

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та
аспірантської підготовки
Кафедра екології та
охорони довкілля

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Оцінка масштабів емісії біогазу від місць розміщення побутових відходів у Вінницькій області»

Виконав студент 2 курсу групи МЕЕБ- 61
спеціальності 101 – Екологія
Присянюк Ірина Олександрівна

Керівник к.геогр.н., доц.
Приходько Вероніка Юріївна

Рецензент д.е.н., проф.
Губанова Олена Ростиславівна

Одеса 2018

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та аспірантської підготовки

Кафедра екології та охорони довкілля

Рівень вищої освіти магістр

Спеціальність 101 – Екологія

Освітня програма Охорона навколишнього середовища

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри екології та охорони
довкілля

Сафранов Т.А.

“ 26 ” березня 20 18 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Присянюк Ірині Олександрівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Оцінка масштабів емісії біогазу від місць розміщення побутових відходів у Вінницькій області»

керівник роботи Приходько Вероніка Юрійвна, к.геогр.н., доцент

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ 02 ” листопада 2017 р. № 321-С

2. Строк подання студентом роботи 01 червня 2018 року

3. Вихідні дані до роботи статистичні довідники і бюлетені, реєстри місць видалення відходів, доповіді про стан навколишнього природного середовища

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити 1) проаналізувати існуючі підходи щодо оцінки емісії парникових газів від місць захоронення ТПВ; 2) охарактеризувати ситуацію з поводження з ТПВ у Вінницькій області 3)сформуати масив вихідних даних для розрахунку емісії парникових газів від місць захоронення відходів у Вінницькій області; 4) виконати розрахунки емісії метану від річної маси захоронених відходів та за багаторічний період.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) гістограми окремих показників, що характеризують місця захоронення побутових відходів у Вінницькій області, карта-схема районування території Вінницької області щодо ситуації із захороненням відходів, діаграми морфологічного складу твердих побутових відходів, схеми розподілу утворених відходів за місцями захоронення, часові зміни емісії метану, розраховані за різними моделями.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
	<i>Немає</i>		

7. Дата видачі завдання 26 березня 2018 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	<i>Аналіз літературних джерел механізмів утворення біогазу в тілі полігону та можливостей використання</i>	26.03.18-31.03.18	98	5 (відм.)
2	<i>Опис розрахункових моделей емісії метану з місць захоронення твердих побутових відходів</i>	01.04.18-19.04.18	100	5 (відм.)
3	<i>Характеристика ситуації з твердими побутовими відходами у Вінницькій області</i>	20.04.18-29.04.18	96	5 (відм.)
	Рубіжна атестація	30.04.18-06.05.18	98	5 (відм.)
4	<i>Розрахунок емісії метану від річної маси утворених твердих побутових відходів за різними моделями</i>	07.05.18-11.05.18	96	5 (відм.)
5	<i>Формування масиву даних та розрахунок емісії метану за багаторічний період</i>	12.05.18-16.05.18	96	5 (відм.)
6	<i>Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату та складення протоколу і висновку керівника</i>	17.05.18-24.05.18	100	5 (відм.)
7	<i>Підготовка паперової версії магістерської кваліфікаційної роботи і презентаційного матеріалу до публічного захисту.</i>	25.05.18-01.06.18	100	5 (відм.)
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		98,0	

(до десятих)

Студент

(підпис)

Просянюк І.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Приходько В.Ю.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Присянюк І. О. Оцінка масштабів емісії біогазу від місць розміщення побутових відходів у Вінницькій області

Актуальність теми обумовлена тим, що основним методом поводження з твердими побутовими відходами (ТПВ) в Україні є видалення на звалища і полігони, які є джерелом впливу на навколишнє природне середовище. Одним з таких впливів є емісія біогазу, який утворюється внаслідок анаеробної біодеструкції ТПВ в тілі полігону.

Мета роботи – оцінка емісії парникових газів від місць захоронення ТПВ у Вінницькій області.

Об'єктом дослідження є надходження парникових газів від місць захоронення ТПВ; *предмет дослідження* – оцінка емісії парникових газів від місць захоронення ТПВ на території області.

Методи дослідження. Оцінка емісії метану від місць захоронення ТПВ визначалася на основі моделей газоутворення, в основу яких покладений процес анаеробної деструкції органічної речовини. Для районування території Вінницької області за ситуацією із захороненням ТПВ був використаний метод кластерного аналізу. Для відновлення масивів даних користувалися методом лінійної інтерполяції.

Результати дослідження. В роботі виконана характеристика ситуації, що склалася з ТПВ у Вінницькій області. Проведене дослідження просторово-часових закономірностей розподілу місць видалення ТПВ по території Вінницької області дало змогу провести районування території за ситуацією із захороненням відходів. На основі Національної та IPCC моделей, визначена емісія метану при розміщенні річної маси утворених відходів. Для роботи з моделями був уточнений параметр, що характеризує умови захоронення ТПВ на території Вінницької області. Проведена оцінка емісії метану від місць захоронення твердих побутових відходів за багаторічний період. Показано, що врахування емісії метану за попередні роки дає змогу отримати реальну масу метану, що надходить до атмосфери з місць захоронення відходів.

Наукова новизна роботи полягає в розробці алгоритму урахування емісії метану від місць захоронення ТПВ за попередні роки, що дозволяє охарактеризувати реальну ситуацію надходження метану до атмосфери.

Результати роботи можуть бути використані при розробці стратегії поводження з ТПВ на регіональному рівні.

Структура та обсяг роботи. Робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, переліку посилань (31 найменування) і 2 додатків на 3 сторінках. Робота містить 15 рисунків, 14 таблиць. Загальний обсяг магістерської роботи – 86 сторінок.

Ключові слова: тверді побутові відходи, парникові гази, емісія, моде

SUMMARY

Prosianyuk I.O. Assessment of the Scope of Biogas Emission from the Places of Domestic Waste Disposal in the Vinnytsia Oblast

Actuality of theme is due to the fact, that the main method of municipal solid waste treatment in Ukraine is the disposal on dumps and landfills that are a source of environmental impacts. One of such impacts is the biogas emission, which is formed as a result of anaerobic biodegradation of solid waste in the body of the landfill.

The purpose is to estimate the emission of greenhouse gases from waste dumping sites in the Vinnytsia region.

The object of research is the emission of greenhouse gases from the sites of MSW dumping. *The subject* of research is the estimation of the greenhouse gases emission from the sites of MSW dumping on the territory of the Vinnytsia region.

Research methods. The estimation of emission of methane from the MSW disposal places was determined on the basis of gasification models, on basis of that there is the fixed process of anaerobic destruction of organic substance. For zoning of territory of the Vinnytsya region by a situation of MSW disposal sites the method of cluster analysis was used. For proceeding in data bases the method of linear interpolation was used.

The results of research. The characteristic of the situation of MSW in the Vinnytsia region was made in the study. The research of spatio-temporal patterns of waste disposal sites distribution on the territory of the Vinnytsia region made it possible to conduct zoning of the territory by the situation of the waste disposal.

Based on the National and IPCC models, the methane emissions are determined from disposal of the annual mass of generated waste. In order to work with models, the parameter describing the conditions of solid waste disposal in the territory of Vinnytsia region was specified. The methane emission assessment from MSW disposal sites has been carried out for a long period of time. It is shown that the methane emission accounting for previous years enables to obtain the actual mass of methane entering the atmosphere from waste disposal sites.

The scientific novelty of research consists in development of algorithm of taking into account of methane emission from the MSW disposal sites for previous years that allows describing the real situation of methane emission to the atmosphere.

Structure and volume of diploma work. The work consists of an introduction, three sections, conclusions, a list of references (31 titles) and 2 applications on 3 pages. The work contains 15 drawings, 14 tables. The total volume of the master's research project is 86 pages.

Keywords: municipal solid waste, greenhouse gases, estimation, model.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	9
ВСТУП	10
РОЗДІЛ 1 ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО УТВОРЕННЯ БІОГАЗУ ПРИ ЗАХОРОНЕННІ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ	12
1.1 Особливості утворення біогазу на полігонів ТПВ в Україні.....	17
1.2 Захоронення відходів як джерело парникових газів	24
1.3 Проектування, будівництво та експлуатація систем збору і контролю.....	28
РОЗДІЛ 2 ВИЗНАЧЕННЯ ЕМІСІЇ МЕТАНУ ТА ІНШИХ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ ЗА РІЗНИМИ МОДЕЛЯМИ.....	37
2.1 Національна модель.....	38
2.2. Модель IPCC.....	42
2.3 Модель LandGEM	45
2.4 Уточнення параметра.....	45
РОЗДІЛ 3 ОЦІНКА ЕМІСІЇ МЕТАНУ ВІД МІСЦЬ ЗАХОРОНЕННЯ ВІДХОДІВ У ВІННИЦЬКІЙ ОБЛАСТІ.....	48
3.1 Загальна характеристика проблеми захоронення твердих побутових відходів у Вінницькій області.....	48
3.1.1 Стисла характеристика найбільших полігонів.....	54
3.1.2 Просторово-часові закономірності розміщення звалищ і полігонів у Вінницькій області.....	60
3.2 Розрахунок емісії метану за Національною Моделлю.....	65
3.3 Розрахунок емісії метану за IPCC моделлю.....	68
3.4 Визначення емісії метану від місць захоронення ТПВ за багаторічний період.....	72
ВИСНОВКИ.....	76

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	78
ДОДАТКИ.....	83

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ
І ТЕРМІНІВ

ТПВ – тверді побутові відходи

НПС – навколишнє природне середовище

ПГ – парникові гази

ЛЖК – летючі жирні кислоти

GCCS – установка і експлуатація системи збору і контролю біогаза

LandGEM – Landfill Emission Gas Model

IPCC – The Intergovernmental Panel on Climate Change

ВСТУП

Існуюча ситуація в сфері поводження з твердими побутовими відходами (ТПВ) призвела до того, що 95% відходів, що утворюються, видаляються на звалища і полігони, які переповнені і не відповідають природоохоронним вимогам, а, значить, стають об'єктом впливу на навколишнє природне середовище (НПС). Одним з таких впливів є емісія біогазу, який утворюється внаслідок анаеробної біодеструкції органічних компонентів ТПВ в тілі полігону.

Біогаз можна розглядати як альтернативне джерело енергії або, в разі його надходження до НПС, як сукупність парникових газів (ПГ) – метану та діоксиду вуглецю. Тому дослідження з оцінки емісії біогазу від об'єктів і територій є актуальними.

Метою роботи є оцінка емісії ПГ від місць захоронення ТПВ у Вінницькій області. Для цього були поставлені такі завдання:

- 1) проаналізувати існуючі підходи щодо оцінки емісії ПГ з місць захоронення ТПВ;
- 2) охарактеризувати стан проблеми захоронення ТПВ та підготувати масив вихідних даних для розрахунку емісії ПГ від місць захоронення відходів для Вінницької області;
- 3) виконати розрахунки емісії метану, в т.ч. за багаторічний період, та провести аналіз отриманих результатів.

Об'єктом дослідження є надходження ПГ від місць захоронення ТПВ. Предметом дослідження є оцінка емісії ПГ від місць захоронення ТПВ на території Вінницької області.

Вихідними даними для виконання роботи стали: офіційна статистична інформація щодо обсягів утворення відходів та норм накопичення ТПВ, довідкові дані статистичних збірників, статей і оглядів, присвячених проблемі ТПВ у Вінницькій області, а також дані з наукових досліджень.

Новизна одержаних результатів полягає в розробці алгоритму урахування емісії метану від місць захоронення ТПВ за попередні роки, що дозволяє охарактеризувати реальну ситуацію надходження метану до атмосфери.

За темою магістерської кваліфікаційної роботи опубліковані 2 статті та 6 матеріалів і тез доповідей на міжнародних та університетських конференціях (див. Додаток А).

1 ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО УТВОРЕННЯ БІОГАЗУ ПРИ ЗАХОРОНЕННІ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

Щорічно у світі утворюється величезна кількість відходів побутового, комерційного, промислового та сільськогосподарського походження, вони являють собою різні суміші паперу, харчових відходів, текстилю, пластмаси, гуми, скла, та ін.

Щодо України, накопичення ТПВ у всіх її регіонах та по країні в цілому характеризується тим, що в найбільш промислово розвинених регіонах обсяги відходів, які накопичуються, значно вище, ніж у регіонах з невеликою кількістю людей. Переважна кількість відходів припадає на великі міста, і з розвитком індустріалізації країни зростає і кількість відходів, тому на сьогоднішній день благополучне існування на планеті на пряму залежать від вирішення проблеми яка утворилась з ТПВ.

Згідно з даними Національного екологічного центру України на полігонах та звалищах України накопичилося більше 1 млрд. м³ ТПВ, які займають площу більше 7 тис.га землі, з яких лише 3,5 % проходить повторну переробку, за даними Держкомстату України [1].

Усереднений склад ТПВ України приблизно такий, % [2]: папір та картон – 30-35; харчові відходи – 28-30; метали – 4; пластмаса – 4; деревина – 3; текстиль – 5; скло, кераміка – 7; інше – 10-12. Органічні відходи складають – 70-78 %.

В минулому столітті середній щорічний показник утворення ТПВ складав 480 кг/люд., але с кожним роком ці значення ростуть і на сьогоднішній день середньодобова норма на одного мешканця міста складає близько 1 кг ТПВ. Більше того, серед ТПВ збільшується частка відходів, які не піддаються швидкому розкладанню та потребують значних площ для зберігання.

Звалища та полігони ТПВ є значними джерелами забруднення НПС, а саме – атмосфери, гідросфери, ґрунтів. Полігон ТПВ є в деякому розумінні «біохімічним реактором» .

ТПВ повинні розглядатися як потенційно вторинні ресурси, максимально перероблятися та використовуватись виходячи з технічних можливостей та враховуючи екологічну безпеку.

Найбільш розповсюдженими видами промислової переробки ТПВ є спалювання, ферментація, під якою розуміється аеробний розігрів за рахунок окислення та розпаду органічної речовини на прості складові з подальшим використанням в якості компосту для удобрення ґрунтів, а також утилізація ТПВ шляхом переробки їх на спеціально обладнаних полігонах по технології твердофазового метаногенезу з одержанням біогазу в якості товарного продукту.

Звалища і полігони ТПВ мають суттєвий негативний вплив на довкілля, а саме: забрудненням підземних вод, неприємний запах, розвиток хвороботворних мікроорганізмів. Однією з основних проблем пов'язаною із захороненням відходів є утворення біогазу, або іншими словами, звалищний газ, в склад якого входить метан та діоксин в сірки майже в однаковій кількості. Звалищний газ потрапляє в атмосферу, цим самим викликає негативні наслідки. Існує чимало випадків отруєння під час технічного обслуговування із летальним кінцем. Надмірна кількість біогазу у тілі полігону схильна до самозаймання відходів. Під час горіння виділяються дуже токсичні речовини, а саме діоксини [3].

На сьогоднішній день науковці розглядають полігони ТПВ як джерела відновлюваних газових родовищ, тому що якщо закрити полігони та звалища для будівництва систем збору та подальшого оброблення біогазу то ми отримаємо соціальну вигоду , а також екологічний ефект [4].

Найефективніший метод зменшити вихід в атмосферу метану з полігонів ТПВ – це його збір та ефективно і раціональне використання.

Процес розкладання ТПВ, складаються з органічних сполук на 55 – 70%, протікає багато в чому ідентично процесу зброджування сильно забруднених стічних вод або осаду очисних споруд міської каналізації. В результаті цього процесу утворюється біогаз, який має теплоту згоряння 1890 – 25100 кДж/м³ (4500-6000 ккал/м³) і наступний усереднений склад, %: метан – 50 – 65, діоксид вуглецю – 30 – 45, сірководень – 0,2– 0,8, азот, кисень, водень – 1– 2, ароматичні вуглеводні, складні ефіри – до 1.

Одні з самих популярних способів поводження з біогазом, отриманим зі звалищ ТПВ [5;6], відносять:

- спалювання з цілю отримання енергії;
- збагачення і використання в якості палива;
- факельне спалювання з метою усунення неприємних запахів і зниження пожежної небезпеки на полігонах ТПВ;
- використання в якості палива для газових двигунів з отриманням електричної і теплової енергії;
- використовувати в якості палива для транспорту;
- покращення та підготовка до використання в газових мережах.

Останнім часом досить популярними стали системи збору та переробки біогазу на полігонах ТПВ. Відповідно даним Європейської біогазової асоціації у 2014 році кількість таких систем налічує: у Німеччині – 409, Італії – 89, Швеції – 83, Данії – 17, США – близько 1000. Одна третя частина всіх цих полігонів використовує біогаз для одержання енергії електричної або теплової.

У розвинених країнах на сьогоднішній день звалища та полігони ТПВ міст-мільйонерів привертають значну увагу до себе як джерела збору біогазу. У виборі таких джерел важливу роль відіграють такі фактори як: час та щільність населення. Вплив щільності населення полягає у тому, що чим більшою є кількість населення в місті, тим більшу кількість відходів вони будуть виробляти, а тим саме буде більшою потужність звалищ, що приймають ці відходи. Особливість іншого фактору полягає у тому, що маса

ТПВ здатна виробляти метан протягом 25 років, а значить звалища навіть маленьких містечок, які експлуатуються досить тривалий час. матимуть значний енергетичний потенціал.

Залежність обсягу звалищ від щільності населення в Європейських країнах стає дедалі меншою внаслідок транспортування на досить великі відстані ТПВ. Досить перспективним є створення таких значних за обсягом полігонів ТПВ, з точки зору виробництва біогазу. Але це є негативним фактором для споживання виробленої енергії тому, що такі звалища створюються на значних відстанях від населених місць. Однак ми знаєм те, що для успішної реалізації біоенергетичного проекту необхідною умовою є наявність споживача енергії поблизу. Ось чому в межах енергетичних проектів часто створюються такі споживачі. На думку експертів, доцільно транспортувати біогаз, який ми отримали, на відстань близько 3 км від звалища. Іншим варіантом є створення енергетичних проектів з виробництва лише електричної енергії, але такі проекти є менш задовільними, оскільки – теплова енергія все одно виробляється, але не споживається на сьогодні.

В залежності від кількості зібраного біогазу, на полігоні можна буде установити газову електростанцію потужністю 1500 кВт, тоді біогаз буде утворюватися у метантенках, обладнаним так, щоб забезпечити найбільше виділення метану. Іноді енергія, що утворюється при спалюванні біогазу може досягати близько 90 % енергії вихідного матеріалу.

При нормальній роботі реактора одержаний біогаз буде містити до 85 % метану, близько 40 % двооксиду вуглецю, в тому числі, суміші водню, аміаку та оксиду азоту, а також незначну кількість сірководню (максимум 3%).

Основні характеристики отриманого біогазу, під час зброджування, відповідають таким параметрам, його нижча теплотворна здатність складає 25 МДж/м³, середня теплота згорання приблизно 22 МДж/м³, не має різкого неприємного запаху. Вихід біогазу складає приблизно 0,2 – 0,4 м³ на 1 кг зброджувального сухого матеріалу при витраті 50 кг сухої біомаси на 1 м³

води. З 1 м³ біогазу еквівалентний 0,6 м³ природного газу; 3,5 кг дров; 12 кг гнойових брикетів 0,7 л мазуту; 0,4 л бензину;. Відомо, що 1 м³ біогазу дає електроенергії на 1,7 кВт/год і теплоти 2,5 кВт/год, при цьому до 30% біогазу припадає на технологічні потреби установки. Також можливе використання біогазу для заправки балонів, але лише після його стиснення до 16 кг/см² [7].

