

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА

Факультет гідрометеорології і екології

Кафедра екології та охорони довкілля

(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

**«Екологічні ризики від полігонів та звалищ
твердих побутових відходів»**

«Environmental risks from polygons and solid waste dumps»

Виконав: здобував денної/заочної форми навчання
спеціальності 101 – Екологія

Освітня програма Екологія, охорона навколишнього середовища
та збалансоване природокористування

Мехдієв Маїс Ісмаїл

Керівник д.г-м.н., проф. Сафранов Т.А.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) _____
(підпис)

Рецензент д.геогр.н., проф. Берлінський М.А.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

Рекомендовано до захисту:
Протокол засідання кафедри
екології та охорони довкілля
№ 9 від 13 . 06 . 20 24 р.

Захищено на засіданні ЕК № _____
протокол № __ від20__ р.

Оцінка _____/_____/_____
(за національною шкалою/шкалою ECTS/ бали)

Голова ЕК

Завідувачка кафедри

(підпис) ЧУГАЙ Ангеліна
(прізвище, ім'я)

(підпис) _____
(прізвище, ім'я)

Одеса 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут післядипломної освіти _____

Кафедра екології та охорони довкілля _____

Рівень вищої освіти бакалавр _____

Спеціальність 101-Екологія _____

Освітньо-професійна програма «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

екології та охорони довкілля

Чугай А.В.

« 25 » квітня 2024 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Мехдієву Маісу Ісмаїлу _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту: Екологічні ризики від полігонів та звалищ твердих побутових відходів

Керівник роботи Сафранов Тамерлан Абісалович, д.г.-м.н., професор

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від 28 березня 2024 року
№29 «С»

2. Строк подання студентом роботи « 04 » червня 2024 року

3. Вихідні дані до проекту: опубліковані матеріали, що містять відомості полігони твердих побутових відходів (ТПВ), їх негативний вплив на навколишнє середовище, а також підходи до оцінки екологічних ризиків, зокрема екологічних ризиків від полігонів та звалищ ТПВ

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): загальні уявлення щодо оцінки екологічного ризику від забруднення природних складових довкілля; вимоги до санітарно-екологічної безпеки полігонів ТПВ; підходи до оцінки екологічних ризиків від полігонів та звалищ ТПВ.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): схема полігонів ТПВ, схема ієрархії методів поводження з ТПВ; таблиці з вихідними та розрахунковими даними укріплення _____

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1-4	немає	-	-

7. Дата видачі завдання 25 квітня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Термін виконання етапів	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	<i>Збір і систематизація даних до роботи, складання змісту відповідно до завдання, написання вступу</i>	25.04.24-08.05.24	85	4(добре)
2	<i>Основні уявлення щодо полігонів ТПВ.</i>	09.05.24-13.05.24	85	4(добре)
3	<i>Вимоги до санітарної та екологічної безпеки полігонів ТПВ</i>	14.05.24-19.05.24	85	4(добре)
Рубіжна атестація		20.05.24-24.05.24	85	4(добре)
4	<i>Підходи до оцінки екологічного ризику від полігонів та звалищ ТПВ</i>	25.05.24-28.05.24	85	4(добре)
5	<i>Узагальнення отриманих результатів. Складення висновків та переліку посилань. Оформлення додатків.</i>	29.05.24-31.05.24	85	4(добре)
6	<i>Оформлення анотації і супровідних документів до роботи. Підготовка презентаційних слайдів до публічного захисту</i>	01.06.24-03.06.24	85	4(добре)
7	<i>Підготовка остаточної електронної версії роботи і передача її керівникові на перевірку, встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату, оформлення протоколу, підпис та складання висновку про допуск до захисту</i>	04.06.24-09.06.24	-	-
8	<i>Подання КРБ в.о. завідувачеві і в деканат для перевірки для перевірки роботи до захисту, підготовки наказу та подання.</i>	12.06.24-15.06.24	-	-
9	<i>Рецензування роботи. Складання авторського договору на розміщення роботи в репозиторії</i>	16.06.22-19.06.22	-	-
Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)			85,0	

Студент
Керівник проекту

Мехдієв Маїс Ісмаїл
Сафранов Т.А..

АНОТАЦІЯ

Екологічні ризики від полігонів та звалищ твердих побутових відходів.

