуванням умов експлуатації (вологості, температури і т.п.).

В ручному електрифікованому інструменті і деяких інших приладах використовується подвійна ізоляція.

При введенні в експлуатацію електроустановки і в період їх експлуатації проводяться випробування ізоляції в обсязі і в строки, рекомендовані ПУЕ. Ізоляцію обертових електричних машин і електричних трансформаторів

відчувають змінним підвищеним напругою, кабельних мереж - підвищеним постійною напругою.

Здійснюють захисне електричне поділ мереж шляхом підключення окремих споживачів через розділовий трансформатор або поділом розгалуженої мережі на кілька однакових мереж. Останнє дуже важливо, тому що мережа великої протяжності має значну ємність і малий опір ізоляції, а тому дотик до фази може бути небезпечним. При поділі на декількох мереж зменшується ємність і збільшується опір ізоляції. Заземлення нейтралі або зворотний провід за розділовим трансформатором або перетворювачем не допускається.

Всі металеві частини електрогенератора та іншого електрообладнання, що не знаходяться при нормальному режимі роботи під напругою, але які можуть опинитися під ним в результаті пробою ізоляції, заземлені або занулені. В електричних мережах до 1000В застосовано занулення, тобто нетоковедущие металеві деталі електроустаткування з'єднані з нульовим захисним проводом, в якості якого використані сталеві труби електропроводки.

У всіх електроустановках напругою вище 1000В, ізольованих від частин, що знаходяться під напругою, основною захисною мірою від ураження електричним струмом є захисне заземлення. Заземлені наступні апарати, електрообладнання та вузли:

- корпусу електрогенераторів, трансформаторів, світильників та ін .;
- приводи електричних апаратів;
- вторинні обмотки вимірювальних трансформаторів;
- металеві конструкції, пов'язані з установкою електрообладнання;
- металеві корпуси пересувних і переносних електроприймачів.

Кожен заземлюючий елемент установки приєднується до заземлювача (магістралі) окремим відгалуженням. З'єднання заземлюючих провідників з заземленими конструкціями здійснюється зварюванням, а до апаратів або машин - надійним болтовим з'єднанням. З'єднання з заземлювачем - зварюванням, при неможливості - хомутами з лудженої поверхнею.

Обладнання, встановлене на заземлених металевих конструкціях, не заземлюють, але забезпечується надійний електричний контакт з опорними поверхнями.

Не вимагають заземлення:

- корпусу вимірювальних приладів, реле, встановлених на металевих щитах і в розподільчих пристроях;
- електроприймачі з подвійною ізоляцією.

Заземлення перевіряється при введенні електроустановки в експлуатацію і періодично відповідно до діючих правил.

Усі струмопровідні частини електроустановок огорожені. Огородження виконуються суцільними і у вигляді кожухів або відкидних кришок, які кріплять на шарнірах і мають запор. Відстані від відкритих струмоведучих частин, що знаходяться під напругою, до огорожень передбачаються не менше 0,5 м. Висота огорожень в розподільних пристроях прийнята не менше 1,7 м. Відстані між нерухомо укріпленими відкритими струмоведучими частинами різної полярності, що знаходяться під напругою, а також між ними і неізольованими металевими частинами становлять не менше 20 мм по поверхні ізоляції і 12 мм по повітрю.

У електрогенераторі і в трансформаторі застосовується захисне відключення у випадках, коли забезпечити безпеку іншими методами неможливо. В ручному інструменті застосування пристрою захисного відключення обов'язково. Воно автоматично відключає електроустановку при виникненні в ній небезпеки ураження електричним струмом з повним часом відключення з моменту виникнення замикання не більше 0,2 с.

Захисне відключення діє в наступних випадках: при глухому або неповному замиканні на землю (корпус), при аварійному стані ізоляції, при несправності ланцюга заземлення або занулення, при переході напруги з вищої сторони на нижчу у трансформаторів.

Дизель-генератори розташовані так, що відстань від фронту агрегату до протилежної стіни будівлі становить не менше 3 м. Для даних дизельних агрегатів, що працюють на газоподібному і рідкому паливі (мазут), відстань від виступаючих частин до стіни приміщення становить не менше 1м. Перед фронтом двигунів передбачається установка паливного, водяного і масляного насосів, при цьому ширина вільних проходів уздовж фронту становить не менше 1,5 м, а встановлене устаткування не перешкоджає обслуговуванню дизель-генераторів. Ширина проходу між агрегатами і задньою стінкою приміщення становить не менше 1м.