Залучення біогазу звалищ до процесів виробництва енергії є важливим та перспективним проектом з точки зору охорони навколишнього середовища, але існує суттєвий мінус даного проекту, а саме неможливість контролю виробництва. Не можна втручатись в анаеробні процеси, що відбуваються всередині товщі накопичених відходів. Ми можемо лише намагатись забезпечувати необхідний склад ТПВ, що потрапляють на звалище, а також реалізовувати технології з ефективного вловлювання виробленого біогазу. Забезпечення необхідного складу відходів може бути забезпечене впровадженням систем роздільного збору ТПВ, у яких більшість компонентів, що не розкладаються біологічним шляхом, направляються на вторинну утилізацію.

З однієї сторони, такі системи будуть зменшувати кількість споживаючих первинних природних ресурсів, але з іншої, у відходах, що направляються на захоронення на звалища, збільшується частка харчових відходів, на базі яких виробляється метан. Технології збору біогазу полягають у розробці ефективних систем свердловин та трубопроводів, які охоплюють весь масив захоронених відходів, а також у створенні систем ізоляції поверхні звалища, що не даватиме потрапляти біогазу в атмосферу.

1.1 Особливості утворення та збору біогазу на полігонах ТПВ в Україні

Вміст у товщі сміття органічних компонентів утворює умови характерні для активного розвитку мікробіологічних процесів.

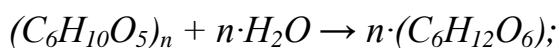
Умовно можна виділити декілька зон в товщі відходів, які відрізняються характером мікробіологічних процесів, а саме аеробну, перехідну та анаеробну. Анаеробна зона знаходиться у верхньому шарі, глибиною до 1,5 м ТПВ поступово мінералізується до CO_2 , H_2O , завдяки мікробному окисненню нітратів, сульфатів та інших сполук.

В наступній зоні проходить процес денітрифікації. Нижня анаеробна зона займає найбільший обсяг. В даній зоні процеси відбуваються без участі кисню. Процес утворення біогазу, основним компонентом якого є метан, є основним процесом в анаеробній зоні. В нижній зоні оптимальна температура для розвитку мікроорганізмів, що утворюють метан. Отже, з 1 т ТПВ виділяється до 200 м^3 біогазу протягом 20 – 40 років, отже на рік припадає 5 – 6 м^3 .

Відомо, що за 10 років сумарна кількість органічних речовин зменшується лише на 20 – 25%, на полігонах, а через 50 років відбувається розпад органічної маси на 50%.

Біохімічні процеси в анаеробній зоні можна представити таким чином:

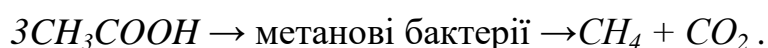
1) на *першій стадії* клітковина органічної частини ТПВ піддається гідролізу:



2) *друга стадія* – це біохімічне (анаеробне) розкладання глюкози до оцтової або інших летючих жирних кислот:



3) *третья стадія* – це анаеробне розкладання ЛЖК (та наявних у ТПВ жирів) до метану і вуглекислого газу:



Процес розкладання відходів відбувається у декілька фаз, кожна фаза впливає на вміст компонентів біогазу (рис. 1.1).

1 місяць становить тривалість 1 і 2 фаз, 3 фази – менше 1 року, а тривалість 4 фази складає 25 років (рис. 1.2) [8].

На практиці для встановлення метановиділення зі сміттєзвалищ користуються формулою:

$$V = \sum V_0 \cdot Q_e^{-k \cdot t}, \quad (1.1)$$

де V_0 – теоретичний метаноутворюючий потенціал ТПВ, приймається 90-140 м³/т ТПВ (залежно від кількості харчових відходів у ТПВ – чим їх більше, тим більше V_0);

Q_e – середня кількість ТПВ, що надходять на полігон, т/рік;

k – константа утворення метану, приймається 0,04-0,1 рік⁻¹ залежно від кількості у ТПВ харчових відходів та від вологості ТПВ (чим більше того й іншого, тим більше k);

t – час з моменту відкриття полігону, років.

Енергетичний потенціал біогазу становить 21 МДж/м³. Біогаз необхідно відводити для того, щоб він не потрапляв в атмосферу, так як він дуже токсичний. Чим більше його утворюється на тілі полігону тим більша площа забруднення НПС.

За кордоном, на відміну від України, досить розвинуті технології контролю та відведення біогазу.

На утворену кількість біогазу впливають такі показники, як:

- склад, вік, щільність, температура і вологість відходів;
- площа, глибина, способи експлуатації та рекультивації сховища відходів;
- водний баланс сховища.

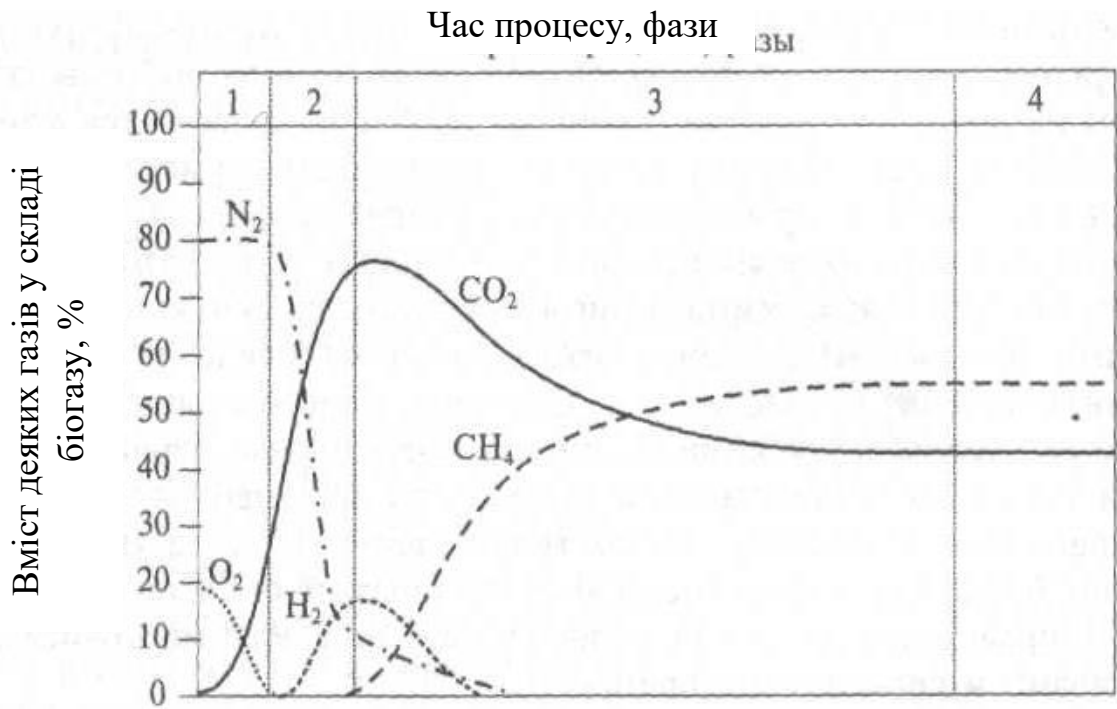


Рисунок 1.1 – Склад біогазу залежно від фази (часу) процесу

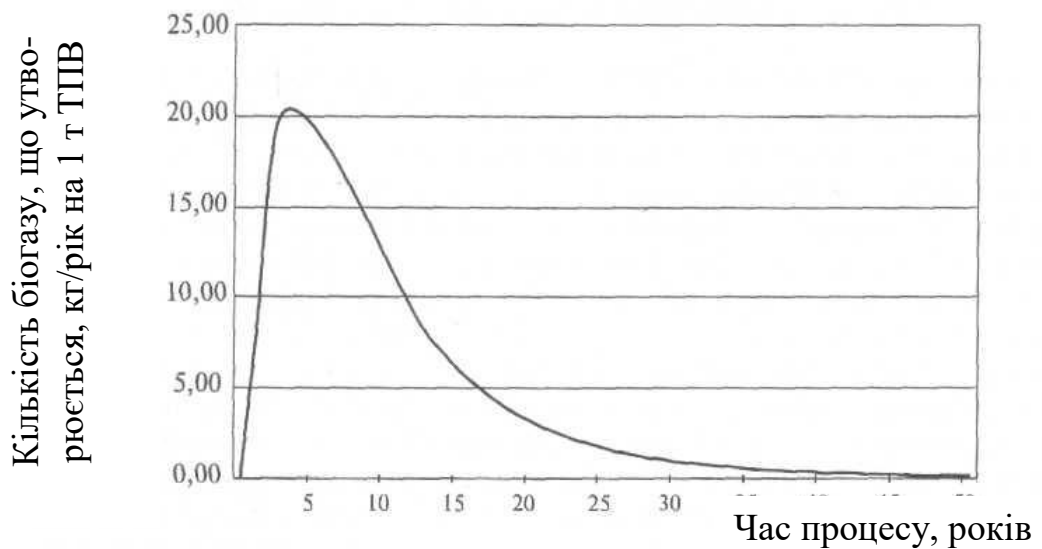


Рисунок 1.2 – Утворення біогазу залежно від часу процесу біорозкладання (кг/рік на 1 т ТПВ)

Спалювання біогазу є найпопулярнішим та найбільш вживаним методом використання біогазу. Існує два варіанта, це спалювання у спеціальних установках для отримання електроенергії, інший варіант, у

найбільш простому випадку газу можуть збиратися і направлятися по трубопроводах споживачеві в якості палива [9].

На українських полігонах найефективніше себе зарекомендувала технологія активної дегазації [10]. Активна система дегазації ґрунтується на зборі біогазу за допомогою газових свердловин, в яких розташовуються перфоровані труби, що підключаються до газоперемішуючого обладнання – компресора або вентилятора і системи газопроводів. Активну систему дегазації полігонів рекомендують норми ДБН В.2.4-2-2005 «Полігони твердих побутових відходів. Основні положення проектування». У цих же нормах наведено критерії ефективної роботи системи: «обсяги накопичених відходів мають складати не менше 1 млн. т, а середня глибина полігону більше 10 м». Вважається, що при виконанні цих умов система дегазації працює ефективно, оскільки на полігоні виділяється необхідний об'єм біогазу за рахунок зрілої стадії метаногенезу. Метаногенез, як кінцева фаза анаеробної біодеструкції відходів, залежить від морфологічного складу відходів і наявності компонентів, що сприяють біодеструкції. Збільшують виділення біогазу та концентрацію в ньому метану такі відходи як: рослинні залишки, папір, текстиль, деревина та інші органічні фракції [9,10].

Окрім об'єму біогазу, що може виділяти полігон, важливим питанням при реалізації проекту дегазації є шляхи його подальшого використання. Біогазові проекти з виробництвом електроенергії були реалізовані у містах Маріуполі, Вінниці та Києві. Фактична потужність біогазової станції у Маріуполі складає 170 кВт, у Вінниці – 1,2 МВт. Найбільш вдалим біогазовим проектом на Україні фахівці вважають експлуатацію п'ятірки біогазових двигунів компанії TEDOM потужністю 177 кВт кожний на полігоні площею 36 га м. Києва, на якому вже накопичено до 10 млн. т відходів.

Крім того, планується введення у експлуатацію газопоршневої установки GE Jebacher потужністю 1,1 МВт в м. Бориспіль. Окрім генерації

енергетичних ресурсів на практиці використовують і спалювання біогазу у факельних установках. Розглядаються різні варіанти утилізації: паралельне виробництво енергетичних ресурсів і факельне спалювання надлишкового газу, повне факельне спалювання, варіанти резервування, коли факельні установки використовуються лише при надзвичайних (аварійних) ситуаціях тощо. Практично кожен проект дегазації полігонів має у своєму складі факельні установки. Так, на полігоні м. Маріуполя експлуатується факельна установка HOFGAS-Ready 800. Факельні установки згаданого виробника використовуються для утилізації біогазу на полігонах міст Алушта, Ялта та Львів. На Вінницькому полігоні експлуатується факельна установка Naase.

Детальніше розглянемо те, що стосується Вінницької області, майже весь масив утворених побутових відходів у м. Вінниця захоронюється на Стадницькому полігоні. Саме звалище розділено на 6 карт, по периметру яких знаходяться дренажні канали для збору фільтрату до відстійників (2 шт). Для розміщення різних видів відходів окремих майданчиків не зроблено. Пошарове складування відходів здійснюється частково, за наявності будівельних відходів і дорожнього змету. Дезбар'єри для запобігання виносу забруднювачів транспортними засобами за територію звалища відсутні. Накопичення побутових відходів значною мірою залежить від погодних умов, сезону року, ступеня благоустрою жилих будинків, рівня життя населення тощо. Густина ТПВ складає 190-230 кг/м³. Звалище експлуатується без дотримання необхідної технології, відсутня пошарова ізоляція заповнених карт.

З метою зменшення шкідливого впливу полігону на атмосферне повітря було запроваджено технології збору біогазу на полігоні, на жаль це єдиний полігон Вінницької області де запроваджена ця технологія. На сьогоднішній день пробурено та облаштовано 12 свердловин по відбору газу, прокладено колектори по відкачці газу загальною довжиною близько 1,3 км та встановлено газозбірну станцію зі станцією по збору конденсату. Відкачка газу становить близько 320 м³ на годину. На даний час у рамках виконання

програми Кіотського протоколу встановлено факельну установку по спалюванню полігонного газу. Факельна установка слугує для згорання газу, який містить метан, при температурі 1000°C . Високотемпературний факел оснащений всім необхідним для автоматичної роботи обладнання. При спалюванні в факелі відбувається зменшення викиду ПГ в атмосферу з перерахунку на вуглекислий газ в межах 21 разу [11].

Питомі інвестиції для впровадження збирання біогазу на полігонах становлять 100...120 тис. євро/т ТПВ. Вихід біогазу – $100\text{ м}^3/\text{т}$ ТПВ. Найбільш рентабельним є збирання біогазу на полігоні, де захоронено понад 5 млн. тонн відходів із висотою складування не менше 10 м. Переважно такі параметри мають полігони ТПВ міст із населенням більше 100 тис. чол. Оптимальний вік полігону для збирання біогазу – 5...10 років. При витраті біогазу не менше $500\text{ м}^3/\text{год}$, доцільним є встановлення когенераційної установки. Збір біогазу необхідно проводити протягом не менше 25 років після закриття полігону [12].

За даними, наведеними у Технічному звіті з оцінки потенціалу відновлювальної енергетики в Україні (Програма USELF) [9], тільки 100 із 700 існуючих великих полігонів є потенційно придатними для організації збору і утилізації біогазу. Рейтабельним виробництво електроенергії може бути практично лише на найбільших полігонах в країні, тому, що одним з основних критеріїв економічної доцільності є здатність полігону виробляти достатню кількість біогазу протягом 10 – 15 років [13]. Такі полігони функціонують біля міст з великою кількістю населення, яке прямо корелює з обсягами утворення і накопичення відходів. Найбільш перспективними серед таких є полігони від міст Чернівці, Дніпропетровськ, Донецьк, Орджонікідзе, Хмельницький та Львів. Загальний обсяг енергії, яка виробляється зі звалищного газу на цих полігонах, становить біля 48 МВт, коливаючись від 600 кВт до більш ніж 5 МВт на рівні індивідуальних майданчиків. На даних щодо обсягів накопичених відходів базуються розрахунки потенційної енергетичної потужності, але прогнозування об'ємів утворення біогазу

залежить від віку полігону, складу та товщини шару відходів, кількості опадів, тощо. Визначення енергетичного потенціалу полігонів часто базується на недостовірних даних про морфологічний склад та об'єм складування відходів, товщину їх шару, в районі полігонів відсутні системи моніторингу за емісіями біогазу, станом фільтрату [13,14].

Зазвичай, оператори полігонів не володіють повним об'ємом інформації, який необхідний для прогнозування об'ємів біогазу за відомими прийнятими математичними моделями. На більшості полігонах не ведуться дослідження динаміки метаноформуєчих факторів. Характер експлуатації полігону також здійснює значний вплив на процес газоутворення. Захоронення будівельних відходів у тілі полігону призводить до нерівномірного розподілу біогазу, а наявність гіпсу – до підвищеного вмісту корозійно-активного сірководню (H_2S) у складі біогазу. На полігонах виникають пожежі, що призводять до вигорання біогазу. При таких умовах частина полігонів з урахуванням вище перерахованих причин на думку багатьох експертів та спеціалістів непридатна для економічно обґрунтованої дегазації.

1.2 Захоронення відходів як джерело парникових газів

За всю попередню історію Землі зміни клімату були поза впливом людини, проте значне зростання утилізації енергії, головним чином у вигляді твердого палива, викидів із промислових підприємств, сміттєзвалищ, у сільському господарстві тощо, змінили хімію атмосфери зростанням концентрації ПГ, особливо вуглекислого газу, метану, які зумовлюють створення "парникового ефекту" та спричиняють глобальне потепління.

Відходи, які утворились у наслідок життєдіяльності захоронюють на звалищах і полігонах, цей спосіб. Хоча цей спосіб завдає значних санітарно-гігієнічних, а також екологічних проблем, приводить до значних втрат

природних, ґрунтових і водних ресурсів, піддає до загрози життя і здоров'я людей, приводить до виникнення незворотних процесів.

У загальнодержавних та місцевих засобах масової інформації, а особливо телевізійні програми, неодноразово порушувалось питання безпечного функціонування полігонів ТПВ, та висвітлювалася чітка позиція місцевих громад щодо консервації цих об'єктів і зведення до мінімуму їх негативного впливу на навколишнє природне середовище та здоров'я населення. Таку ситуацію найчастіше спостерігають на прикладі полігонів сміттєзвалищ Києва, Львова, Тернополя, Хмельницького, Рівного та багатьох інших обласних, а також районних центрів і селищ.

Дуже важливою є проблема – утворення ПГ (CH_4 , CO_2) у звалищах ТПВ – це зв'язано з тим, що у захоронених ТПВ, без доступу кисню відбуваються анаеробні процеси. При утворенні, такі гази потрапляють у ґрунт, також вони скупчуються у підвалах приміщень, цим самим наражаючи на надзвичайну ситуацію, оскільки процес самозаймання може трапитись влюбий момент. Самозаймання відбувається через високу температуру і приводить до погіршення екологічного стану у приміській зоні. Розповсюджуючись у вертикальному напрямку, звалищ ний газ, основним компонентом якого є метан спричинює отруєння, а також може призвести до загибелі рослинності. Якщо на території відсутній рослинний покрив, то починається ерозія ґрунту, відходи, які були захороненні, оголяються і виходять на поверхню.

Однак, однією з основних проблем є формування "парникового ефекту", тому полігони сміттєзвалищ є вагомим чинником його формуванні на регіонально рівні. За звітом від 2 лютого 2007 р. Міжурядової групи експертів з питань зміни клімату (IPCC). "саме збільшення викидів парникових газів внаслідок діяльності людини є найбільшою причиною зафіксованих кліматичних змін".

Найважливішим ПГ являється вуглекислий газ. За останнє століття концентрація CO_2 збільшилася на майже в половину, на сьогоднішній день

найбільший рівень за останні пів тисячі років. На думку вчених, спалювання такого палива, газ, нафта, вугілля, а також вирубування лісів, викиди із полігонів та звалищ ТПВ являються основними причинами підвищення концентрації вуглекислого газу.

З розвитком індустріалізації глобальні концентрації метану зросли у майже 2,5 раза, якщо порівнювати з доіндустріальним періодом.

Полігони ТПВ відіграють вирішальну роль у створенні парникового ефекту на регіональному рівні, оскільки викиди метану досягають майже 20 %, від його емісії і досягають загрозового рівня. Отже з точки зору екології ТПВ є досить суттєвим чинником на локальному рівні а саме являються джерелом ПГ [15].

Для вирішення глобальних екологічних проблем на конференції ООН з навколишнього середовища і розвитку в Ріо-де-Жанейро (1992 р.), у програмі дій "Порядок дій на ХХІ ст.", сказано про необхідність "... стабілізувати або скоротити впродовж погодженого періоду обсяг утворених відходів, що підлягають остаточному вилученню..."