Мехдієв Маїс Ісмаїл

Актуальність теми дослідження. Оцінка екологічних ризиків від полігонів та звалищ ТПВ є актуальною екологічною та соціально-економічною проблемою для України та багатьох країн світу.

Метою роботи є оцінка екологічних ризиків від полігонів та звалищ твердих побутових відходів.

Для досягнення поставленої мети сформульовані та вирішені наступні *задачі*: надати загальні уявлення щодо оцінки екологічного ризику від забруднення природних складових довкілля; охарактеризувати вимоги до санітарно-екологічної безпеки полігонів ТПВ; проаналізувати підходи до оцінки екологічних ризиків від полігонів та звалищ ТПВ.

Об'єктом дослідження є система управління та поводження з ТПВ, а *предметом дослідження –* екологічні ризики від полігонів та звалищ ТПВ.

Матеріали і методи дослідження. Методологічною основою роботи є критичний аналіз існуючої інформації щодо полігонів ТПВ і їх негативного впливу на навколишнє середовище. При виконанні роботи були використані опубліковані дані вітчизняних і зарубіжних авторів. Результати досліджень узагальнені у вигляді таблиць, які побудовані з використанням програми Excel. Крім того, використовувалися методи статистичного та порівняльно-географічного аналізу інформації.

Результати дослідження. Ієрархія поводження з ТПВ передбачає наступну послідовність дій з ними: запобігання утворенню відходів – підготовка до повторного використання – перероблення відходів – інша утилізація – видалення на полігони. Тобто видалення на полігони знаходиться на найнижчому ступені екологічного ранжирування способів поводження з ТПВ. Проте, цей спосіб залишається домінуючим в Україні, а тому мінімізація негативного впливу полігонів ТПВ на стан довкілля і здоров'я населення є дуже важливою проблемою у багатьох країнах. У сфері поводження з ТПВ доцільно розглядати ризик у рамках інтегрованого показника, який враховує максимальну кількість факторів, що призводять до негативних наслідків. Безумовно, що інтегрований ризик слід розглядати як комплексний показник безпеки, виражений у єдиному вартісному еквіваленті. У цьому випадку інтегрований ризик сприймається як багатофакторна функція, що поєднує у собі ризики соціального, матеріального та екологічного шкоди.

Структура та обсяг роботи. Робота складається із вступу, трьох розділів, висновків, переліку посилань (36 найменувань). Робота містить 13 таблиць, 3 рисунки. Загальний обсяг роботи – 69 сторінок.

Ключові слова: тверді побутові відходи, полігони та звалища, екологічні ризики, екологічні ризики від полігонів ТПВ.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	6
ВСТУП.....	7
1 ЗАГАЛЬНІ УЯВЛЕННЯ ЩОДО ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ ВІД АНТРОПОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ	11
2 ВИМОГИ ДО САНІТАРНО-ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПОЛІГОНІВ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ	27
3 ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ВІД ПОЛІГОНІВ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ.....	42
ВИСНОВКИ.....	62
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	65

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ГДК – гранично-допустима концентрація

ДБН – державні будівельні норми

ЕР – екологічний ризик

ЗР – забруднююча речовина

КРБ – кваліфікаційна робота бакалавра

ЛОС – леткі органічні сполуки

МВВ – місця видалення відходів

МВ – медичні відходи

ОЕР – оцінка екологічного ризику

ПАВ – поліциклічні ароматичні вуглеводні

ТПВ – тверді побутові відходи

ВСТУП

Проблема утворення твердих побутових відходів (ТПВ) відома людству давно. Проте склад ТПВ, їх кількість, отже, і впливом на стан довкілля змінилися. Зі зростанням населення планети, збільшенням кількості відходів виробництва та споживання, винаходом нових матеріалів гостро постало питання про зниження кількості ТПВ та їх негативного впливу на стан навколишнє середовище. ТПВ, яким далеко не всі надають значення, негативно впливають на стан довкілля та на здоров'я населення, що, у свою чергу, тягне за собою підвищення захворюваності і смертності.