Приміщення ТЕЦ забезпечуються достатнім денним світлом, а в нічний час електричним освітленням. Освітленість основних робочих місць наступна:

- вимірювальні прилади, показчики рівня, пульти управління - 50лк;
- фронт дизель-генераторів, насоси, скрубери, блок теплового насоса, блок абсорбції, прилади автоматики і управління, хімоводоочищення - 20лк;
- деаератори, майданчики котлів і місця за котлами - 10лк;
- коридори - 5лк.

Крім робочого освітлення в приміщенні передбачено аварійне електричне освітлення від джерел живлення, незалежних від загальної електроосвітлювальної мережі ТЕЦ. Аварійне освітлення передбачено для наступних місць:

- фронту котла, а також проходів між агрегатами і ззаду агрегатів;
- пультів автоматики;
- водовказівних і вимірювальних приладів;
- майданчиків котлів;
- насосів;
- блоку абсорбції;
- блоку теплового насоса;

Для електричних ламп загального та місцевого освітлення, що підвішуються на висоті нижче 2,5 м над підлогою, напруження становить до 36 В.

У будівлі ТЕЦ передбачено розміщення побутових, службових приміщень, майстерні для ремонту обладнання ТЕЦ, які відділені стінами і перекриттями, виконаними з негорючих матеріалів, і забезпечують нормальні умови для людей, які працюють в них. Всі елементи дизельних двигунів, теплообмінних апаратів, трубопроводів і допоміжного обладнання з температурою поверхні вище 45 °С, розташовані в місцях, доступних для обслуговуючого персоналу, покриваються тепловою ізоляцією, температура зовнішньої поверхні якої не перевищує температуру 45°С.

Вентиляція та опалення приміщення ТЕЦ забезпечують видалення надлишків вологості, шкідливих газів і пилу та підтримання наступних температурних умов:

- в зоні постійного перебування обслуговуючого персоналу температура повітря взимку складає не нижче 12 °С, а влітку не перевищує температуру зовнішнього повітря більш ніж на 5 °С;
- в інших місцях можливого перебування обслуговуючого персоналу температура повітря не перевищує більш ніж на 15 °С температуру в основній зоні робочого приміщення.

Рівень підлоги приміщення ТЕЦ лежить вище рівня території, прилеглий до будівлі ТЕЦ.

У приміщенні ТЕЦ розміщено не менше двох виходів, розташованих в протилежних сторонах приміщення. Виходом із приміщення вважається як безпосередній вихід назовні, так і вихід через тамбур. Вихідні двері з приміщення відкриваються назовні від натискання рукою і не мають запорів з приміщення. Всі вихідні приміщення ТЕЦ під час роботи дизель-генераторів не замикають. Вихідні двері з основного залу в службові, побутові, а також

допоміжні-виробничі приміщення забезпечені пружинами і відкриваються в сторону основного залу.

Конструкція дизельного двигуна внутрішнього згорання і електричного генератора забезпечує надійність і безпеку в експлуатації. Передбачається можливість огляду, очищення із застосуванням засобів механізації, промивання, продування, а також ремонт їх елементів.

На кожному агрегаті передбачена обов'язкова установка реєструють манометрів, які встановлюються на газоході після двигуна. Манометри мають клас точності не нижче 2,5. На шкалі манометра наноситься червона риска по вищому допустимому робочому тиску в двигуні. Встановлюється манометр так, щоб його показання були чітко видні персоналу, а шкала манометра знаходилась у вертикальній площині або з нахилом вперед до 30°. Номінальний діаметр манометрів в залежності від встановлюваної висоти: 2 м - \varnothing от 100 мм; 2-5 м - \varnothing от 150 мм; 5 м - \varnothing от 250 мм.

Для водо-водяного, масло-водяного, газо-водяного теплообмінників передбачена установка приладів для вимірювання температури. Ці прилади встановлюються на вході теплоносія в теплообмінник і на виході з нього. На виході з теплообмінника прилад розташовується між теплообмінником і запірним органом.

При роботі дизельного палива на рідкому паливі на топливопроводе в безпосередній близькості від агрегату встановлюється термометр для вимірювання температури палива перед двигуном.