Україна підписала Кіотський протокол до Рамкової конвенції ООН про зміну клімату (Кіотський протокол ратифіковано Законом N 1430-IV (1430-15) від 04.02.2004 р., це проект Концепції поводження з ТПВ. в Україна, як країна що підписала, прогнозується підвищення екологічної культури та освіти населення, створення правових та економічних передумов, які б могли дати змогу значно зменшити утворення ТПВ, та створити і запровадити сучасні технології поводження з ТПВ.

Згідно до Кіотського протоколу визначено шість основних ПГ, які дають внесок до парникового ефекту. Цими газами є:

- Діоксид вуглецю, CO_2
- Метан, CH_4
- Закис азоту, N_2O
- Гідрофторвуглецеві сполуки

- Перфторвуглецеві сполуки
- Гексафторид сірки, SF₆

Макрокомпонентами звалищного газу є метан (CH₄) і діоксид вуглецю (CO₂), їх співвідношення може змінюватися від 40 – 70% до 30 – 60% відповідно. В якості супутніх компонентів присутні азот (N₂), кисень (O₂), водень (H₂), а також різні органічні сполуки. Кількість звалищного газу, що утворюється, та концентрація метану залежать від вмісту органічних фракцій. Склад звалищного газу може нараховувати до 50 компонентів: алкани, циклоалкани, алкени, ароматичні та галогеновані вуглеводні, спирти, прості і складні ефіри, органічні складові та ін. Середньостатистичний морфологічний склад біогазу: азоту діоксин 0,6...0,71 %; аміак – 33...0,35 %; ангідрид сірчаний – 0,04...0,06 %; діхлордифторметан – 0,02...0,03 %; декан – 0,02...0,03 %; діхлоретан – 0,04...0,06 %; ізопропілбензол – 0,01 %; толуол – 0,08...0,1 %; метан – 55,1...72,6 %; пропан – 0,06...0,08 %; вуглеводні – 0,09...1,2 %; вуглецю діоксид – 10,1...22,2 %; хлор загальний – 0,01...0,06 %; хлор етан – 0,04...0,06 % та інші складові [4].

В нашій державі було створено Державну цільову економічну та науково-технічну програму поводження з ТПВ на 2010-2019 рр.. В даній програмі зазначено, що існуюча на сьогоднішній день практика поводження з ТПВ не забезпечує достатнього захисту населення і НПС від їх шкідливого впливу.

Головною перспективою розвитку сфери поводження з ТПВ має стати зменшення земельних площ, що відводять для звалищ ТПВ та унеможливлення негативного впливу звалищ і полігонів ТПВ на навколишнє середовище.

Зрозуміло, що лише винятково вивезення і захоронення відходів ніколи не забезпечить, а також, не зможе забезпечити необхідну мінімалізацію їхнього шкідливого впливу на довкілля, хоча цей спосіб ще довгий час займатиме перше місце поміж найпоширеніших способів знешкодження й

утилізації ТПВ. Досить велику увагу слід приділити проектуванню полігонів сміттєзвалищ як інженерно-екологічних спорудам.

Одним із найбільш актуальних та працюючих заходів є установка систем збору та утилізації біогазу на полігонах.

З екологічного погляду даний проект має чимало переваг:

1. Метан в результаті спалювання переходить у вуглекислий газ. Це сприяє поліпшенню клімату.

2. Зменшення ризику самозагорання ТПВ. Завдяки спалюванню метану на полігоні зменшується розповсюдження задимленості та чадних газів в населених пунктах, наближених до полігону.

3. Отруйні супутні гази на полігоні спалюються у високотемпературному факелі. Це зменшує забруднення атмосфери [11].

1.3 Проектування, будівництво та експлуатація систем збору і контролю біогазу на полігоні ТПВ

Для підготовка сучасного полігону ТПВ потрібно, щоб він був обладнаний ущільненням і гідроізоляцією дна, також обладнаний дренажною системою для відводу фільтраційних вод, а найголовніше були прокладені труби для збору утвореного біогазу.

Послідовність заповнення полігону відходів впливає на генерацію та умови збирання біогазу. Послідовність заповнення також впливає на систему управління ливневими водами, систему збирання біогазу та переміщення ґрунтів. Реалізація планової послідовності заповнення може сприяти ефективній експлуатації (особливо при вологій погоді), допомагає у оптимізації операцій заповнення, планування придорожніх та дренажних систем, а також сприяє розробці та реалізації довгострокових цілей експлуатації полігону ТБО.

Щоденна експлуатація має важливий вплив на потенціал збору біогазу. Область, де відходи вивантажуються, вирівнюються і ущільнюються,

називається активною або робочою ділянкою. Він повинен мати мінімальну площу для того, щоб відходи швидко ущільнювалися і покривалися, мінімізуючи тим самим інфільтрацію води, знос відходів з вітром, залучення гризунів і розповсюдження запахів. На робочій ділянці повинен підтримуватися невеликий нахил із застосуванням бульдозера або компактора для прискорення проникнення води та мінімізації, таким чином, утворення фільтрату.

Шар або підйом представляє собою ряд прилеглих робочих ділянок однієї висоти. Висота підйому, як правило, підтримується в діапазоні від 2 до 5 метрів, так як ці висоти не будуть викликати проблеми стійкості схилів, а також будуть сприяти ефективному ущільненню відходів. Кінцева поверхня формується в процесі додавання шарів. Глибина полігона не менше ніж 10 метрів рекомендується для більш швидкої генерації біогазу, тому що велика глибина відходів сприяє виникненню анаеробних умов. Велика глибина відходів також дозволяє організувати збір біогазу за допомогою меншого кількості вузлів.

Якщо газозбірні свердловини встановлюються на активних полігонах ТПВ, необхідно вжити заходів щодо захисту газозбірних труб від попадання повітря та можливих ушкоджень від впливу важкої техніки.

Щільність відходів, досягнута в процесі ущільнення, впливає на потенційну кількість біогазу, яка може утворитися протягом всього терміну існування полігону. Враховуючи, що полігони, як правило, проектуються на основі об'єму, збільшення щільності відходів дозволяє також розмістити більше відходів у заданому обсязі. Тому, чим більше маса відходів, розміщена на полігоні ТПВ, тим більше біогазу буде утворено. Ущільнення відходів також поліпшує анаеробні умови, необхідні для генерації біогазу, тому що при ущільненні зменшуються повітряні кармани в масі відходів. Поліпшення ущільнення відходів також забезпечує власників полігону та інших переваг, таких як обмеження проникності від масових відходів,

мінімізація засвоєння поверхні в процесі біологічного розкладу відходів, зниження потреби в закриваючих ґрунтах.

Щоденне покриття наноситься на поверхню робочого ділянки в кінці кожного дня. Основними цілями заповнення є зниження інфільтрації осадків, обмеження потоку поверхневих стоків, контроль запахів і гризунів, а також запобігання пожежним ситуаціям. Тимчасове покриття також сприяє генерації та більш ефективному збору біогазу. Використання щоденних часових покриттів відокремлює відходи з зовнішнього середовища, що є основною умовою для анаеробного розкладання відходів. Матеріал покриття також служить бар'єром, що обмежує викиди біогазу в атмосферу.

Декілька типів матеріалів можуть бути використані як щоденне покриття. У багатьох випадках вибір матеріалу залежить від локальної доступності та вартості. Типовим покривним матеріалом є ґрунт. Однак, є і інші використовувані матеріали, наприклад, глина, пісок або альтернативні покриття (наприклад, паперовий, формувальний пісок або забруднені ґрунти). Видалення важливо для продовження терміну служби полігону при обмеженні кількості матеріалу в обсязі полігону.

Проникність покривного матеріалу впливає на генерацію біогазу. Матеріали з великою проникністю, як у піску, забезпечують більш високі темпи проникнення вологи, що призводить до більш вологим відходам і збільшенню швидкості утворення біогазу. Використання матеріалів з малою проникністю, такими як глина, знижує вологість та інфільтрацію повітря в масі відходів.

Проміжні покриття використовуються на тих ділянках, де відходи не приймаються протягом тривалого періоду часу (наприклад, 1 рік), для забезпечення аналогічних захисних функцій. Проміжні покриття, як правило, мають товщину менше 1 метра і повинні бути видалені перед поновленням захоронення ТПВ. Видалення проміжного покриття відновлює доступну для ТПВ територію та зменшує кількість зон з накопиченням води, які можуть

виникнути на поверхні проміжного шару при використанні малопроникних матеріалів.

Якщо вода протікає крізь необроблені відходи, то утворюється особливо токсичний інфільтрат. В ньому окрім органічних рештків наявні важкі метали, пестициди, та інші небезпечні хімікати. Інфільтрат спричинює забруднення підземних вод, і таке забруднення виникає не лише в межах полігону. Ефективний дренаж фільтрату важливий для правильного функціонування полігону. Якщо система дренажу не працює, фільтрат буде накопичуватися в масі відходів, що призводить до нестабільності схилів і порушення роботи системи збирання біогазу.

Відповідні запобіжні заходи необхідні в процесі розробки як ручних, так і автоматичних систем фільтрування та збирання біогазу для попередження засмічення системи. Ще одним важливим фактором, що полягає в створенні резервуарів необхідного для зберігання та переробки фільтрів, що гарантують, що додаткові та невикористані обсяги фільтра витрати можуть бути ефективно розміщені та оброблені.

Ще одну серйозну небезпеку представляє займання. У той час, як пожежа на добре та правильних полігонах ТПВ трапляються рідко, їх часто можна побачити на неправильних або погано керованих звалищах. Попередження пожеж являє собою надзвичайну важливу задачу експлуатації на полігоні ТПВ не тільки тому, що виникає внаслідок очевидних порушень інфраструктури та схилів, але й ризику для здоров'я людини, безпеки навколишнього середовища. Пожежі можуть вплинути на потенціал збирання біогазу: або фізично знищити систему збору біогазу, або шляхом спалення органічних відходів, які і виробляють біогаз.

Існує два типи пожеж на полігонах ТПВ – поверхневі та внутрішні. Поверхневі пожежі можуть бути викликані завезеними і стікаючими відходами, легкозаймистими матеріалами.

Внутрішні пожежі можуть наблизитися до поверхні або бути глибоко в масі відходів. Такі пожежі вимагають значних кількостей ресурсів для їх

гасіння. Велика частина внутрішніх пожеж виникає в результаті інфільтрації повітря в масі відходів.

Умови експлуатації полігонів в країнах, що розвиваються зазвичай співпадають з некерованими і відкритим звалищами. Зберігання в цих умовах буде перешкоджати розвитку успішних біогазових проектів.

Будь який біогазовий проект включає проектування, установку і експлуатацію системи збору і контролю біогазу (GCCS). Роботою системи GCCS є видобуток біогазу з поширених відходів та передач на пристрій для спалювання або використання енергії. Типова система GCCS містить наступні основні компоненти: газозбірні свердловини, трубопровідні пристрої для біопостачання, системи відводу конденсаторів, вентилятори та факельні системи, а також система моніторингу та контролю.

GCCS системи вимагають належного проектування, будівництва та експлуатації обізнаним персоналом для вирішення виникнення проблем і одержання максимального результату.

Конструкція систем GCCS залежить від очікуваної величини збирання біогазу, типу та глибини відходів, місцевих умов та стану (відкритого або закритого полігону), а також загальних цілей біогазового проекту. На етапі строкування необхідно використовувати відповідні способи та процедури, забезпечені якістю для гарантування нормальної роботи та надійності системи. Нарешті, експлуатація системи визначає успіх любого проекту [15].

Збір газу починається в свердловинах, в які потрапляє біогаз із товщі відходів. Над поверхнею газозбірної свердловини обладнана оголовком для регулювання ведення рідини та відведення проби біогазу. Орієнтація цих джерел може бути в вертикальній або горизонтальній відстані. Рішення використовувати вертикальні та / або горизонтальні колодязі залежить від індивідуальних особливостей полігону та цілей біогазових проектів.

Діаметр буріння вертикальних свердловин зазвичай знаходиться в діапазоні від 20 до 90 см, при цьому встановлюються труби діаметром від 5 до 15 см. В якості мінімального рекомендується діаметр буріння 30 см і

діаметр центральної труби 10 см. Розміщення та відстань між вертикальними свердловинами на полігоні залежить від різних факторів, у тому числі:

- Глибини відходів
- Глибини свердловини
- Рівня фільтрату
- Степені ущільнення відходів
- Тип кожного дня засипки (якщо використовується)
- Наявність фінального покриття
- Цілей проекту збору біогазу

Горизонтальні шахти можуть бути встановлені в процесі захоронення відходів. Такі свердловини використовуються тоді, коли бажано збирати біогазу до закриття полігону. Горизонтальні свердловини поміщаються в траншею в межах товщини відходів [16].

Оголовки свердловин, як правило, розташовані над поверхнею для забезпечення можливості регулювання газового тиску та відбору проб біогазу. Оголовки складаються з наступних частин: регулююча засувка, порт для моніторингу та, в деяких випадках, вимірювач газового потоку. Засувка дозволяє регулювати розрядження в кожній окремій свердловині. Оголовки свердловини часто поставляються кількома портами для вимірів, при цьому цей портал може одночасно визначати температуру, тиск і склад біогазу.

Трубопроводи призначені для транспортування біогазу з окремих вугільних газодувок і факелу. Трубопроводи повинні забезпечувати передачу необхідного об'єму біогазу, зменшити до мінімуму втрати тиску та забезпечити необхідне розрядження в окремих свердловинах. Первинні бічні відводи труб об'єднують кожну свердловину з вторинними трубопроводами більшого діаметра. У свою чергу вторинні труби подають біогаз в магістральні трубопроводи, які транспортують весь газ, зібраний у свердловинах.

Трубопроводи повинні бути розраховані на передбачуваний максимальний витрата біогазу для того, щоб зменшити до мінімуму

майбутню модернізацію системи у разі, якщо кількість біогазу буде збільшуватися. Трубопроводи можуть бути встановлені над поверхнею або на певній глибині.

Після того як біогаз збирається і подано за межі тіла полігону, з нього необхідно видалити залишкову воду та тверді частки. Видалення вологи та парів необхідне для зменшення абразивного та агресивного дії сирої біогазу на вентиляцію та інших компонентів системи, а також забезпечення ефективного спалювання у факелі або другій установці. Тверді частинки звичайно видаляють із застосуванням механічного фільтра. Найбільш поширеним пристроєм для контролю вологості є сепаратор вологи, що представляє собою великий циліндричний посуд, що зменшує швидкість біогазу і стимулює тим самим конденсацію парів води. Для додаткового осушування та видалення часток використовується уловлювач краплинної вологи, що представляє собою екран із мілкої дротяної або пластикової сітки, через яку пропускається вологі біогаз. При цьому відділяються і збираються капельки води, які були занадто малими для випадання в сепараторі. Екран з дротяної сітки може бути підданий корозії. Така система також відсіює інші частки, що містяться в біогазі.

Типова система управління конденсатом перекачує зібраний конденсат в один або кілька резервуарів для зберігання перед очищенням, повторним використанням або видаленням. Зібраний конденсат звичайно змішується з фільтратом перед очищенням або переробкою.

Газодувка та факельна установка є важливою частиною системи GCCS. Газодувка забезпечує розрядження, що використовується для відкачування біогазу з потік відходів. Вона також забезпечує необхідний тиск на факел або пристрій для видобутку енергії.

Після очистки біогаз подає на газодувку, на вході якої існує розряд, що відповідає вимозі оптимального збирання біогазу. Вихідний тиск газу регулюється відповідно до потреби в часі або енергетичному пристрої. Біогаз звичайно проходить через систему обліку для вимірювання швидкості потоку

біогазу. Основний пристрій обліку – витратомір. В системах безперервного моніторингу метану необхідно вимірювати масове витрачання метану в біогазі. Моніторинг особливо важливий у разі, якщо полігон виконує зобов'язання щодо збирання біогазу або бере участь у проєкті скорочення викидів ПГ.

Існує два типу факельних пристроїв: відкритий факел (свіча) і закритий факел (наземний факел). Відкриті факели складаються з довгої вертикальної труби, пальників та обмежувача вогню. Відповідним чином проєктовані та експлуатовані відкриті факели можуть досягати ефективності спалювання 98%. Вони, як правило, значно менше, ніж закриті факели. Відкриті факели менше коштують, прості в установці та в експлуатації в порівнянні з закритими факелами.

Закриті факели, відповідним чином проєктовані і експлуатовані, можуть досягти ефективності деструкції метану 99% або більше. Одним істотним недоліком цього типу пристроїв є те, що вони дорожчі у встановленні та експлуатації, ніж відкриті факели.

Як правило, система GCCS працює на постійній основі. Тем не менш, умови на полігоні ТПВ постійно змінюються, змінюється в часі і кількість збирного біогазу, що також відрізняється для різних ділянок полігону. Зміна умов на полігоні ТПВ можуть відбуватися за різними причинами, наприклад, за:

- Інфільтрація повітря через покриваючий шар ґрунту
- Різні кількості вивізних відходів та їх віку
- Зміна атмосферного тиску
- Кількість коливань атмосферних осадків та вологи відходів
- Зміни складу відходів
- Степінь ущільнення

Ці зміни вимагають проведення періодичного моніторингу та регулювання розвантаження на кожній свердловині для того, щоб підтримувати або збільшити ефективність збирання, запобігати розвитку

надмірного розряду, мінімізувати проблеми, пов'язані з викидами біогазу або потенційною його міграцією, а також для оптимізації параметрів енергетичного біогазового проекту. Місцеві або національні норми можуть також впливати або навіть визначати правила експлуатації та технічного обслуговування.

Моніторинг повинен проводитися з достатньою частотою, забезпечуючи оптимальне експлуатацію та ефективне технічне обслуговування системи. Як правило, процедура моніторингу включає перевірку параметрів біогазу на оголовках свердловин та огляду поверхонь відходів. Типові параметри контролю оголовків свердловин включають:

- Об'ємна витрата газу
- Концентрацію метану
- Концентрація кисню
- Концентрацію вуглекислого газу
- Концентрація балансових газів (звичайно азот)
- Температура
- Тиск

Під час запуску необхідно контролювати різні аспекти роботи системи збору біогазу для забезпечення її безперебійної експлуатації, включаючи положення шиберів регулюють засувки клапанів свердловинного поля, засувки на магістральних трубопроводах, подачу палива на розпалювання факела (наприклад, пропану). Оператори також повинні стежити за можливими витокami газу в процесі запуску. Після того, як отримано стабільне горючий факел, оцінюються тиск і витрата біогазу в системі [17].

2 ВИЗНАЧЕННЯ ЕМІСІЇ МЕТАНУ ТА ІНШИХ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ ЗА РІЗНИМИ МОДЕЛЯМИ

Одним з основних нормативних документів з оцінки емісії метану з місць видалення відходів є «Національний Кадастр антропогенних викидів ...» (2015) [18]. Основу розділу по оцінці емісії метану з місць захоронення ТПВ складають, зокрема, роботи С.Л. Шмарина (з співавторами) [19, 20]. Досить детально питання адаптації методик оцінки емісії біогазу зі звалищ та полігонів ТПВ до українських умов викладені в роботах Ю. Б. Матвєєва і А. Ю. Пухнюка [21, 22], а також в дослідженнях Агентства по захисту навколишнього середовища США [17, 23].

Слід зазначити, що розглянуті нижче методики оцінки емісії біогазу з місць захоронення ТПВ називаються «моделями», хоча в основу їх покладена одна модель – анаеробної деструкції органічної речовини з утворенням відповідних продуктів розкладання.