Для розуміння складу ТПВ необхідно дати визначення даного терміну. Під «твердими побутовими відходами» розуміють предмети, які в результаті амортизації втратили споживчі якості, а також продукцію, що утворюється в результаті життєдіяльності людини. Компоненти ТПВ поділяються на біологічні та небіологічні. У цьому небіологічні можуть як природне, і штучне походження. Через те, що утилізація таких відходів у побуті є скрутною або неможливою, застосовується метод збору в спеціальні контейнери з подальшим транспортуванням у місця для організованої утилізації. У тих же випадках, коли збирання працює неефективно, а культура населення по поводженню з відходами знаходиться на низькому рівні, виникають несанкціоновані звалища. Безконтрольне зберігання ТПВ в непризначених для цього місцях спричиняє серйозне забруднення навколишнього середовища, ступінь якого залежить від складу ТПВ, їх кількості, клімату та інших факторів. У свою чергу, склад ТПВ залежить від специфіки інфраструктури регіону, його клімату, рівня достатку жителів та інших чинників. На склад впливають і сезон року, святкові дати. Біологічні відходи переважно представлені кістками, харчовими та рослинними відходами. Склад небіологічних різноманітніший, а саме: деревина, папір та картон, гума, пластмаси, текстиль, відпрацьовані електричні лампи, електроприлади.

медичні відходи, батарейки склобій, чорні та кольорові метали тощо. Деякі з цих відходів (наприклад, медичні відходи, відходи еkleктичного та електронного обладнання, ртутні лампи, пластик і т. д.) становлять підвищену небезпеку: вони містять токсичні речовини.

Незважаючи на популяризацію тенденцій захисту навколишнього середовища, ТПВ стає більше. Переважно кількість ТПВ зростає з перенаселенням великих міст. Чималий внесок роблять і виробники, які використовують синтетичну упаковку. Товари одноразового чи нетривалого користування також становлять чималу частину ТПВ. На збільшення ТПВ впливає зростання добробуту: предмети не ремонтуються, а викидаються.

До найпопулярніших в Україні Росії способів утилізації відходів відносять: природне розкладання у навколишньому середовищі; поховання на полігонах ТПВ; сортування та вторинна переробка.

Проблема природного розкладання, яка знайома з масових несанкціонованих звалищ ТПВ, полягає в тому, що тільки харчові відходи розкладаються протягом 30 днів. Іншим компонентам ТПВ необхідні місяці, роки і століття. Тому ТПВ накопичується, що впливає як на естетичну складову, а й призводить до забруднення довкілля.

Найбільш поширений спосіб поводження з ТПВ – це поховання на полігонах. Полігон ТПВ є спеціальною інженерною спорудою, яка мінімізує забруднення навколишнього середовища. На високотехнологічних полігонах ТПВ існують система відбору біогазу для одержання електроенергії, а також система очищення фільтрату та мережа моніторингу природних складових довкілля.

На жаль, від нестачі фінансування та інших чинників нерідко полігони ТПВ перетворюються на санкціоновані звалища. У такому разі завдається серйозної шкоди навколишньому середовищу.

У світі немає жодної країни, де проблему із накопиченням відходів вирішено на 100%. Сміття робиться, і це природно. У той же час існують методи зниження кількості сміття. Сортування сміття та повторне

використання сировини – найбільш перспективний спосіб утилізації. При цьому рециклінг також може завдавати шкоди навколишньому середовищу, наприклад, коли сміття спалюється для отримання енергії. Такий спосіб рециклінг називається інсинерацією. Існують безпечні та умовно безпечні види рециклінгу, до них відносять: механічний – нарізка та подрібнення; хімічний – обробка певних видів матеріалів хімічним реагентом для одержання сировини; рециклінг піролізом – безкисневе нагрівання відходів з виділенням великої кількості енергії. Таким чином вдається знизити негативний вплив полігонів звалищ та звалищ ТПВ, але поки що поховання ТПВ на полігонах і звалищах залишається домінуючим способом поводження в Україні та багатьох інших країн світу.

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра (КРБ) є оцінка екологічних ризику від полігонів та звалищ твердих побутових відходів.

Для досягнення поставленої мети сформульовані та вирішені наступні *задачі*: надати загальні уявлення щодо оцінки екологічного ризику від забруднення природних складових довкілля; охарактеризувати вимоги до санітарно-екологічної безпеки полігонів ТПВ; проаналізувати підходи до оцінки екологічних ризиків від полігонів та звалищ ТПВ.