На всіх трубопроводах приєднання арматури виконується на фланцях або за допомогою зварювання. Приєднання фланцевих з'єднань допускається тільки для приєднання трубопроводів до арматури і деталей устаткування, що має фланці. Різьбові з'єднання застосовуються при з'єднанні чавунної арматури на трубопроводах четвертої категорії з умовним проходом не більше 100 мм. Всі елементи трубопроводів з температурою зовнішньої поверхні стінки вище +45

оС, розташовані в доступних для обслуговуючого персоналу місцях, покривають теплоізоляцією, температура зовнішньої поверхні якої не перевищує +45 ° С.

Запірна, регулююча і запобіжна трубопровідна арматура встановлена в колодязях. Для захисту трубопроводів від гідравлічних ударів, що викликаються раптовим включенням або виключенням насосів, встановлені запобіжні клапани і передбачено скидання води з напірної лінії у всмоктувальну. У місцях установки чавунної фланцевої арматури встановлені компенсатори.

При прокладанні трубопроводів в напівпрохідних каналах висота каналів на просвіт становить не менше 1,4 м, а ширина проходу між ізольованими трубопроводами - не менше 0,5 м. Висота камер для обслуговування підземних трубопроводів становить не менше 2 м у просвіті. Ширина бічних проходів в камерах - не менше 0,6 м. Камери мають не менше двох люків з драбинами і дужками. Для відводу повітря у верхніх точках трубопроводів встановлюються воздушники. Трубопроводи гарячої води фарбуються по всій довжині, крім того на них наносяться кольорові кільця. Відстань між кільцями - 1-5 м. Трубопроводи з прямої мережевої водою (П.С.) мають зелене забарвлення і жовтий колір кільця. Зворотна вода (О.С.) - зелений колір трубопроводів і коричневий колір кільця. Хімічно очищена вода (В.Х.) - зелений колір трубопроводів, білий колір для кільця. Для дренажних трубопроводів (В.Д.) - зелений колір, для кільця - червоний. Технічна вода (В.Т.) - чорний трубопровід, без кільця. Ширина кольорового кільця (Ø150-300) - 70мм.

Трубопроводи до насосів, а також всмоктувальні лінії виконані з сталевих труб на зварюванні із застосуванням фланців для приєднання до арматури і насосів. Всмоктуючий трубопровід у всіх насосах має безперервний підйом до насоса. Лінія кожного насоса обладнана запірною арматурою і зворотним клапаном, встановленим між насосом і запірною арматурою.

Для вимірювання тиску в напірних трубопроводах і у кожного агрегату встановлені манометри. На напірних трубопроводах передбачені витратоміри для обліку витрати води.

Насосні агрегати є джерелами шуму і вібрацій. Передбачені заходи для зниження рівнів шуму до допустимих параметрів (80 дБА), встановлених ГОСТом 12.1.003-83, а рівнів вібрації до допустимих значень (92 дБ), встановлених ГОСТом 12.1.012-90. Для зниження шуму, створюваного електродвигунами, використовують звукоізолюючі кожухи. Для зниження вібрацій обладнання встановлюють на окремі, самостійні фундаменти.

5.2. Пожежна безпека

Відповідно до ОНТП 24-86, 2.01.02-85 та 2.09.02-85 розрізняють наступні категорії виробництв по вибуховий, вибухопожежної, пожежної небезпеки та ступеня вогнестійкості будівлі, приміщень та споруд міні-ТЕЦ:

- для основного залу і приміщення деаераторів - категорія виробництва Г, ступінь вогнестійкості II;
- для приміщення водопідготовки - категорія виробництва Д, ступінь вогнестійкості III;
- для приміщень щитів керування - категорія Д, ступінь вогнестійкості II;
- для приміщень комплектних трансформаторів підстанцій, трансформаторних камер - категорія В, ступінь вогнестійкості II;
- для складів і насосної станції дизельного палива - категорія Б, ступінь вогнестійкості II;
- для приміщення газорозподільних пунктів - категорія А, ступінь вогнестійкості II.

Виробництва категорій А-Б, розташовані в окремих приміщеннях ТЕЦ II ступеня вогнестійкості, відокремлюються від інших приміщень і коридорів протипожежними перегородками.

Будівля ТЕЦ розташовується так, щоб напрямок вітру згідно розі вітрів в разі пожежі виключало можливість перекидання пожежі та передачі вибуху від одного об'єкта до іншого. Передбачаються також протипожежні розриви з відстанню (між будинками і спорудами):

- при ступеня вогнестійкості II-III і вищевказаних категорій виробництв – 9 м.