В даний час найбільш використовуваними в світі моделями для оцінки емісії біогазу та / або його компонентів є наступні:

1) модель, запропонована Міжурядовою групою експертів зі зміни клімату (МГЕЗК, ІРСС) [19];

2) модель емісії біогазу (Landfill Emission Gas Model – LandGEM) [20], розроблена Агентством по захисту навколишнього середовища США і адаптована до українських умов (Ukraine LFG Model) [18] в рамках програми U.S. EPA's Landfill Methane Outreach Program (одна з так званих LMOP's Models).

2.1 Національна модель

Оцінка емісії метану з місць захоронення ТПВ проводиться за Національною багатокомпонентною моделі на основі методу загасання першого порядку третього рівня деталізації (далі – Національна модель), яка розроблена в Інституті технічної теплофізики НАН України. Дана модель використовується в розрахунках викидів метану при складанні Національного кадастру [18]. Модель заснована на залежності утворення метану від характеристик відходів і умов поховання, які визначають проміжний розрахунковий показник – кількість органічного вуглецю, здатного біологічно розкладатися і, відповідно, переходити в метан. Основою для розробки Національної моделі є методика оцінки емісії метану, запропонована Міжурядовою групою експертів зі зміни клімату (МГЕЗК) [24] і розробки [23].

Емісія метану з місць захоронення відходів ($Q(t)^{em}$) розраховується наступним чином:

$$Q(t)^{em} = [Q(t) - R] \cdot (1 - OX), \quad (2.1)$$

де $Q(t)$ – кількість метану, що утворюється за час, t ; R – маса зібраного (рекуперованого) метану, t ; OX – фактор окислення метану (через відсутність даних = 0).

Таким чином, за умови відсутності системи збору і утилізації біогазу на полігонах ТПВ емісія метану повністю визначається величиною освіти в тілі полігону ($Q(t)$).

Виділення метану при похованні ТПВ, вивезених за поточний і попередні роки, розраховується як

$$Q(t) = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n A \cdot k_j \cdot MWS_i \cdot MWS_{i,j} \cdot L_{0i,j} \cdot e^{-k_j(t-x)}, \quad (2.2)$$

де A – нормалізуючий множник, який визначається за формулою (2.3)

$$A = (1 - e^{-k_j}) / k_j, \quad (2.3)$$

де k_j – постійна темпів утворення метану для j -го компонента ТПВ, рік⁻¹ (табл. 1); MWS_i – загальна маса ТПВ, похованих в рік i , т / рік; $MWS_{j,i}$ – зміст j -го компонента в ТПВ в i -му році, %; t – розрахунковий рік (якщо необхідно провести розрахунки за один рік, то $t = 1$), рік; x – період, за який вносяться дані, рік; $L_{0,j,i}$ – потенціал утворення метану в рік i , тСН₄/тТПВ:

$$L_{0,i,j} = DOC_j \cdot DOC_F \cdot F \cdot 16/12 \cdot MCF_i, \quad (2.4)$$

де DOC_j – загальна кількість органічного вуглецю, здатного біологічно розкладатися, в j -ой фракції, тс/тТБО; DOC_F – частина вуглецю, яка бере участь в реакціях розпаду ($DOC_F = 0,5$); F – вміст метану в біогазі ($F = 0,5$); $16/12$ – коефіцієнт перерахунку вуглецю в метан; MCF_i – фактор корекції утворення метану, що залежить від умов захоронення ТПВ (табл.2.1).

Як видно з наведених рівнянь, кількість метану, який утворюється в місцях захоронення ТПВ, залежить від ряду факторів, що характеризуються певною специфікою на національному та регіональному рівнях: морфологічний склад і зміст біорозкладного вуглецю в окремих компонентах ТПВ, а також умови захоронення ТПВ (природні і технічні).

Таблиця 2.1 – Значення показника MCF_i [19]

Типи полігонів і звалищ	MCF_i
Керовані анаеробні	1,0

Керовані пів анаеробні	0,5
Некеровані глибокі	0,8
Некеровані неглибокі	0,4
Некласифіковані	0,6
Середнє значення для України, починаючи з 2008	0,726

Основним джерелом вуглецю для утворення метану є компоненти ТПВ, які містять біодоступний вуглець: папір і картон, харчові та садово-паркові відходи, деревина, текстиль, а також шкіра, гума та засоби особистої гігієни, виділені в якості окремих компонентів порівняно недавно. Їх пропонується враховувати в Керівних принципах (2006) [24], тоді як в Керівних принципах (2000) виділялися лише чотири компоненти, а папір і текстиль об'єднувалися в одну категорію (хоча, як видно з табл. 2.2, значення DOC_j для даних категорій різні).

Показник k_j – це одна з констант моделі, яка визначає швидкість розкладання відходів і продукування біогазу. k_j визначається покомпонентно і залежить від таких факторів, як вологість, рН відходів, вміст біогенних елементів і температура [23, 24], тобто частково від кліматичних особливостей території, де розташоване місце поховання ТПВ (табл. 2.3).

Використання національних коефіцієнтів k_j дозволяє зменшити оціночну величину емісії метану на 10-18% і отримати дещо інше розподіл даного параметра в часі. Більш повільне розкладання забезпечує більш низьку емісію метану в найближчі роки, яка в подальшому буде трохи вище.

Визначення потенціалу утворення метану $L_{0,j,i}$ (формула (2.4)) проводиться покомпонентно і, в кінцевому підсумку, залежить від умов захоронення відходів (показник MCF_i , табл.2.1) і змісту біорозкладаючого вуглецю (DOC_j , табл. 2.2).

Значення $MCF_i = 0,6$ для некласифікованих полігонів і звалищ рекомендується користуватися за замовчуванням в разі відсутності інформації про розподіл місць поховання за першими чотирма категоріями. Як видно з табл. 2.1, уточнення даного параметра для України підвищує точність розрахунків.

Таблиця 2.2 – Вміст біорозкладних компонентів в загальній масі ТПВ [18]

№	Компонент	DOC_j , тС/тТПВ	Вміст компонентів ($MWS_{j,i}$), %		
			Східна Європа	Україна	Вінницька область
I	Папір і картон	0,40	21,8	14,6	15,0
II	Текстиль	0,24	4,7	4,0	3,0
III	Харчові відходи	0,15	30,1	33,1	27,5
IV	Деревина	0,43	7,5	1,7	2,5
V	Садово-паркові відходи	0,2	–	3,8	3,0
VI	Засоби особистої гігієни	0,24	–	1,1	–
VII	Шкіра, гума	0,39	1,4	1,7	1,9

Морфологічний склад ТПВ є визначальним фактором при утворенні метану в місцях поховання відходів. Від нього залежить маса біорозкладного вуглецю, який трансформується (з різною швидкістю) в метан та інші ЗГ.

Як видно з табл. 2.2, використання деталізованих даних про морфологічному складі ТПВ також підвищує точність розрахунків.

Таблиця 2.3 – Значення показників k_j на різних рівнях деталізації

№	Компонент	$k_j, \text{рік}^{-1}$		
		типові значення [19]	Україна [18]	Вінницька область [18]
I	Папір і картон	0,06	0,048	0,024
II	Текстиль	0,06	0,048	0,024
III	Харчові відходи	0,185	0,110	0,120
IV	Деревина	0,03	0,024	0,012
V	Садово-паркові відходи	0,1	0,07	0,06
VI	Засоби особистої гігієни	0,1	0,048	0,120
VII	Шкіра, гума	–	0,048	0,012

2.2 Модель IPCC

Рівняння для оцінки емісії метану згідно моделі IPCC також має вигляд рівняння (2.1). Кількість утвореного метану $Q(t)$ розраховується за формулою (2.5)

$$Q(t) = DDOC_m \cdot F \cdot 16/12, \quad (2.5)$$

де $DDOC_m$ - загальна маса вуглецю, що біологічно розкладається, яка знаходиться по серії рівнянь [17].

2.3 Модель LandGEM

Модель для розрахунку емісії метану LandGEM, розроблена Агентством по захисту навколишнього середовища США, також ґрунтується на рівнянні розкладання (загасання) першого порядку. Так, емісія метану від місць захоронення ТПВ (Q_{CH_4}) описується рівнянням [20]

$$Q_{CH_4} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0,1}^1 kL_0 \left(\frac{M_i}{10} \right) e^{-kt_{ij}}, \quad (2.6)$$

де n – період часу, за який розраховується емісія метану; k – коефіцієнт генерації метану, рік⁻¹; L_0 – потенціал утворення метану в рік i , тCH₄/тТПВ; M_i – маса ТПВ, похованих в рік i , т / рік; t_{ij} – ввік j -ї частки маси відходів M_i , захороненої в рік i .

Рівняння (2.6) для розрахунку емісії біогазу (Q_{LFG}), адаптоване для України (Ukraine LFG Model), виглядає наступним чином [18]:

$$Q_{LFG} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0,1}^1 2kL_0 \left(\frac{M_i}{10} \right) e^{-kt_{ij}} \cdot MCF \cdot F, \quad (2.7)$$

MCF – де поправочний коефіцієнт метаноутворення;

F – поправочний коефіцієнт для загоряння.

На відміну від прототипу, в українській моделі також опрацьовані значення параметра k , який залежить від кліматичних особливостей території і категорії відходів (виділено 4 категорії за швидкістю розкладання).

Територія України поділяється на 4 кліматичних регіону в залежності від середньодобової температури і суми опадів за рік [27, 18]. Однак слід зазначити, що недоліком запропонованого районування території України на

основі кліматичних характеристик є їх прив'язка до адміністративно-територіальним районам. Наприклад, Одеська область характеризується значущими кліматичними відмінностями північній і південній частині, однак для всієї території присвоюється єдиний набір значень параметра k .

В роботі [18] представлені середні значення параметра k для 4-х категорій відходів з урахуванням площі регіонів, яким присвоюються певні значення k (табл. 2.4).

В адаптованому варіанті моделі LandGEM параметр також переглянутий у залежності від категорії відходів на підставі польових досліджень морфологічного складу ТПВ окремих міст України. На основі даних про морфологічному складі ТПВ областей України [25], методом середньозваженого нами визначено середні значення параметра k і L_0 (табл. 2.4).

У вихідній моделі (2.6) параметри k і L_0 залежать від типу полігону. Як бачимо з табл. 2.4, визначення параметрів k і L_0 для регіонів України значно підвищує точність розрахунків. Якщо зіставити середні значення параметрів і запропоновані за умовчанням, то видно, що ТПВ України характеризуються дещо меншим потенціалом емісії метану, а швидкість розкладання органічної складової трохи вище.

Як і в Національній моделі, значення параметра MCF також визначаються типом звалища і, в основному, відповідають табл. 2.1.

Коефіцієнт F залежить від площі і повноти вигорання відходів на звалищі, пропорційно чому зменшується емісія біогазу. В роботі [19] для забезпечення консервативної оцінки біогазового потенціалу звалищ України пропонується значення $F = 0,8$.

Таблиця 2.4 – Значення параметрів k і L_0 (прийняті або розраховані [18, 19])

Категорія відходів	k , рік ⁻¹	L_0 , м ³ /т
1 (дуже швидко розкладаються)	0,135	69

2 (швидко розкладаються)	0,068	126
3 (середньо розкладаються)	0,027	214
4 (повільно розкладаються)	0,0135	201
Середнє для України	0,0948	112,3
Значення в моделі LandGEM (типіві) [20]	0,05	170

Для моделей IPCC і LandGEM розроблені автоматизовані інструменти на основі електронних таблиць MS Excel, що дозволяють здійснювати розрахунки і створювати графічний матеріал. Інструмент LandGEM Version 3.02 дозволяє проводити розрахунок емісії не тільки метану, але і діоксиду вуглецю, а також неметанових летких органічних сполук (НЛОС) (в т.ч. по конкретним речовин). Величина емісії діоксиду вуглецю та НЛОС залежить від результатів розрахунку емісії метану за рівнянням (2,5). У IPCC Waste Model і LandGEM Version 3.02 є функції, що дозволяють працювати з промисловими відходами як джерелом парникових газів.

2.4 Уточнення параметра *MCF*

Поправочний коефіцієнт для метану (*MCF*). Питання визначення поправочного коефіцієнта для метану в оцінці викидів ПГ від звалищ ТПВ є принциповим, оскільки його величина відображає стан умов поховання відходів і розкладання в них органічної речовини (аеробних або анаеробних) і впливає на величину викидів ПГ.

Згідно з методологією МГЕЗК поправочний коефіцієнт для метану може коливатися в межах 0,4 – 1,0 в залежності від умов розкладання органічної речовини на звалищах. Відповідно до звалища ТПВ можуть бути керованими або некерованими. На керованих звалищах поховання відходів повинна відповідати сучасній технології поводження з відходами (пошарове складування, продування, пресування, обов'язкове покриття, утилізація

звалищного газу і очищення фільтрату). Розуміється, що на керованих звалищах розкладання органічних речовин відбувається в анаеробних умовах, а що виділяється в процесі розкладання метан утилізується.

З приводу поділу звалищ ТПВ в Україні на керовані, некеровані глибокі і некеровані неглибокі, а також щодо величини поправочного коефіцієнту для метану MCF , характерного для країни, в 2007 р було отримано експертний висновок. Відповідно до нього, істотну частину українських полігонів представляють звалища, стихійно утворені в 60-70-і рр. на місці глиняних або піщаних кар'єрів, в ярах або ж на плоскій ділянці поверхні в безпосередній близькості від кордонів міст. В результаті практично всі звалища, розташовані біля міст з населенням 50 тис. осіб і більше, являють собою великі освіти з глибиною відходів більше 5 – 10 метрів і за класифікацією можуть бути віднесені до неконтрольовані глибоким звалищ ($MCF = 0,8$). Звалища, утворені містами і населеними пунктами міського типу з населенням менше 50 тисяч людей не досягають глибини 5 метрів і за класифікацією [1] можуть бути віднесені до неконтрольованих неглибоких звалищ ($MCF = 0,4$). Також в Україні є полігони, які можуть претендувати на статус керованих. Це – інженерні споруди, побудовані після 1986 року в містах: Київ, Харків, Дніпропетровськ, Луганськ, Черкаси, Чернівці, Івано-Франківськ, Луцьк, Ялта.

У Національному кадастрі [18] для 2013 р пропонується середнє значення $MCF = 0,726$. Там же зазначено, що звалища, розташовані поблизу міст з населенням 50 тис. чоловік і більше, являють собою освіти з глибиною відходів більше 5 – 10 м і можуть бути віднесені до некерованих глибоким звалищ ($MCF = 0,8$). Звалища близько населених пунктів з кількістю жителів менше 50 тис. Не досягають глибини 5 м і можуть бути віднесені до некерованих неглибоким звалищ ($MCF = 0,4$). До керованих полігонів ($MCF = 1,0$), згідно з [24], відносять контрольовані місця видалення відходів, коли відходи направляються на спеціальні майданчики, де в певній мірі контролюються викиди і захист від загоряння і повинна дотримуватися хоча

б одна з умов: укриття відходів, механічне ущільнення або пошарове укладання.

3 ОЦІНКА ЕМІСІЇ МЕТАНУ ВІД МІСЦЬ ЗАХОРОНЕННЯ ВІДХОДІВ У ВІННИЦЬКІЙ ОБЛАСТІ

3.1 Загальна характеристика проблеми захоронення твердих побутових відходів у Вінницькій області

Накопичення ТПВ у Вінницькій області та всіх регіонах України в цілому характеризується тим, що найбільш густо населених та індустріально розвинутих регіонах з більшим відсотком міського населення обсяги відходів, що накопичуються, значно вищі, ніж у сільськогосподарських.

За даними статистичного збірника «Довкілля України» і Регіональних доповідей, ми охарактеризували загальну ситуацію, що склалася з відходами в Вінницькій області і порівняли її з суміжними областями України – Одеською, Житомирською, Хмельницькою та Черкаською областями (табл. 3.1).

Аналізуючи дані з табл. 3.1, видно, що найбільша кількість відходів утворюється в Одеській області і складає 30,03 тис. т на 100 тис. населення, у Вінницькій області утворюється 13,1 тис. т на 100 тис. населення, що у 2 рази менше, ніж в Одеській області, та майже у 8 рази менше, ніж у Хмельницькій області, де їх утворилося найменше. Взагалі у Вінницькій області утворилося 1,2 % від загальної кількості ТПВ по Україні.

Маючи інформацію про кількість населення по областях України, нами визначене утворення ТПВ у перерахунку на 1 людину за рік (табл. 3.1). Як бачимо, у Вінницькій області цей показник складає майже 100 кг і є одним із найменших, тоді як в середньому по Україні – 325 кг. Що стосується видалення відходів у спеціально відведені місця та об'єкти (рис. 3.1), то лідером є Хмельницька область, яка видаляє 98,8 % усіх своїх відходів. Найменша кількість відходів видаляється на полігони та сміттєзвалища у Вінницькій області, що складає 65,8 % від загальної кількості утворених відходів.

Таблиця 3.1 – Дані щодо утворення та видалення ТПВ та подібних до них відходів у спеціально відведені місця за 2014 рік

Назви областей	Утворено ТПВ, т	Видалено відходів у спеціально відведені місця та об'єкти	Утворено, у % від загальної кількості по Україні	Видалено, у % від загальної кількості по Україні	Утворення ТПВ, т/людину за рік
Вінницька область	209784,7	137942,0	1,195	2,340	0,131
Житомирська область	196555,6	175415,8	1,829	2,977	0,157
Одеська область	719587,5	481530,7	6,695	8,170	0,303
Хмельницька область	311626,6	307817,4	2,899	5,222	1,006
Черкаська область	287764,6	254871,2	2,677	4,324	0,229
Україна	10747973,0	5893817,1	100	100	0,252

Що стосується решти відходів Вінницької області, то є інформація про впровадження практики роздільного збирання побутового сміття: у м. Бар встановлено смітесортувальну лінію. Роздільним збиранням ТПВ займаються підприємства: м. Могилів-Подільський, Споживче товариство "Заготпромторг", м. Калинівка, комунальне підприємство "Житловик". Але, можливо, така різниця між кількістю утворених та видалених відходів пояснюється недоліками у системі обліку кількості відходів.

За даними статистичної звітності Мінрегіону України за 2012 рік (табл. 3.3) , виконана порівняльна оцінка Вінницької області з іншими за показниками кількості і площі, зайнятої полігонами та звалищами.

Як видно з табл. 3.2, найбільшу площу ці місця займають в Одеській області, але за кількістю лідером є Вінницька область.