Об'єктом дослідження є система управління та поводження з ТПВ, а *предметом дослідження* – екологічні ризику від полігонів та звалищ ТПВ.

Матеріали і методи дослідження. Методологічною основою роботи є критичний аналіз існуючої інформації щодо полігонів ТПВ і їх негативному впливу на навколишнє середовище. При виконанні роботи були використані опубліковані дані вітчизняних і зарубіжних авторів. Результати досліджень узагальнені у вигляді таблиць які побудовані з використанням програми Excel. Крім того, використовувалися методи статистичного та порівняльно-географічного аналізу інформації.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у оцінці екологічних ризиків від полігонів та звалищ твердих побутових відходів.

Практичне значення отриманих результатів полягає у визначенні можливостей використання отриманих результатів для обґрунтування заходів мінімізації негативних впливів полігонів та звалищ ТПВ в регіонах України.

Особистий внесок здобувача. Автором самостійно виконані всі етапи роботи – від збору, узагальнення і обробки інформації до формулювання основних положень та висновків.

Структура та обсяг роботи. Робота складається із вступу, трьох розділів, висновків, переліку посилань (36 найменувань). Робота містить 13 таблиць, 3 рисунка. Загальний обсяг роботи – 69 сторінок.

1 ЗАГАЛЬНІ УЯВЛЕННЯ ЩОДО ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ ВІД АНТРОПОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ

Екологічний ризик (ЕР) – це ймовірність негативного прямого або опосередкованого впливу на навколишнє середовище або здоров'я людини. Це комбінація ймовірності настання події та можливого масштабу несприятливих ефектів і наслідків цієї події з точки зору негативного впливу на екосистему та людської шкоди. Ризик визначається як ймовірність події, пов'язана із серйозністю та ступенем її наслідків. Оцінку ризику для навколишнього середовища слід проводити шляхом застосування систематичного підходу, коли визначено, що управлінська дія може мати наслідки або для стану навколишнього середовища, або для здоров'я чи добробуту людей.

Авторами аналітичного огляду [1] проаналізовано 103 публікацій виявлено 197 асоціацій серед 69 впливів навколишнього середовища та 83 хвороб і причин смерті. Факторами навколишнього середовища були забруднення повітря, тютюновий дим, важкі метали, токсичні хімічні речовини, температура навколишнього середовища, шум, радіація та міське житлове оточення. Серед них вони визначили 65 впливів навколишнього середовища, визначених як фактори ризику, і 4 фактори захисту навколишнього середовища. Хімічні речовини (включаючи пестициди) були третьою більшою групою впливу на навколишнє середовище серед включених мета-аналізів, з 19 асоціаціями. Висновок: вплив навколишнього середовища є важливою детермінантою здоров'я. Цей огляд містить огляд галузі досліджень, що розвивається, і його слід використовувати як додатковий інструмент для розуміння зв'язків між навколишнім середовищем і здоров'ям людини. Докази, надані в цьому огляді, повинні допомогти розробити втручання у сфері громадського здоров'я та впровадження підходу щодо здоров'я в усіх політиках, спрямованих на покращення здоров'я населення.

Єдиної класифікації ЕР не існує. Звичайно ЕР розрізняють за такими ознаками: 1) за джерелом впливу на природні або техногенні об'єкти; 2) за

масштабами розповсюдженням (локальні, регіональні, національні, глобальні); 3) за характером прояву (перманентні, аварійні); 4) за впливом техногенних об'єктів на довкілля і здоров'я населення.

Програма ООН по навколишньому середовищу, Міжнародне агентство з атомної енергетики, Всесвітня організація охорони здоров'я розробили рекомендації по оцінці та управлінню ризиками, що по'язані з загрозами стану здоров'я населення і довкіллю в результаті впливу енергетичних і промислових комплексів. Основні ознаки екологічних ризиків наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Основні ознаки екологічних ризиків, що по'язані з загрозами стану здоров'я населення і довкіллю

Категорії	Для населення	Для довкілля
Характер впливу джерела ризику	Безперервний, разовий (аварійний)	Безперервний, разовий (аварійний)
Група ризику	Населення даної місцевості, персонал підприємств	-
Тривалість впливу	Короткочасне, середньої тривалості, тривалий час	Короткочасне, середньої тривалості, тривалий час
Наслідки впливу	За рівнем тяжкості впливу: - летальний; - нелетальний (травми, хвороби тощо). За часом прояви: - негайні; - віддалені	За масштабом розповсюдження: - локальні; - регіональні; - національні; - глобальні.