У разі вибухів газів і пилу усередині приміщень ТЕЦ передбачається пристрій в зовнішніх стінах і покриттях легкоскидні при вибуху огорожувальні конструкції (легкі панелі і плити). Особливо це стосується виробництв з категоріями А і Б. легкоскидних конструкції в приміщеннях з категорією А застосовуються в співвідношенні не менше $0,05 \text{ м}^2$ на 1 м^3 об'єму приміщення. Для приміщень з категорією Б - не менше $0,03 \text{ м}^2$. Для конструкцій на покриття будівлі поверхневе навантаження (включаючи їх власну вагу, а також постійну і тимчасову тривале навантаження) становить не більше $1,2 \text{ кПа}$. До легкоскидною огорожувальних відноситься скління отворів віконним склом товщиною 3, 4 і 5 мм площею не менше $0,8; 1; 1,5 \text{ м}^2$. Число евакуаційних виходів в кожному приміщенні не менше двох. Відповідно до категорії виробництва відстань від найбільш віддаленого робочого місця до виходу назовні або в тамбур лежить в межах 20-40 м.

Захист будівлі ТЕЦ від прямих ударів блискавки здійснюється блискавковідводом (стрижневим одиночним), встановленим на будівлі. Сталеві струмовідводи мають перетин не менше 35 мм^2 . Поверхневі заземлювачі укладаються на глибині не менше 1 м від поверхні землі у вигляді променів довжиною 30 м. Опір заземлювача становить 10 м.

Залежно від виду обладнання в котельні передбачаються відповідні кошти пожежогасіння. Слід зазначити, що засоби пожежогасіння розраховані окремо для кожного приміщення. Так для гасіння пожежі устаткування, де має місце використання газоподібного палива використовується вогнегасник ОХП-10. Для гасіння пожеж обладнання, що працює на дизельному паливі, застосовується вогнегасник ОВП-10, а також є в наявності ящик піску. При виникненні пожеж в електрообладнанні застосовують вуглекислотні вогнегасники. Кількість засобів пожежогасіння вибрано відповідно до площі, яку займає даний вид обладнання: вогнегасник ОХП-10 розрахований на 600 м^2 , ОВП-10 - на кожену установку,

вуглекислотний - на 100 м². Зберігання засобів пожежогасіння здійснюється в пожежних щитах, які розташовуються в спеціально відведених місцях. При наявності ящика з піском передбачається лопата.

Як пожежної сигналізації застосовується електрична пожежна сигналізація (ЕРС), яка включає в себе сповіщувачі, лінії зв'язку, комутатор, джерело живлення, звукові і світлові засоби сигналізації. В променевої системі пожежної сигналізації кожен сповіщувач з'єднаний з приймальною станцією окремим променем. Луч має два дроти: прямий і зворотний. Приймальна станція по влаштуванню аналогічна телефонній станції. Променева система надійна, допускає одночасний прийом з усіх променів.

В системі сигналізації застосовуються сповіщувачі диференціальної дії ТЕДС, які спрацьовують при підвищенні температури на 30 °С за час не більше 7с, контрольована площа 30 м². Дані сповіщувачі працюють на принципі використання явища термоелектрики, інакше кажучи, при підвищенні температури виникає термоелектрорушійна сила - ТЕДС. Електричне коло складається з двох провідників, виконаних з напівпровідників (термопара). Для збільшення ТЕДС термопари збираються в батареї. У димових сповіщувачів використовуються датчики, які реагують на появу диму.

Всі лампи розжарювання для освітлення основного залу та інших приміщень виконані з протипожежними вимогами

ВИСНОВКИ

З урахуванням зроблених досліджень можна зробити наступні висновки:

Полігони твердих побутових відходів Дніпропетровського регіону є джерелами високоенергетичного газу, що містить до 70% біометану, який може бути ефективно використаний у виробництві автомобільного палива, зокрема на прикладі Ігреського звалища, в залежності від розташування полігонів щодо господарської інфраструктури.

За результатами моделювання визначено, що для умов Ігреського звалища Дніпропетровської області України максимальна сумарна швидкість видобування біогазу може сягати 386 м³/год.

За результатами обґрунтування економічної доцільності та теоретичних розрахунків встановлено, що значення розрахункового коефіцієнта окупності, наведеної у якості прикладу пропозиції щодо спорудження автозаправної станції, вважається прийнятною, а сама пропозиція може бути прийнятою до впровадження.