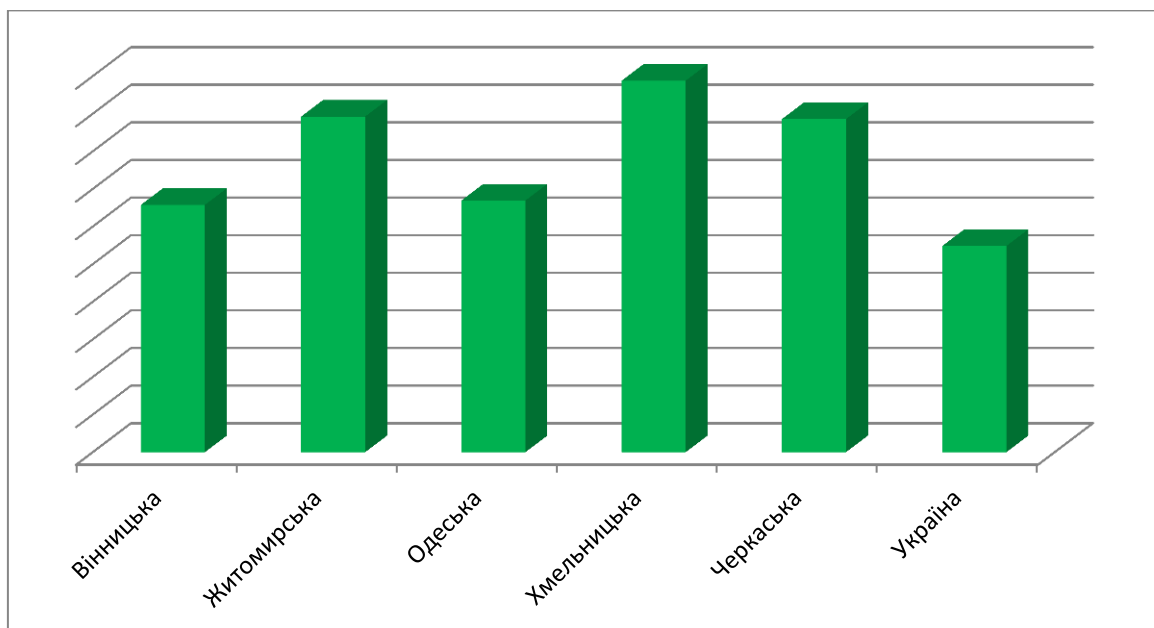


Рисунок 3.1– Видалено відходів у спеціально відведені місця та об'єкти, у % від загальної кількості утворених відходів у області

Таблиця 3.2 – Загальна площа полігонів та звалищ (2012 рік)

№	Області	Площа області, га	Загальна кількість полігонів, всього	Загальна площа полігонів та звалищ, га
1	Вінницька	2 651 300	770	731,9
3	Одеська	3331000	563	978,1
4	Житомирська	2983200	452	499,46
5	Хмельницька	2062900	36	133,75
6	Черкаська	20900000	21	131,2
7	Україна	60362800	5727	10340,49

Представимо ці показники у відносних одиницях (рис. 3.2 та 3.3). Як бачимо, найбільший відсоток площі території звалища та полігони займають в Одеській (0,29 %) та Вінницькій (0,28 %) областях, в Україні площа зайнята полігонами та звалищами складає 0,17 % від загальної площі. Отже, зробимо висновок про те, що місця видалення відходів у Вінницькій області

займають майже у 1,5 рази більший відсоток площі, ніж в середньому по Україні. Найбільша кількість полігонів на 100 тис. жителів спостерігається у Вінницькій області – 48, в Черкаській області на 100 тис. населення припадає лише 0,17 полігону. Середня кількість полігонів на 100 тис. населення по Україні складає 13. Отже, у Вінницькій області достатньо багато місць видалення відходів.

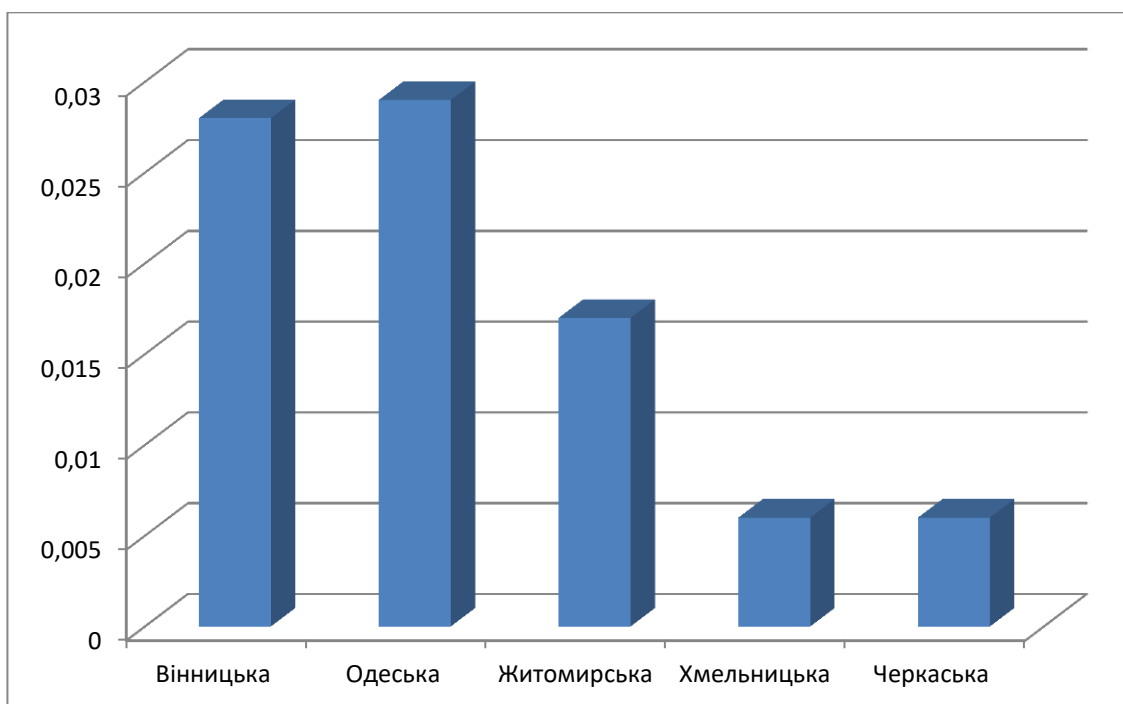


Рисунок 3.2 – Відносна площа, зайнята полігонами та звалищами по областях України, у %

У Вінницькій області проживає 1,602 млн. чоловік, які разом з промислово-господарським комплексом утворюють щорічно близько 173157,9 т ТПВ, які розміщуються на 770 полігонах загальної площею 731,9 га. З цього обсягу майже 63 % відходів видалено на полігони та звалища. Більшість полігонів та звалищ ТПВ не відповідають природоохоронним та будівельним вимогам, працюють з перевантаженням.

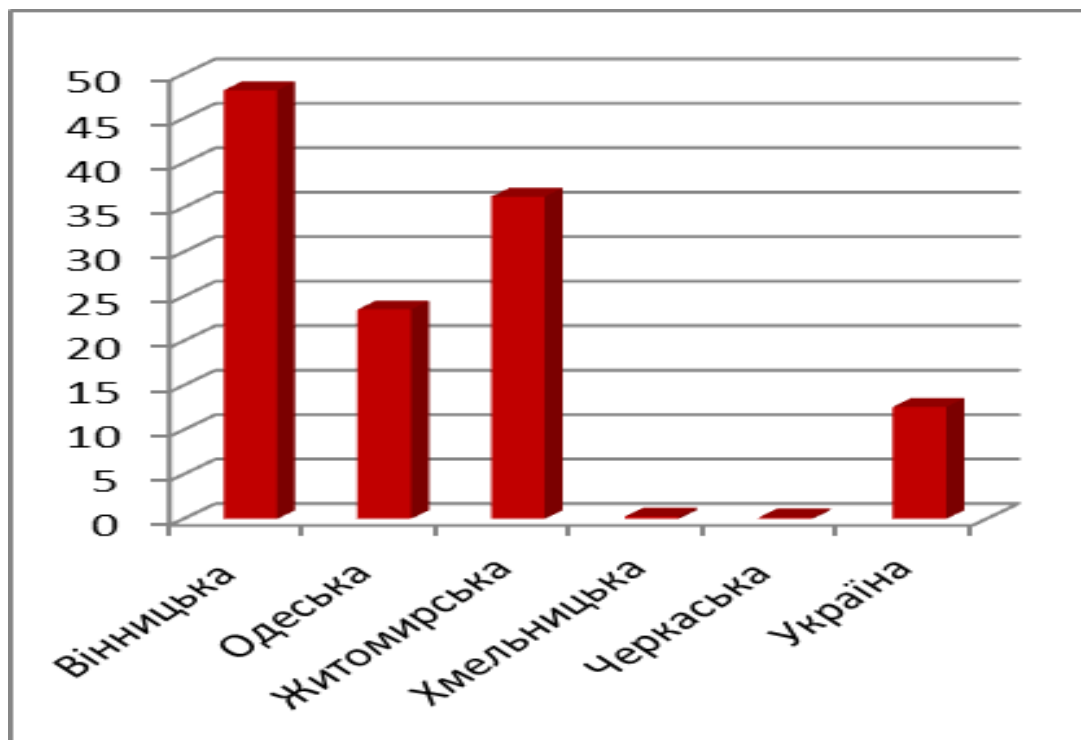


Рисунок 3.3 – Кількість полігонів на 100 тис. населення

Як відомо, ТПВ утворюються не тільки від жилого фонду, табл. 3.3, але й від громадських установ табл. 3.4.

Для будинків з гарним добробутом та сміттєпроводом норма накопичення ТПВ на 15% вища, ніж для таких же будинків без сміттєпроводу.

У документі «Про затвердження норм утворення твердих побутових відходів для населених пунктів України» рекомендована середньодобова норма утворення відходів на одного мешканця складає 0,77 кг, а середньорічна 304,5 кг на одного мешканця для упорядкованих будинків з щільністю відходів 230,0 – 105,0 кг/м³, для неупорядкованих рекомендована середньодобова норма утворення відходів на одного мешканця складає 0,96 кг, а середньорічна 350,4 кг з щільністю – 250,0 – 130,0 кг/м³, що свідчить про те що об'єми накопичення ТПВ у Вінницькій області, не перевищує рекомендовані норми утворення відходів, але перевищують рекомендовану щільність відходів. Для будинків приватного сектора з присадибними ділянками рекомендовані норми відповідно складають 1,26 кг та 460 кг, з щільністю 319,4 – 164,3 кг/м³ [25].

Таблиця 3.3 – Об'єми накопичення ТПВ у Вінницькій області
(житлові приміщення)

Об'єкти утворення відходів	Норма накопичення ТПВ на одного мешканця				Щільність, кг/м ³
	Середньодобова		Середньорічна		
	Кг	дм ³	Кг	дм ³	
Будинки з гарним добробутом без відбору харчових відходів	0,49-0,51	2,12-2,19	190-195	770-820	230-250
Будинки з поганим добробутом без відбору харчових відходів	0,93	2,57	340	940	360
Будинки приватного сектору з присадибними ділянками	1,5	3,29	550	1200	460

Таблиця 3.4 – Об'єми накопичення ТПВ у Вінницькій області
(нежитлові приміщення)

Об'єкти ТПВ	Розрахункова Одиниця	Середньодобова		Середньорічна		Щільність, кг/м ³
		Кг	дм ³	кг	дм ³	
Лікарні	одне ліжко	0,64	2,16	235	0,79	300

Поліклініки	один візит	0,01	0,05			200
Готелі	одне місце	0,25	18	90	0,43	210
Гуртожитки	–	0,25	18	90	0,43	210
Санаторії	–	0,69	2,47	250	0,9	270
Дитячі садки	–	0,33	1,08	79	0,26	300
Школи	один учень	0,08	0,38	20		210
Профучилища	–	0,42	1,66	100	0,4	250
ВНЗ і технікуми	–		0,46	24	0,11	220
Театри і кіно	одне місце	0,06	0,28	20		200
Заклади	один робітник	0,27	1,18	70	0,3	230
Ресторани	одна страва	0,09	0,27			300
Кафе, їдальні	–	0,05	0,17			300
Продмаги	1м ² . торг. Площі	0,16	0,8	50	0,25	200
Продмаги		0,32	1,42	100	0,44	230
Базари		0,09	0,22	33	0,8	400
Склади	м ² площі	0,09	0,22	33	0,8	400
Вокзали		0,36	1,37	130	0,05	260

3.1.1 Стисла характеристика найбільших полігонів

ТПВ м. Вінниця захоронюються на полігоні, який розташований за межами с. Стадниця Вінницького району і функціонує з 1984 року.

Вивозити відходи на цей полігон ТПВ заборонено ще у 1994 р., але експлуатація триває і по сьогодні. Щороку з міста Вінниці вивозиться близько 600 тис. м³ побутових відходів, що приблизно складає 92 тис. тон. На сьогоднішній день тіло полігону має площу 16 га, де накопичено близько 13 млн. м³ відходів (табл. 3.5).

На сьогодні відходи розміщують за межами полігону, а сам полігон не повністю огорожений. За інформацією міського відділу з благоустрою на полігон вивозиться до 1,5 тис. м³ ТПВ або 250-260 тон щодоби. За весь період експлуатації полігону на ньому розміщено більше 7,5 млн. м³ відходів

та утворилося біля 10 тис. м³ фільтрату, що є продуктом гниття відходів та дуже токсичним для довкілля.

Схожа ситуація і на сміттєзвалищах інших міст Вінницької області. А, саме на сміттєзвалищі м. Немирова не створено обвалування, гідроізоляції та не дотримуються санітарні і будівельні норми експлуатації полігонів, фільтрат попадає в підґрунтові води і стікає в ставки.

На полігоні не проводяться роботи з попередження пожеж та відтоку біогазу, мають місце активні виділення метану, аміаку, сірководню, чадного та вуглекислого газу, індолу, скатолу, метилмеркаптану, які при відповідних концентраціях токсично діють на людину [26].

Беручи до уваги подібну недбалість господарювання владних структур і надзвичайно низьку інформованість населення, проблема Стадницького полігону ТПВ загнана в глухий кут. На сьогоднішній день на Стадницькому полігоні ведуться роботи, спрямовані на зменшення негативного впливу на довкілля, проте вирішити питання закриття цього полігону та облаштування нового вирішити ще не вдалось. Подібна ситуація складається із іншими найбільшими полігонами.

За інформацією наведемо узагальнену інформацію про стан найбільших полігонів Вінницької області (табл. 3.6).

Таблиця 3.5 – Характеристика існуючого полігону ТПВ поблизу
с. Мала Стадниця

Введення в експлуатацію (рік)	1984 рік
Загальна площа сміттєзвалища	16 га
– площадка для обслуговування сміттєзвалища	3 га

– використано	100%
– резерв	0%
Джерела прибуття ТПВ на полігон	багатоповерхова та приватна забудова, комерційні та некомерційні організації та підприємства
Відстань від основних районів вивозу сміття до полігону ТПВ	27 км.;
ділянка експлуатується	24 роки;
дороги та сполучення до сміттєзвалища в задовільному стані;	
середня частота заїздів автомобілів на звалище на день	2 – 3 рази;
щільність сполучення	11 авто./ годину;
Ущільнення	Базисне
Кількість сміття, що зберігається на даний час:	
– не ущільнених	7,5 млн.м ³
– ущільнених	4,9 млн.м ³
вивіз сміття на день (не ущільнено), м ³ .	1500 м ³
вивіз сміття на 2005 рік, м ³ .	330035 м ³ .
коефіцієнт ущільнення	2 – 4;
Ущільнювачі сміття, інші машини: бульдозери Т-130	2 шт. (1 непридатний);
персонал:	8 чоловік
Витрати на управління (% співвідношення до загальних витрат)	39,7%;

Таблиця 3.6 – Характеристика найбільших полігонів Вінницької області

Назва	Термін експлуатації	Площа, га	Обсяг відходів	Утилізація ТПВ
-------	---------------------	-----------	----------------	----------------

Стадницький	1984 – 1994 (діюче)	16	12,4 млн. м ³ , 350 тис. м ³ /рік (2004)	когенераційна установка, сміттесортувальна лінія
Ладиженський	1984 – 2000 (діюче)	3,4	130 тис. м ³ , 11 тис. м ³ /рік	будівництво сміттепереробного заводу з установкою піролізу
Хмільницький	н/д	4	27,7 тис. м ³ /рік	будівництво сміттесортувальної станції
Немирівський	н/д	2,8	92 тис. м ³ 2,5 тис. м ³ /рік	–
Крижопільській	н/д	5	320000 т	будівництво сміттесортувальної станції

Ще однією проблемою поводження з відходами є стихійні сміттєзвалища. Щороку під час весняних акцій з благоустрою їх виявляється та ліквідується близько 2000. Крім відповідного розділу Регіональної програми охорони навколишнього природного середовища управліннями та відділами адміністрацій та міських рад міст обласного підпорядкування, до чийх повноважень відносяться питання комунального господарства, розроблені програми поводження з побутовими відходами. Інфраструктура у сфері поводження з побутовими відходами складається з спеціалізованих комунальних підприємств, що створені при міських та селищних радах, на їх балансі знаходяться звалища побутових відходів.

Полігон ТПВ м. Ладижин площею 3,4 га з проектним обсягом видалення відходів 200 тис. м³ також відноситься до проблемних місць захоронення у Вінницькій області. Цей полігон почали експлуатувати з 1984, а нормативний термін експлуатації становить 16 років. Але експлуатація полігону й досі триває, оскільки ємність полігону не вичерпана повністю. На сьогодні там накопичено близько 130 тис. м³ ТПВ.

Внаслідок надходження до полігону ТПВ значної кількості органічних відходів і не пересипання їх землею відбувається витік метану на поверхню звалища, який в теплу пору року сприяє самозайманню відходів. Через цей міська влада м. Ладизин змушена виділяти до 100 тис. грн. на ліквідацію таких пожеж щороку.

Окрім цього, внаслідок вільного вивантаження відходів із сміттєвоза на звалище туди можуть потрапити небезпечні чи отруйні відходи, а легкі фракції часто виносяться вітром за межі сміттєзвалища, що є недопустимим.

Окрім цього, дно полігону не має ізоляційного шару (як це має бути у відповідності до проекту), який унеможливував би потенційний контакт ТПВ та фільтрату сміттєзвалища і навколишнього середовища, особливо природних вод. Це особливо актуально, оскільки на відстані 200 м від полігону знаходяться ставок, а на відстані 1170 м – р. Південний Буг.

Моніторинг якості підземних та поверхневих вод, ґрунтів та атмосферного повітря не здійснюється, що не дає можливості оцінити потенційний негативний вплив полігону на довкілля. Серед удосконалень необхідно вказати, що навколо полігону виконане обвалування для попередження рознесення відходів за межі полігону, а у 2007 р. було здійснено реконструкцію під'їзних шляхів до полігону.

Варто звернути увагу також на відсутність законодавства та заходів, спрямованих на мінімізацію утворення ТПВ. Полігон ТПВ м. Ладизин не відповідає нормам екологічної безпеки, про що було вказано раніше. У м. Ладизин були спроби ефективного поводження з ТПВ: наприклад, встановлено більше 20 контейнерів для окремих видів відходів. Але це, в основному, створено за ініціативи приватних осіб та не мало широкого розповсюдження. Переважна більшість природоохоронних заходів орієнтовані на поліпшення нинішнього стану, а не на мінімізацію утворення відходів. Отже, є значні перспективи для розвитку наукових та прикладних досліджень у цьому напрямку.

Під звалища і відвали забираються все нові (несанкціоновані) ділянки землі, площа яких становить 731 га, тоді як в 2004 оці становили 450 га, а у 1996 р. вони займали лише 110 га. Щороку в області виявляють до 1450 ділянок, зайнятих стихійними сміттєзвалищами, які поглинають все нові території, тенденція яких збільшується. В більшості районних центрів (Гайсин, Тиврів, Козятин, Піщанка, Муровані-Курилівці, Могилів-Подільський, Чернівці, Чечельник) полігони для складування ТПВ взагалі відсутні, а в інших містах, селищах міського типу і селах полігони не відповідають діючій документації й вимогам екологічного законодавства. За еколого-економічними підрахунками місцевих науковців, для створення сміттєпереробного заводу європейського зразка на Вінниччині потрібно до 30 млн. гривень. На жаль, ні державна влада, ні місцеві підприємці (бізнесмени) цих коштів виділити не можуть. Правда, були спроби створити спільне підприємство з Німеччиною з відповідним фінансуванням для будівництва сміттєпереробного заводу і навіть запустити його в дію, але за угодою ФРН дане підприємство повинно було переробляти до 40% відходів, завезених з її території.

Стратегія поводження з ТПВ включає такі стадії:

- 1) попереднє сортування ТПВ населенням у спеціалізовані контейнери в процесі збирання відходів;
- 2) транспортування ТПВ із місць збирання до їх полігонів;
- 3) тимчасове складування ТПВ на полігонах із завершальною стадією їх сортування;
- 4) утилізація паперових, металевих, скляних та пластмасових (пластикових) відходів на спеціалізованих підприємствах;
- 5) утилізація органічних та горючих відходів на сміттєпереробних заводах [27].

3.1.2 Просторово-часові закономірності розміщення звалищ і полігонів у Вінницькій області

Проаналізуємо часові зміни кількості місць видалення відходів у Вінницькій області за 2005-2015 роки (рис. 3.4).

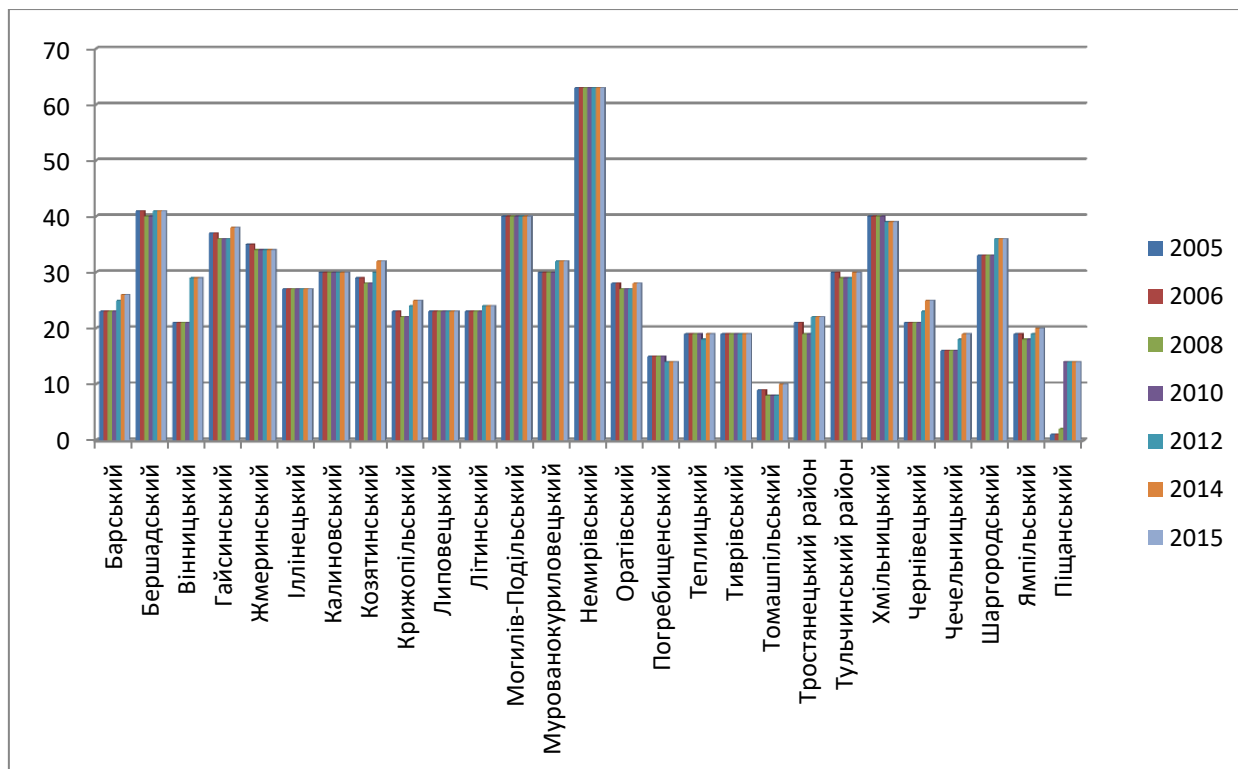


Рисунок 3.4 – Часові зміни кількості місць видалення відходів у Вінницькій області за 2005-2015 роки

В Іллінецькому, Калинівському, Липовецькому та Могилів-Подільському районах за даний проміжок часу кількість місць видалення відходів не змінювалась. Різке збільшення кількості спостерігається у Піщанському та Вінницькому районах, якщо в останньому кількість сміттєзвалищ збільшилось на 6, то у Піщанському районі різниця між 2005 та 2015 роком складає 13 сміттєзвалищ. В інших районах не спостерігається різких змін.

Нами зібрана інформація про місця віддалення ТПВ по районах Вінницької області. Аналіз табл. 1 показав, що найбільшу площу звалища займають в Бершадському районі (46,57 га), а найменшу – в Піщанському (1,5 га). Найбільша кількість звалищ знаходиться в Немирівському районі –

63, а найменше – в Піщанському – 2. Кількість смітєзвалищ ТПВ, згідно переліків, наданих райдержадміністраціями, становить 722. Так, найбільша відносна площа, зайнята відходами, спостерігається в Погребищенському районі – 0,073%, а найменша – у Піщанському районі – 0,0025 %. В середньому по Вінницькій області цей показник складає 0,023 % .

Як бачимо, за період 2010-2012 відбулося збільшення кількості місць видалення відходів, в основному, за рахунок Піщанського (з 1 до 14) та Вінницького (з 21 до 29) районів. В Іллінецькому, Калинівському, Липовецькому та Могилів-Подільському районах за даний проміжок часу кількість місць видалення відходів не змінювалась, а по інших районах – змінювалась незначно. У Погребищенському районі кількість місць захоронення ТПВ навіть скоротилася на 1 од.

Проведемо аналіз використання земель для видалення ТПВ у межах Вінницької області за набором показників, що містяться в роботі [28]: 1) площа, яка зайнята під ТПВ станом на 1.01.2011 [29]; 2) кількість звалищ станом на 1.01.2011 [29]; 3) частка площі району, зайнята місцями видалення відходів, %; 4) кількість полігонів (звалищ) у перерахунку на 1 тис. мешканців; 5) динаміка зміни кількості місць видалення відходів за 2010-2014 рр.; 6) середня площа одного полігону (звалища); 7) щільність місць захоронення ТПВ, тобто їх кількість на одиницю площі району. На відміну від наведеного у роботі [28] переліку, окремі показники відсутні або трансформовані з урахуванням наявної інформації.

Проаналізуємо отримані показники та зробимо деякі узагальнення (табл. 3.7).

Найнижчими показниками площі та кількості місць видалення відходів в абсолютних та відносних показниках характеризується Піщанський район. Проте, за період з 2010 по 2014 рр. різко збільшилася кількість звалищ. Тому можемо припустити, що така позиція Піщанського району (по даним за 2010 р.) обумовлена тим, що не всі місця захоронення ТПВ були на обліку [29].

Таблиця 3.7 – Характеристика використання земель Вінницької області під захоронення ТПВ за окремими показниками

Показник	Значення		
	Максимальне	Мінімальне	Середнє
Площа звалищ, га	46,57 (Бершадський)	1,5 (Піщанський)	25,07
Кількість звалищ	63 (Немирівський)	2 (Піщанський)	26,3
Частка площі, зайнята звалищами, %	0,0519 (Тростянецький)	0,0025 (Піщанський)	0,0258
Кількість звалищ на 1 тис. мешканців	1,82 (Немирівський)	0,04 (Піщанський)	0,706
Динаміка зміни кількості звалищ за 2010-2014 рр.	12 (Піщанський)	- 1 (Погребищенський, Хмельницький)	2,3
Середня площа 1 звалища, га	2,338 (Тростянецький)	0,582 (Погребищенський)	0,990
Щільність, од./ км ²	0,049 (Немирівський)	0,003 (Піщанський)	0,0265

Максимальна площа звалищ відмічалася у Бершадському районі і в два рази вища за середнє по області. Максимальна кількість звалищ спостерігалася у Немирівському районі, що у 2,5 рази вище за середнє по області. Немирівський район також є лідером і за похідними показниками – кількістю на 1 тис. мешканців та щільністю місць видалення ТПВ. Окремо необхідно сказати за Тростянецький район, що характеризується найбільшою середньою площею одного полігона – 2,338 га, що у 2,3 рази вища за середнє по області. Тут також спостерігався найвищий відсоток площі, зайнятої місцями видалення ТПВ – 0,0519 % (у 2 рази вище за середнє по області).

За отриманим масивом даних з використання земель для видалення відходів проведемо районування території Вінницької області. Для цього оберемо метод кластерного аналізу, реалізація якого виконана за допомогою

пакету прикладних програм Statistica 7.0. Метод кластеризації – k -середніх. При обробці масиву даних була використана заміна відсутніх даних середніми значеннями. Задана кількість кластерів – 5. При такій заданій кількості кластерів спостерігаються найкращі результати об'єднання у групи зі значущою різницею між отриманими кластерами за показниками, що розглядаються. Результати об'єднання адміністративних районів в кластери та узагальнені характеристики груп наведені у табл. (див. Додаток Б).

Як бачимо з табл. 3.8, кластери 1 і 2 достатньо близькі за усередненими значеннями показників, що їх описують. Але якщо площа і кількість звалищ в абсолютних показниках для 2-го кластеру дещо більша, то у відносних – навпаки. Окремо виділяється кластер 4, який характеризується найнижчими значеннями показників, окрім динаміки, що є найбільшою і свідчить про недосконалість системи обліку місць захоронення ТПВ, оскільки їх кількість є достатньо постійною у часі в реальних умовах. Найгірша ситуація з використанням земель для захоронення ТПВ характерна для районів, що об'єднані у 3-й кластер з найбільшими значеннями показників, що розглядаються. Особливістю 5-го кластеру є те, що кількість звалищ є однією з найнижчих, проте вони достатньо великі за площею. Так, для групи характерна найбільша середня площа одного полігону – 1,52 га, що в 1,6 разів вища за аналогічний показник у кластері 4.

Результати районування території Вінницької області за ситуацією з використанням земель для захоронення ТПВ за допомогою кластерного аналізу представлені на рис.3.5 [25].

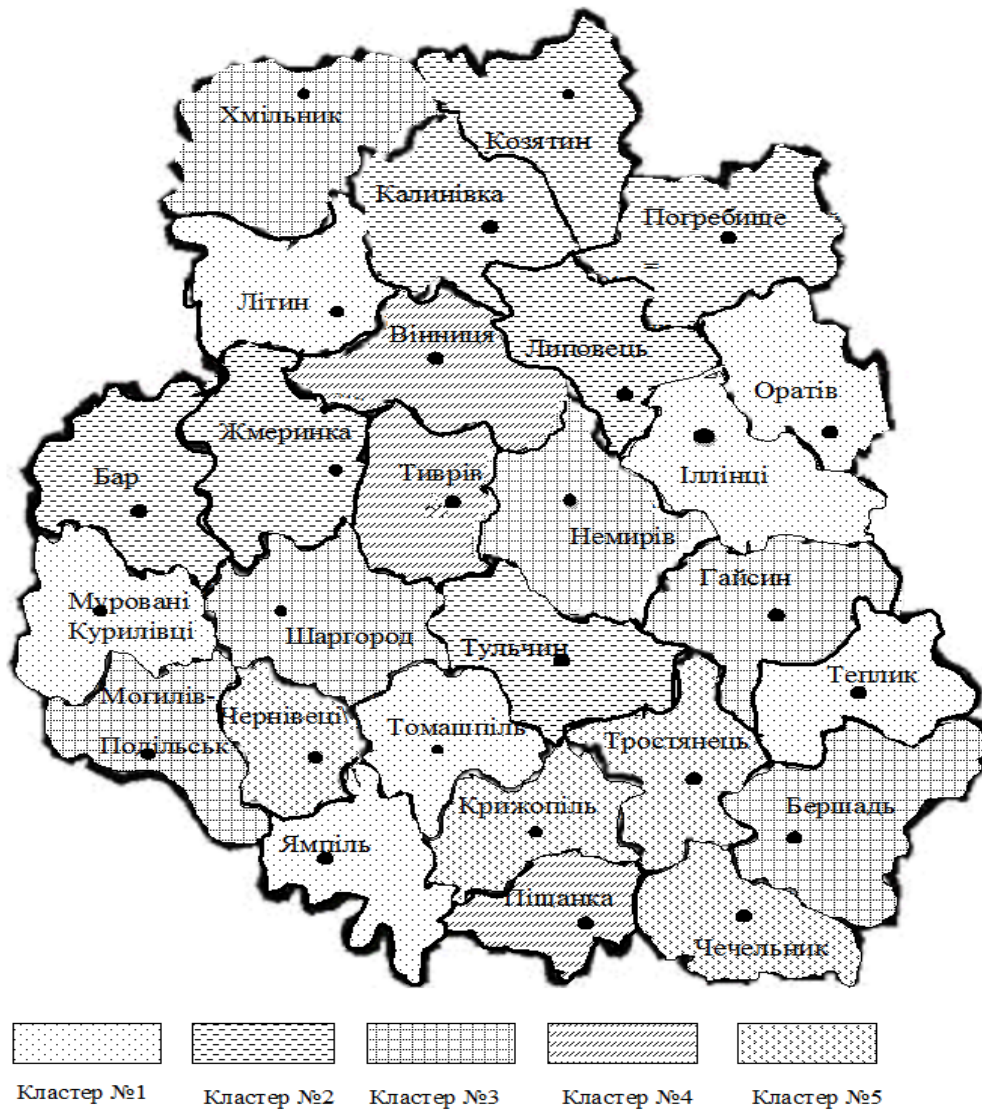


Рисунок 3. 5 – Районування території Вінницької області за використанням земель для захоронення ТПВ

3.2 Розрахунок емісії метану за Національною моделлю

Для уточнення значення параметра MCF для Вінницької області представимо розподіл річного обсягу ТПВ по полігонах та звалищах області з урахуванням фактичної кількості поступання відходів на найбільші звалища (рис. 3.6).

Відповідно до представленої розподілу (рис. 3.6), значення параметра MCF для Вінницької області становить 0,55.

Результати розрахунку величини емісії метану в результаті розміщення річних (за 2014) обсягу ТПВ Вінницької області на звалищах і полігонах представлені в табл. 3.1. Розглянемо розрахунку величини емісії метану по кожному з компонентів (табл. 3.8 та рис 3.7)

Динаміка емісії метану за період 2015-2094 рр. у місцях захоронення ТПВ Вінницької області при розміщенні на них річного обсягу ТПВ представлена на рис. 3.8.

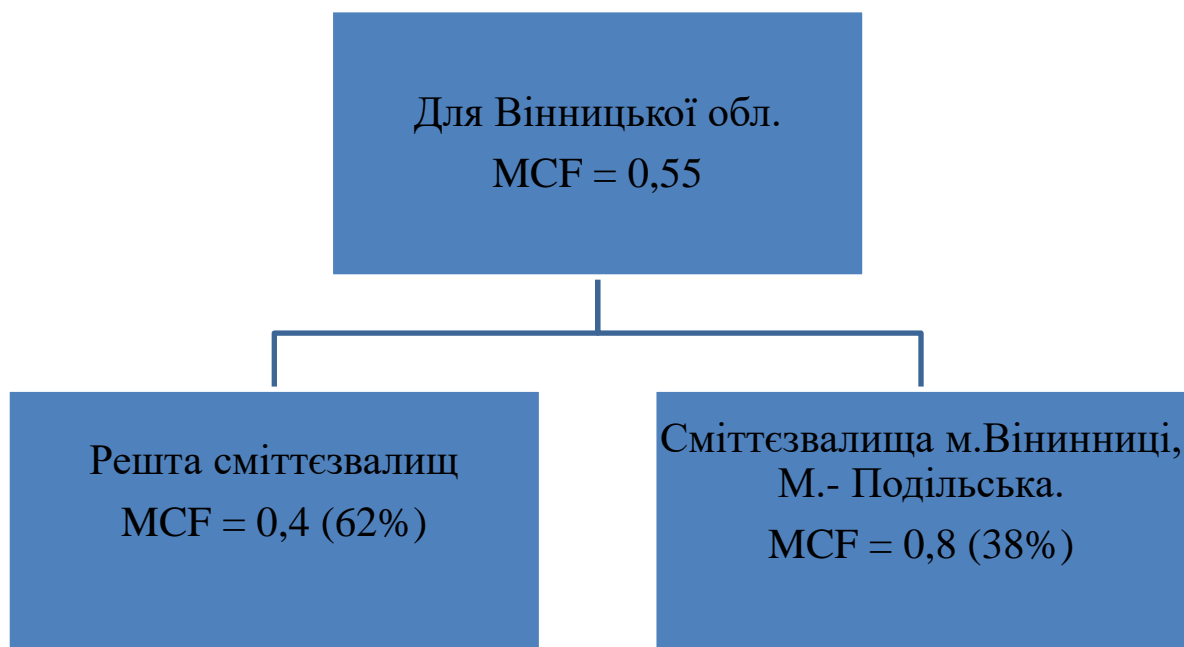


Рисунок 3.6 – Розподіл річного обсягу ТПВ Вінницької області по полігонах та сміттєзвалищах

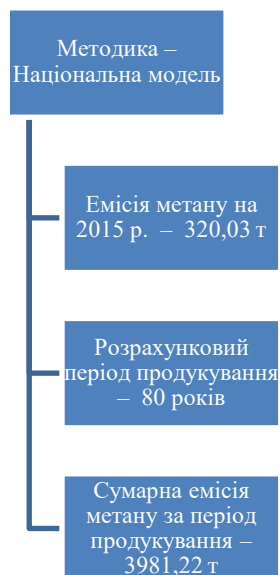


Рисунок 3.7 – Результат розрахунку емісії метану від захоронення річного обсягу (за 2014) ТПВ Вінницької області

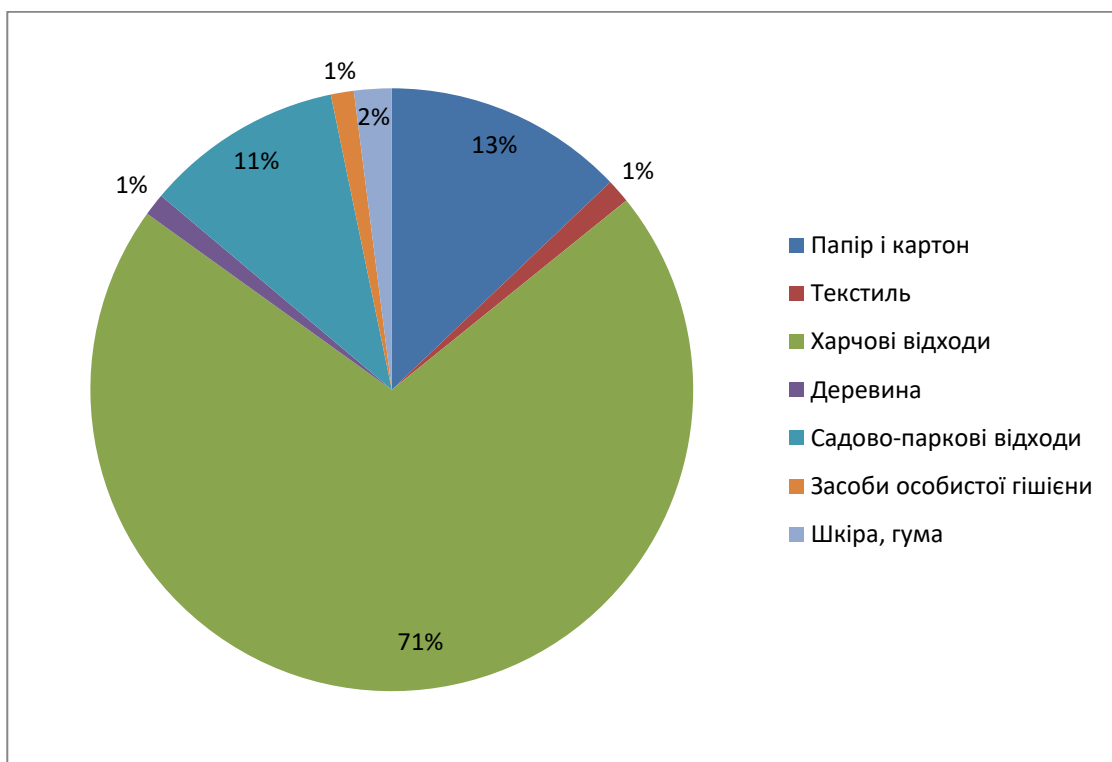


Рисунок 3.8 – Внесок окремих компонентів ТПВ в утворення метану (за Національною моделлю)

Аналізуючи отримані результати, можна сказати, що значний вплив на емісію метану при захороненні річної маси. ТПВ мають харчові відходи. При їх розкладанні продукується майже 71% метану. Найменший вплив має такий компонент ТПВ, як деревина.