Утилізація біогазу дозволить значно поліпшити екологічну ситуацію в Дніпропетровській області України, запобігши виділення парникових газів та токсичних речовин.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Закон України № 1391-14 від 19.06.2009 «Про альтернативні види палива».
2. Закон України № 1391-17 від 21.05.2009 «Про внесення змін до деяких законів України щодо сприяння виробництву та використанню біологічних видів палива».
3. Коровяка Е.А. Регенерація метана, выделяемого мусорными свалками, и возможности его утилизации в Днепропетровском регионе / Е.А. Коровяка, Е.А. Василенко, Э.С. Манукян // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць / Ін-т геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України. – Дніпропетровськ, 2014. – Вип. 117. – С. 215 – 224.
4. Пятничко А.И. Утилизация биогаза закрытых полигонов ТБО / Пятничко А.И., Баннов В.Е.:// Экология плюс. – 2009. – № 4 – С. 12-14.
5. Бондаренко Б.І. Проблема утилізації твердих побутових відходів та знешкодження небезпечних відходів в Україні; Від проекту концепції – до державної науково-технічної програми/ Бондаренко Б.І., Жовтянський В.А. // Энерготехнологии и ресурсосбережение. – 2008. – № 4. – С. 63-69.
6. Крушневич Т.К. Извлечение метана из биогаза полигонов и подача его в магистральный газопровод/ Крушневич Т.К., Пятничко А.И. // Технические газы. – 2006. – № 3. – С. 41-43
7. Вавилин В.А. Ускорение процессов разложения твердых бытовых отходов на городской свалке как активной среде // Экология урбанизированных территорий, 2006.-№4.-С. 62-67.
8. Вавилин В.А., Локшина Л.Я., Ножевникова А.Н., Калюжный С.В. Свалка как возбудимая среда // Природа, 2003.-№ 5.- С. 21-32.
9. Вайсман Я.И., Рудакова Л.В., Нурисламова Т.В., Нетребин Ю.Я., Комбарова М.М. Снижение газовой эмиссии полигона ТБО, 2014.- № 12.- С. 26 - 28.
10. Гелетуха Г.Г., Марценюк З.А. Обзор технологий добычи и использования биогаза на свалках и полигонах твердых бытовых отходов и

перспективы их развития в Украине // Экотехнологии и ресурсосбережение, 1999.-№4.- С. 7-13.

11. Гелетуха Г.Г. Матвеев Ю.Г., Копейкин К.К. Сквжина в пригороде. Утилизация свалочного газа // Деньги и Технологии, 2002.- №4, С. 34-37.

12. Гринин, А.С., Орехов, Н.А., Новиков, В.Н. Математическое моделирование в экологии: А.С. Гринин, Н.А. Орехов, В.Н. Новиков. - М.- ЮНИТИ-ДАНА, 2003.-269 с.

13. Гурвич В.И., Лифшиц А.Б. Добыча и утилизация свалочного газа (СГ) - самостоятельная отрасль мировой индустрии // Энергоэффективность, 2005. - №4(42) .-С. 25-31.

14. Воздвиженский М. Из отходов - сырье, энергия, прибыль // Наука и жизнь, 1989.- №1.- С. 69-72.

15. Возобновляемая энергетика 2003: состояние, проблемы, перспективы // Сб. докладов Межд. научн.-практ. конф. / СПбГПУ.-Спб., 2003.- 616 с.

16. Гонопольский А.М., Федоров, Л.Г., Мурашов, В.Е. Способ и система аэрации свалок ТБО // Экологические системы и приборы.- № 2, 2005.- С. 55–57.

17. Горбатюк О.В., Лившиц А.Г., Лурье Л.Д., Минько О.И. Утилизация биогаза полигонов твердых отходов: Обзорная информация.- М.: МГЦНИТИ, 1988.-125 с.

18. Гречко А.В. Анализ энергозатрат и экологической безопасности при термических методах переработки твердых бытовых отходов // Промышленная энергетика, 2001. - № 3. - С. 55-63.

19. Глобальная инициатива по метану: Глобальные выбросы метана и возможности их снижения [Электронный ресурс]-

<http://www.globalmethane.org/gmi/>

ДОДАТОК А
Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Примітка
1					
2			Документація		
3					
4	A4	НГІБ.ОПП.20.03.ПЗ	Пояснювальна записка	79	
5					
6			Графічні матеріали		
7					
8	A4	НГІБ.ОПП.20.03.ГЧ	Презентація Microsoft PowerPoint	16	
9					
10					
12					
12					