Таблиця 3.8 – Результати розрахунку емісії біогазу від компонентів ТПВ

Компоненти	Папір і картон	Текстиль	Харчові відходи	Деревина	Садово-паркові відходи	Засоби особистої гігієни	Шкіра і гума
Емісія метану на 2015 р., т	41,23	4,12	226,08	3,83	33,94	4,12	6,70

Проаналізувавши рис. 3.9, видно, що з кожним роком маса біогазу, яка виділяється з річного об'єму ТПВ буде зменшуватися. На жаль, Національна модель не враховує те, що найбільш інтенсивно процес біоконверсії відходів відбувається в перші 5 років, за які виділяється близько 50% повного запасу газу, ось чому на рис. 3.3 не спостерігаються «пік», а експоненціальне зниження [30].

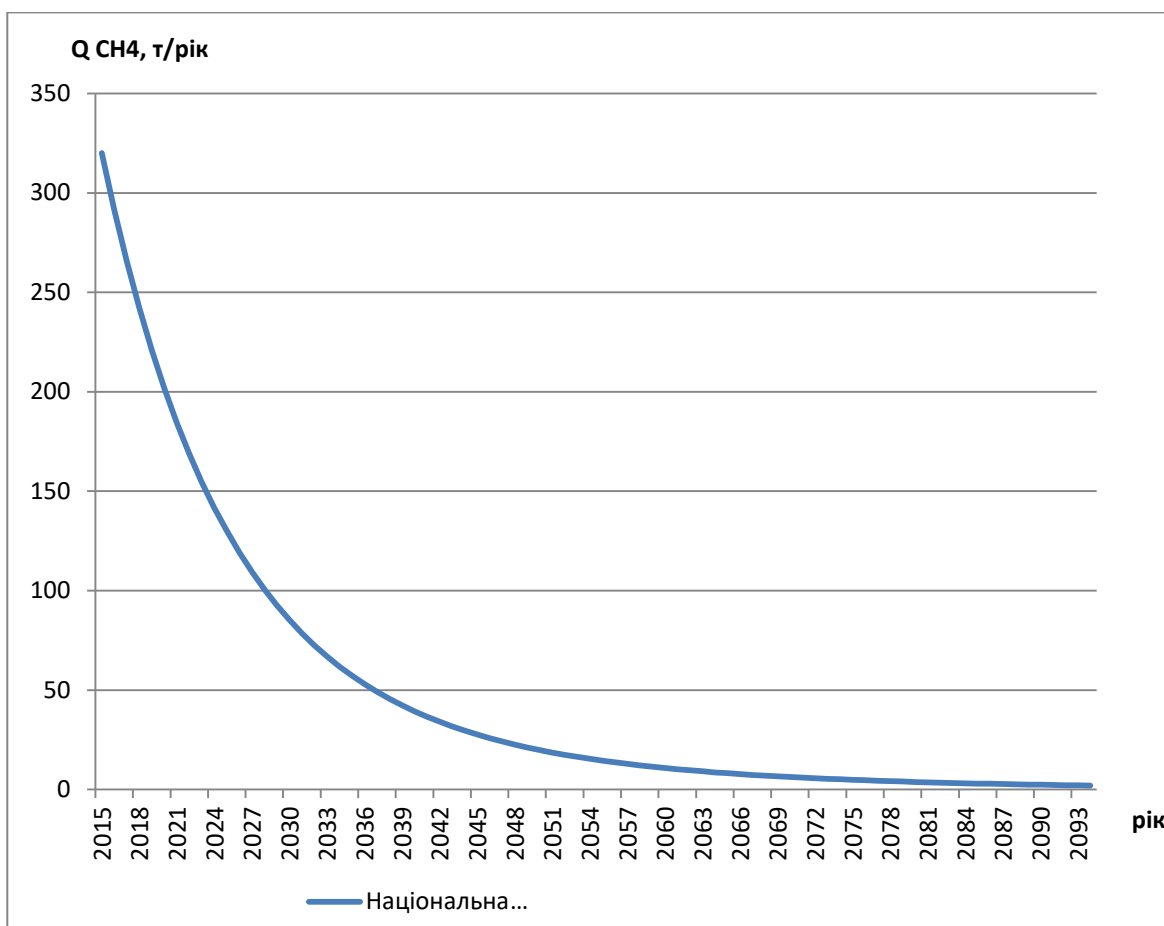


Рисунок 3.9 - Динаміка емісії метану за період 2015-2093 рр.

3.3 Розрахунок емісії метану за IPCC моделлю

Емісію метану від місць захоронення ТПВ можна визначати за рік або за багаторічний період. При їх визначенні необхідно користуватися даними щодо кількості захоронених відходів, їх складу тощо за попередні роки. Отже параметром, який треба вибрати для визначення емісії метану від місць захоронення відходів, є період формування масиву даних для розрахунків.

На рисунку 3.10 представлені результати розрахунків від річного обсягу відходів.

Щоб краще зрозуміти ці дані, представимо наші результати у вигляді кривої, рис.3.11.

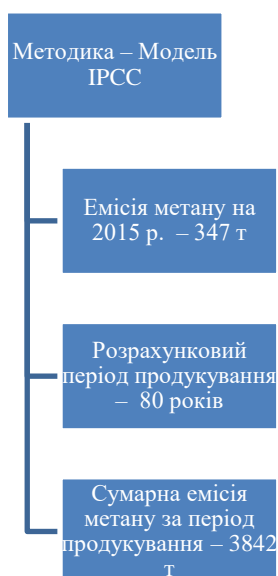


Рисунок 3.10 - Результат розрахунку емісії метану від захоронення річного обсягу (за 2014) ТПВ Вінницької області

Розрахунки за IPCC моделлю, як і розрахунки за Національною моделлю проводилися для умов захоронення річного обсягу відходів з використанням даних по морфологічному складу ТПВ Вінницької області, констант швидкості розкладання, які відповідають кліматичним умовам території. Щоб зрозуміти, яка з методик підходить краще, потрібно порівняти їх результати.

В результаті розрахунків по Національній методикою, видалення річної маси ТПВ призведе до утворення 320,03 т за перший рік розміщення і 3981,32 т метану за 80 років розкладання на звалищах і полігонах області. Застосування моделі IPCC дало можливість отримати такі результати: 347 т метану за перший рік розміщення і 3842 т за 80 років [30].

Таким чином, застосування двох методик дає близькі результати, зобразимо їх у вигляді двох кривих рис.3.13

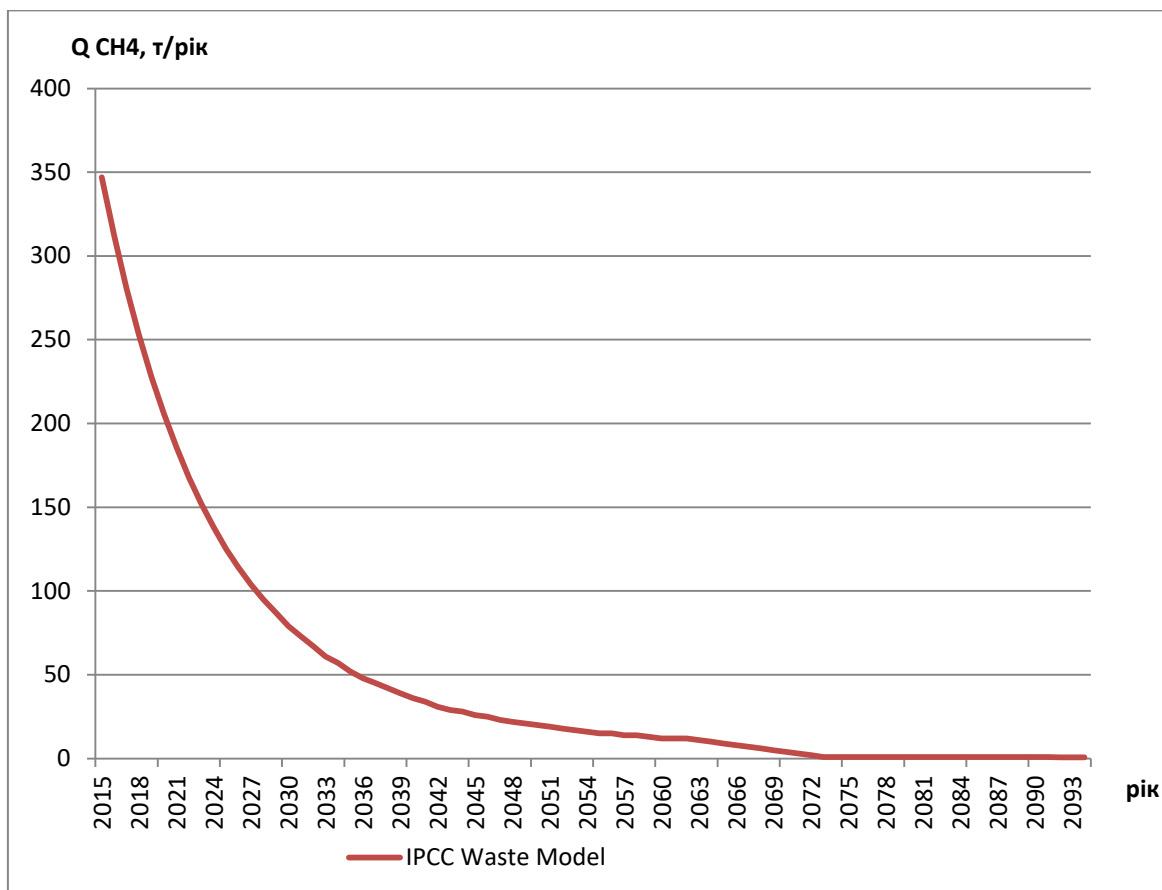


Рисунок 3.11 – Динаміка емісії метану за період 2015-2093 рр.

Проаналізувавши рис. 3.13, видно, що з кожним роком кількість біогазу, яка виділяється з річного об'єму ТПВ, буде зменшуватися. На жаль, ці методики не є досконалими, як було вже сказано, вони не враховують пік виділення біогазу.

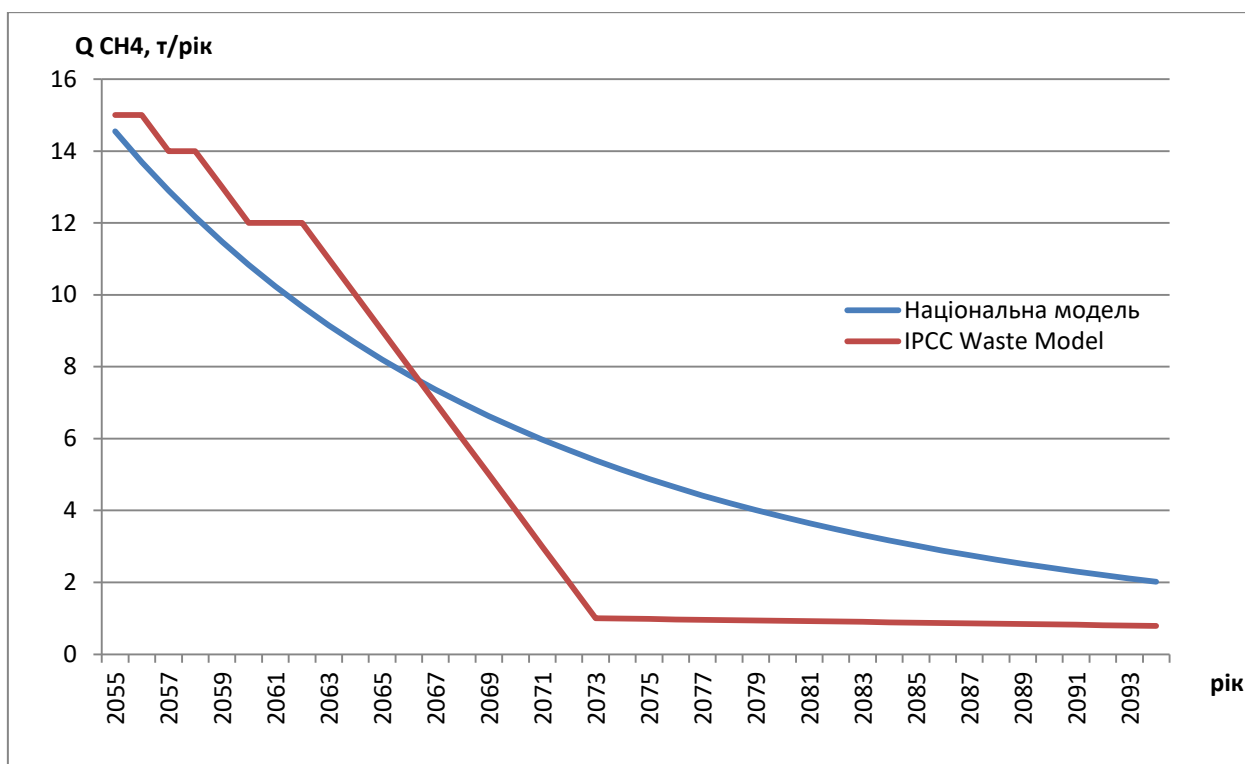
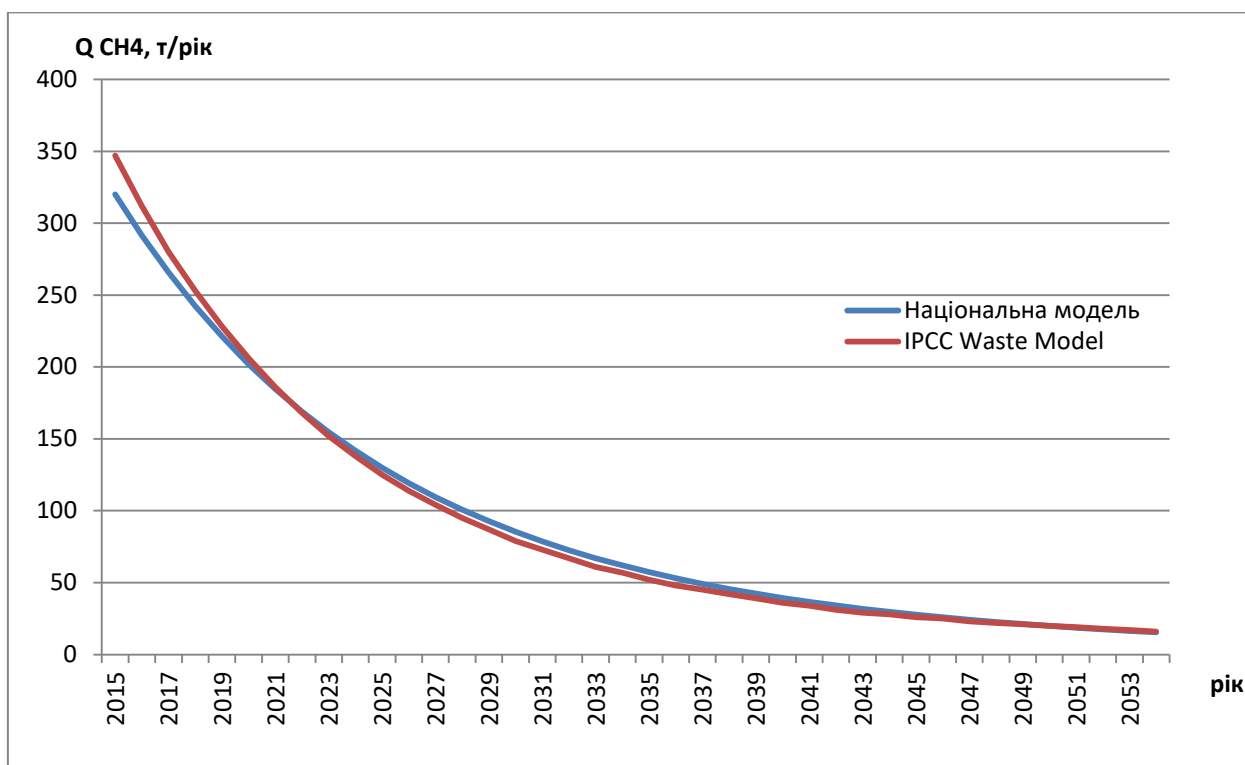


Рисунок 3.12 – Динаміка викидів метану при розміщенні річного обсягу ТПВ на звалищах і полігонах Вінницької області

3.4 Визначення емісії метану від місць захоронення ТПВ за багаторічний період

У випадку конкретного місця захоронення відходів максимальний період для визначення емісії метану відповідає часу існування. Відповідно до рекомендацій МГЕЗК, для отримання задовільних результатів розрахунку емісії метану від місць захоронення ТПВ, розрахунки треба проводити за період, що дорівнює 3 – 5 періодів напіврозпаду ($t_{1/2}$), тобто часу, який необхідний для того, щоб вуглець, який біорозкладається, розклався до половини своєї початкової маси. Цей час треба визначати, виходячи з кліматичних особливостей території, характеристик відходів та місць їх складування. Дослідження, проведені при складанні Національного Кадастру, показали, що $t_{1/2} = 14$ років. Отже, формування масивів даних треба проводити щонайменше за 42 роки. Наприклад, якщо визначити емісію метану від місць захоронення відходів на певній території, необхідно сформуванати масив даних за період з 1975 по 2017 роки.

Існує багато моделей для визначення емісії ПГ від місць захоронення відходів, але, на основі моделі IPCC розроблені електронні таблиці Excel, що дозволяють автоматизувати розрахунки, що дуже актуально у випадку проведення оцінок за багаторічний період. В загальному випадку треба визначити утворення метану від річної маси та сумувати з результатами, що отримані за попередні роки, адже утворення метану відбувається щонайменше на протязі 50 років. Моделі IPCC (розроблена МГЕЗК), на основі цієї моделі розроблена Національна багатокomпонентна модель газоутворення, що використовується при складанні Національного Кадастру.

Вихідними параметрами моделей є кількісно-якісні характеристик відходів та умов їх складування. Отже, для формування масиву вихідних даних треба знати: 1) кількість відходів; 2) морфологічний склад; 3) умови захоронення. Відомо, що є брак сучасної інформації про ТПВ, але це також стосується 1980-1990-х років. Необхідно сформуванати масив вихідної

інформації на основі наявних даних, доповнити його довідковими даними, на основі яких провести відновлення рядів щорічних даних. Відомо, наприклад, що фактичні дані щодо кількості ТПВ наявні з 1990 року. Для визначення даних за більш ранній період необхідно користуватися даними щодо кількості населення та норми накопичення. Для виключення скачкоподібних коливань значень для визначення щорічних даних доцільно використовувати метод лінійної інтерполяції [31].

Нами виконано формування масиву даних про місця захоронення ТПВ на території Вінницької області за період з 1973 по 2014 рр. Вінницька область розташована у Центральній Україні, має площу 26,5 км² та населення 1,6 млн. осіб. Проблема полігонів та звалищ є однією з найгостріших екологічних проблем області. Хоча відходів утворюється відносно небагато (у порівнянні із середньоукраїнськими значеннями), а видалається на полігони та сміттєзвалища 62 % від всього обсягу утворених ТПВ, тим не менш, місця їх захоронення займають значні площі. До найбільших місць видалення відходів на території Вінницької області відносяться Стадницький, Ладиженський, Немирівський, Хмільницький та Крижопільській полігони, відкриті в 1980-х роках.

Нижче наведемо фрагмент таблиці масиву даних щодо місць захоронення ТПВ на території Вінницької області (табл. 3.10).

Всі розрахунки зображено графічно на рис.3.14.

Проаналізувавши рис. 3.14 можна сказати що, з кожним роком маса ТПВ збільшується, збільшується площа яку вони займають, а отже збільшується і об'єм газу який виділяється.

В результаті виконаних розрахунків отримали, що на початок 2015 р. загальна емісія метану від місць захоронення відходів на території Вінницької області, склала 6401 т . Маса ТПВ, що утворилися за 2014 р., в наступному 2015 р. зпродукує 347 т метану, а це приблизно 5 % від загальної емісії метану на 2015 р. Отже, урахування емісії метану від місць

захоронення ТПВ за попередні роки дозволяє охарактеризувати реальну ситуацію.

Таблиця 3.9– Відновлення масиву вихідних даних щодо місць захоронення ТПВ на території Вінницької області (фрагмент)

Рік	Маса захоронених відходів		Умови захоронення ТПВ		Вміст відходів
	тис. т	джерело інформації	розподіл за місцями	параметр МСФ	
1977	151,34	кількість населення $2065,3 * 0,85 = 1755,5$ тис. люд 0,261 т/люд норма накопичення	н/д	0,67	Папір та текстиль – 0,304. Садово-паркові відходи – 0,04. Харчові відходи – 0,470. Відходи деревини та соломи – 0,020 ¹
2014	238,02	кількість населення $0,9 * 1610,6 = 1449,5$ тис. люд. 0,377т/люд норма накопичення		0,423	Папір – 0,15. Харчові та органічні відходи – 0,371. Дерево – 0,028. Текстиль – 0,036. Гума – 0,024.

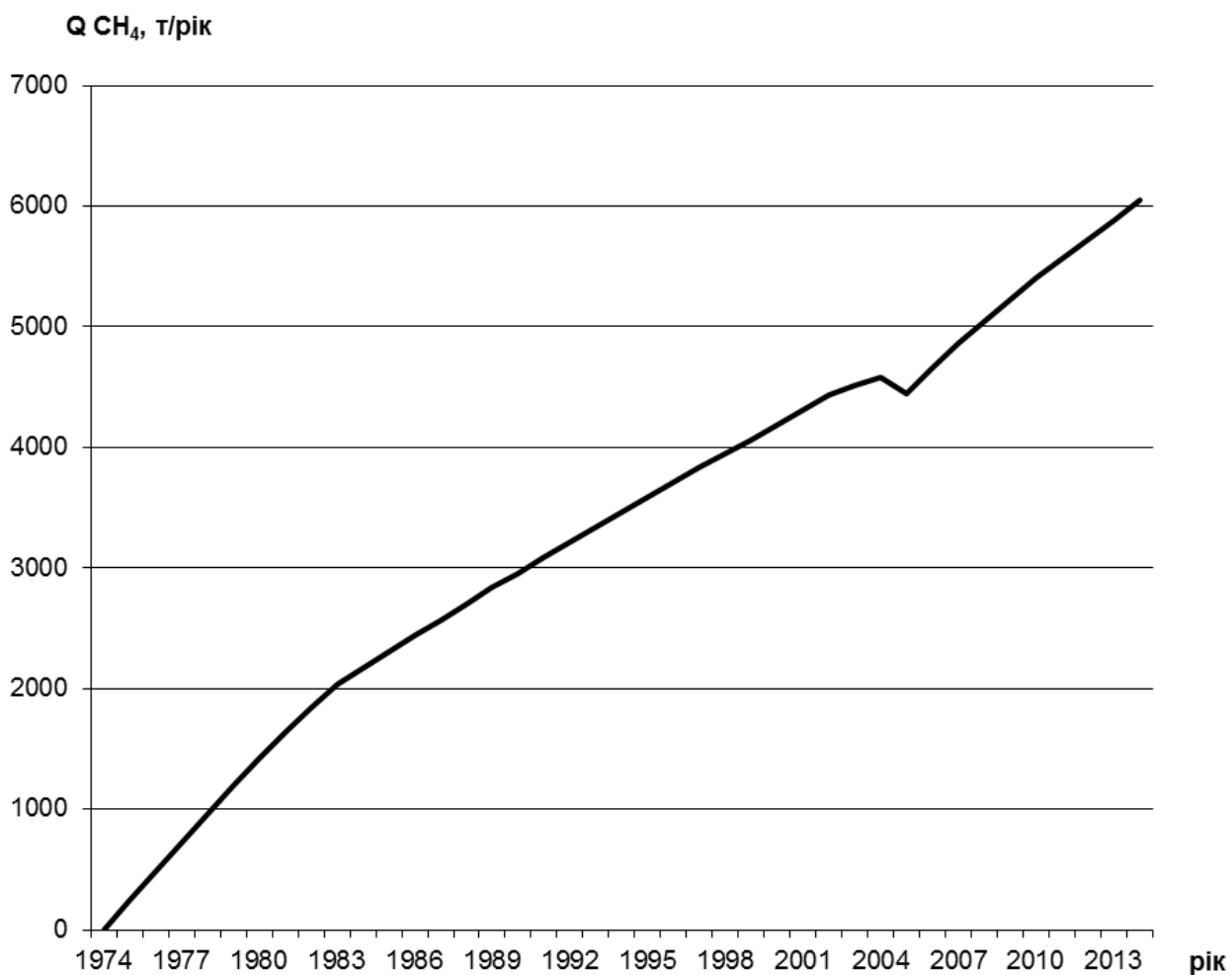


Рисунок 3.13 – Відновлення загальної маси викидів метану ТПВ на звалищах і полігонах Вінницької області на 2015 р. (за період 1973 - 2015 рр.)

ВИСНОВКИ

В представленій роботі ми стисло охарактеризували ТПВ як джерело забруднення навколишнього середовища, зокрема, емісії ПГ. Нами проаналізовані основні розрахункові моделі – Національна модель, IPCC, LandGEM. Основні вхідні параметри моделей приблизно однакові – маса відходів, морфологічний склад, умови захоронення та інші умови, що впливають на продукцію метану. Для виконання розрахунків емісії метану від річної маси відходів зручно користуватися Національною моделлю, а за багаторічний період – IPCC моделлю. Модель LandGEM розроблялася для умов американських полігонів, стосовно до українських умов модель дає досить завищені результати.

Також нами виконана характеристика ситуації, що склалася з ТПВ у Вінницькій області. Взагалі можна сказати, що проблема полігонів та звалищ є однією з найгостріших екологічних проблем області. Місця захоронення ТПВ займають значні площі (0,28 % площі області) та їх кількість є найвищою у Центральному регіоні. Переважна частина місць захоронення ТПВ давно вичерпали свою ємність та мали б бути закриті ще 10-20 років назад. Отже, актуальною є проблема створення нових місць видалення відходів. Все це є наслідком неефективного поводження з ТПВ у Вінницькій області.

Проведене вивчення просторово-часових закономірностей розподілу місць видалення ТПВ по території Вінницької області дало змогу провести районування території з визначенням 5 кластерів. Також було визначено позитивну динаміку зміни деяких показників, що характеризують місця видалення відходів, зокрема, кількості, середньої площі одного полігону тощо.

Аналіз ситуації з ТПВ у Вінницькій області став основою для формування масиву даних для розрахунку емісії метану від місць захоронення ТПВ. Маса метану визначалася за Національною та IPCC моделями від річної маси відходів та за багаторічний період.

Розрахунки проводилися для умов поховання річного обсягу відходів, що утворюються, з використанням даних про морфологічний склад ТПВ Вінницькій області, констант швидкості розкладання, які відповідають кліматичним умовам території. Також, на основі розподілу потоку ТПВ між місцями захоронення, нами був уточнений параметр MCF.

В результаті розрахунків за Національною методикою, видалення річної маси ТПВ призведе до утворення 320,03 т за перший рік розміщення і 3981,32 т метану за 80 років розкладання на звалищах і полігонах області. Застосування моделі IPCC дало можливість отримати такі результати: 347 т метану за перший рік розміщення і 3842 т за 80 років. Таким чином, застосування двох методик дає близькі результати.

Отже, визначили, що захоронений річний обсяг ТПВ (по Вінницькій області) призведе до утворення 4 тис. т метану на протязі 80 років.

Результати розрахунків емісії метану за період 1973-2014 рр. виконані за сформованим масивом даних за багаторічний період, який охоплює фактичну, довідкову та відновлену інформацію. В результаті виконаних розрахунків отримали, що на початок 2015 р. загальна емісія метану від місць захоронення відходів на території Вінницької області, склала біля 6 тис. т на рік. Маса ТПВ, що утворилися за 2014 р., в наступному 2015 р. зproduкує 347 т метану, а це приблизно 5 % від загальної емісії метану на 2015 р. Отже, урахування емісії метану від місць захоронення ТПВ за попередні роки дозволяє охарактеризувати реальну ситуацію.

Отже, відсутність утилізації органічних складових ТПВ, призводить до розміщення їх на звалищах і полігонах, де в анаеробних умовах відбувається утворення метану. А невикористання біогазового потенціалу таких місць

приводить до надходження їх в атмосферу, що сприяє посиленню парникового ефекту.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Краснянський М.Є. Екологічні загрози звалищ ТПВ // Спец. інформ. бюлл. "Тверді побутові відходи". - 2005. - № 5. - С. 12.
2. Орфанова М.М. Использование механохимических процессов для решения проблем утилизации отходов // Екологія. – Луганськ: Східноукраїнський нац. ун-т ім. В. Даля. - №1(3). –2008. – С 71-73.
3. Труфанов А.В. Некоторые проблемы экологического предпринимательства в сфере обращения с отходами производства и потребления [Текст] // Использование и охрана природных ресурсов России. – 2005. – № 1. – С. 140–144.
4. Біогазові установки. URL: <http://www.biteco-energy.com>
(дата звернення 16.10.2017)
5. Гелетуца Г.Г. Перспективы внедрения систем сбора биогаза на украинских полигонах твердых бытовых отходов. URL: <http://waste.ua/cooperation/2004/thesis/-geletucha.html>
6. Коптева Н.В. Возможности утилизации свалочного газа на полигоне г. Иркутска.
URL: <http://waste.ua/cooperation/2011/theses/kopteva.html>
(дата звернення 17.01.2017)
7. Пухнюк А.Ю. Полевые исследования для оценки потенциала образования биогаза на полигонах твердых бытовых отходов Украины // Науковотехнічний збірник «Комунальне господарство міст». – 2012. – №105. – С. 482–495.
8. Управління та поводження з відходами: підручник / Шаніна Т.П., Губанова О.Р., Клименко М.О., Сафранов Т.А., Коріневська В.Ю.,

Бедункова О.О., Волков А.І. За ред. проф. Сафранова Т.А., проф. Клименка М.О. – Одеса: ТЕС, 2012. – 272 с.

9. Коровяка Е.А. Регенерация метана, выделяемого мусорными свалками, и возможности его утилизации в Днепропетровском регионе // Геотехнічна механіка. – 2014. – №117. – С. 215–224.
10. Програма фінансування альтернативної енергетики в Україні (програма USELF) // Технічний звіт з оцінки потенціалу відновлюваної енергетики в Україні: Проектні сценарії для Програми фінансування відновлюваної енергетики в Україні: Біогаз, 2011. URL: http://www.uself.com.ua/fileadmin/documents/U-Biogas_Technical_Report.pdf (дата звернення 23.04.2017)
11. Матвеев Ю.Б. Энергетическое использование бытовых отходов // Твердые бытовые отходы. – 2011. – №4. – С. 10–15.
12. Петрук В.Г. Управління та поводження з відходами. Частина 2 // Тверді побутові відходи: навчальний посібник. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – С. 243.
13. Коровяка Е.А. Регенерация метана, выделяемого мусорными свалками, и возможности его утилизации в Днепропетровском регионе // Геотехнічна механіка. – 2014. – №117. – С. 215–224.
14. « Сміттєвий» газ - модно у світі, перспективно для України // Програма GREENENERGY Initiative, спрямована на впровадження відновлювальних джерел енергії в Україні.
URL: <http://ua.tiseco.com.ua>
15. Матвеев Ю.Б. Энергетическое использование бытовых отходов // Твердые бытовые отходы. – 2011. – №4. – С. 10–15.
16. Коровяка Е.А. Регенерация метана, выделяемого мусорными свалками, и возможности его утилизации в Днепропетровском регионе // Геотехнічна механіка. – 2014. – №117. – С. 215–224.

17. Municipal Solid Waste and its Role in Sustainability. URL: http://www.ieabioenergy.com/media/40_IEAPositionPaperMSW.pdf.
(дата звернення 21.03.2018)
18. Лучшие методы реализации биогазовых энергетических проектов на полигонах ТБО. Агентство защиты окружающей среды США. 2012. 139 с. / отв. ред. пер. Ю. Б. Матвеев. URL: <http://biomass.kiev.ua/useful-info/background-materials/1120-gmi-brochure> (дата обращения 17.01.2017).
19. Национальный Кадастр антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов в Украине за 1990-2009 гг. 334 с. // Міністерство екології та природних ресурсів України.
URL:<http://www.seia.gov.ua/seia/doccatalog/document?id=138881>
20. Шмарин С.Л., Сливинская В.В., Ремез Н.С., Филозоф Р.С., Нахшина А.Д., Михайленко В.П. Влияние климатических факторов на оценку выбросов парниковых газов с мест захоронения твердых бытовых отходов в Украине // Фізична географія та геоморфологія. 2014. Вип. 2(79). С. 133-140.
21. Шмарин С.Л., Алексеевец И.Л., Филозоф Р.С., Ремез Н.С., Денафас Г. Содержание биоразлагаемых компонентов в составе твердых бытовых отходов в Украине // Экология и промышленность. 2014. № 1. С. 79-83.
22. Пухнюк А.Ю. Дослідження газоутворення на старих українських полігонах твердих побутових відходів // Пром. теплотехніка. 2011. Т. 34 (№ 4). С. 83-93.
23. Матвеев Ю.Б., Пухнюк А.Ю. Полігони побутових відходів: ситуація і перспективи // Тверді побутові відходи. 2013. № 6. С. 37-42. URL: <http://uabio.org/img/files/news/pdf/msw-landfills-situation-matveev-pukhniuk.pdf> (дата звернення 17.01.2017).

24. Ukraine Landfill Gas Model Ver.1.0: User's Manual / U.S. EPA; edited by Swapura Ganguli, G. Alex Stege. Washington: U.S. EPA Landfill Methane Outreach Program. 2009. 28 p.
URL:https://www.globalmethane.org/documents/toolsres_lfg_manual.pdf (accessed 17 January 2017).
25. Руководящие указания по эффективной практике и учету факторов неопределенности в национальных кадастрах парниковых газов. МГЭИК, 2000. Гл. 5 Отходы. URL: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/russian/5_Waste_RU.pdf
26. Приходько В.Ю., Просянюк І.О. Особливості використання земель для захоронення твердих побутових відходів у Вінницькій області // Вестник Гидрометцентра Чёрного и Азовского морей. – 2017. – № 1 (20). – С. 154-161.
27. Просянюк І.О., Приходько В.Ю. Характеристика утворення та поводження з твердими побутовими відходами у Вінницькій області // Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: Матеріали IV Міжнародної наукової конференції молодих вчених. Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2016. С. 144-146.
28. Петрук В.Г. Інтегроване управління та поводження з твердими побутовими відходами у Вінницькій області // Монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2007. – С.160.
29. Сафранов Т.А., Приходько В.Ю., Шанина Т.П. Оценка эмиссии парниковых газов из мест захоронения ТБО: критический анализ методик и адаптация к условиям Одесской области // Вісник ОДЕКУ. 2017. № 21. С.5-14.
30. Екологічні паспорти регіонів. – Екологічний паспорт Вінницької області за 2010 р. – Вінниця, 2011 – 114 с. / Міністерство екології та природних ресурсів України. URL : <http://www.menr.gov.ua/protection/protection1/vinnyska>.

(дата звернення 06.02.2017)

31. Приходько В.Ю. Просянюк И.А. Оценка эмиссии парниковых газов из мест захоронения твердых бытовых отходов (на примере Винницкой области) // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Містобудівне планування і управління прибережними територіями», 12-13 жовтня 2017 р., смт. Сергіївка. Одеса. 2017. С. 58-60.
32. Приходько В.Ю., Просянюк И.А., Кириак В.Е. Оценка эмиссии парниковых газов из мест захоронения твердых бытовых отходов на региональном уровне // Вопросы наук о земле в концепции устойчивого развития Беларуси: сб. научных статей. Ч.1. Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины. 2017. С. 348-353.

ДОДАТКИ

Додаток А

Публікації за темою магістерської кваліфікаційної роботи

1. Просянюк І.О., Приходько В.Ю. Характеристика утворення та поводження з твердими побутовими відходами у Вінницькій області // Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: Матеріали IV Міжнародної наукової конференції молодих вчених. Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2016. С. 144-146.
2. Просянюк І.О., Приходько В.Ю. Характеристика ситуації із захороненням твердих побутових відходів у Вінницькій області // Матеріали наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ 2017. Харків: ФОП Панов А.М., 2017. С 117-118.
3. Приходько В.Ю., Просянюк І.О. Особливості використання земель для захоронення твердих побутових відходів у Вінницькій області // Вестник Гидрометцентра Чёрного и Азовского морей. – 2017. – № 1 (20). – С. 154-161.
4. Приходько В.Ю. Просянюк И.А. Оценка эмиссии парниковых газов из мест захоронения твердых бытовых отходов (на примере Винницкой области) // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Містобудівне планування і управління прибережними територіями», 12-13 жовтня 2017 р., смт. Сергіївка. Одеса. 2017. С. 58-60.
5. Приходько В.Ю., Просянюк И.А., Кириак В.Е. Оценка эмиссии парниковых газов из мест захоронения твердых бытовых отходов на региональном уровне // Вопросы наук о земле в концепции устойчивого развития Беларуси: сб. научных статей. Ч.1. Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины. 2017. С. 348-353.

6. Присянюк І.О. Визначення емісії парникових газів від місць захоронення ТПВ за багаторічний період // Матеріали V Міжнародної наукової конференції молодих вчених «Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування», 29-30 листопада 2017., Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2017. – С.207-209.
7. Приходько В.Ю., Присянюк І.О. Оцінка емісії парникових газів від місць захоронення твердих побутових відходів за багаторічний період // Матеріали Міжнародної наукової конференції «Регіональні проблеми охорони довкілля», 30 травня-1 червня 2018 р., ОДЕКУ. Одеса, 2018. С.
8. Присянюк І.О. Оцінка утворення метану від місць захоронення твердих побутових відходів за багаторічний період // Матеріали наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ 2018 (у друці).

Додаток Б

Таблиця 1 – Характеристика кластерів (Вінницька область)

Показник	Кластери				
	1	2	3	4	5
Склад	Іллинецький Літинський Мурованокурило-вещький Оратівський Теплицький Томашпільський Ямпільський	Барський Жмеринський Калиновський Козятинський Липовецький Погребищенський Тульчинський	Бершадський Гайсинський Могілев-Подільський Немирівський Хмільницький Шаргородський	Вінницький Тиврівський Піщанський	Крижопільський Тростянецький Чернівецький Чечельницький
Площа звалищ, га	21,85	22,53	36,98	8,86	29,39
Кількість звалищ	24,0	26,0	42,0	10,3	19,5
Частка площі, зайнята звалищами, %	0,026	0,021	0,032	0,010	0,038
Кількість звалищ на 1 тис. мешканців	0,796	0,586	1,171	0,167	0,457
Динаміка зміни кількості звалищ за 2010-2014 рр.	0,86	1,00	0,83	10	3,25
Середня площа 1 звалища, га	0,92	0,85	0,900	0,95	1,52
Щільність, од./км ²	0,028	0,024	0,036	0,011	0,026