Оцінка ЕР – це оцінка ймовірності виникненні зворотних або незворотних змін у біохімічній структурі і функціях природних екосистем як відгук на антропогенний (техногенний) або природний (стихійний) вплив (стрес), визначення якого включає такі етапи: 1) якісна ідентифікація небезпек; 2) визначення зони ризику; 3) оцінка шляхів впливу стресору; 4) характеристика ризику; 5) управління ризиком.

Загальна схема оцінки ризику для здоров'я міського населення включає 4 основних етапів [2]:

I. *Ідентифікація та розпізнання небезпеки*, коли визначається сама можливість шкідливого фактору, наприклад забруднюючої речовини (ЗР) на стан здоров'я людини (наприклад, одним із відомих показників техногенного впливу є вміст у волоссях і крові людини свинця).

II. *Оцінка впливу*. Визначається експозиція, що характеризує тривалість, частоту та величину впливу, якому схильні або можуть бути схильні індивідууми і популяції при даному фактору ризику. Для кожного шкідливого фактору складається шляхи впливу, які характеризують механізм потрапляння в довкілля і організм людини.

III. *Оцінка залежності «доза – ефект», характеристика ризику*. Здійснюється аналіз кількісних даних щодо змін в середовищі існування, в організмі людини або популяції під впливом певних агентів ризику, тобто виявляється взаємовідношення між впливом або отриманої дози і величиною негативного впливу на здоров'я. Оцінка загальнотоксичних ризиків звичайно ґрунтується на значеннях гранично-допустимих концентрацій (ГДК) ЗР, але у США для таких порогових дози використовують так звану «реферативну дозу» (*Rfd*), тобто показник токсичності ЗР (мг/кг маси тіла на добу), який характеризує рівень мінімального токсичного ефекту для експонованого населення. Рівень індивідуального загальнотоксичного ризику, пов'язаного з забрудненням повітряного басейну (*Rnk*), визначається за формулою:

$$Rnk = \{CCД i / Rfd \} \cdot a, \quad (1.1)$$

де a – константа, яка дорівнює 1, якщо ризик розрахований на період середньої тривалості життя (73 рока в Україні, 78 років – жінки, 68 років – чоловіки);

$ССД$ – середньодобова доза поглинання ЗР в повітряному басейні міста ($ССД = C_i \cdot 20 \text{ м}^3/73$);

Rfd – референтна доза ($Rfd = ГДК \cdot K_3$); K_3 – коефіцієнт запасу, яка має значення 7,5; 6,0; 4,5; 3 відповідно до ЗР 1, 2, 3, 4 класів небезпеки.

Індивідуальний ризик визначають у частках одиниці (наприклад, ризик «0,04» відповідає ризику прояви токсичного ефекту в 4 випадках із 100. Умовно сумарний загальнотоксичний ризик оцінюється як сума ризиків за окремими ЗР.

Оцінка часу прояві токсичного ефекту, що очікується (T) від впливу забрудненого атмосферного повітря на організм людини, визначається за формулою:

$$T = 10\{\lg(T_o) - \lg(C_i / ГДК) \cdot b\} \quad (1.2)$$

де T_o – розрахунковий час гарантованої відсутності токсичного ефекту, на який розробляється гігієнічний норматив (25 років);

C_i – середньодобова концентрація i -ої ЗР в атмосферному повітрі міста за період оцінки;

$ГДК$ – гранично-допустима концентрація ЗР;

b – коефіцієнт ізоефективності, який ураховує особливості токсичних властивостей ЗР (визначається відповідно до класу небезпеки);

Слід зазначити, що при визначенні T_o ураховано, що тривалість цілодобової експозиції піддослідних тварин при проведенні досліджень по регламентуванню ЗВ в атмосферному повітрі складає 3-4 місяця (10-15% тривалості їх життя), хоча він повинен бути біля 10000 діб (25 років). Екстраполяція значень b на цей термін (25 років) дозволяє пропонувати такі значення для ЗР 1-4 класів небезпеки: 1-й клас – 2,4; 2-й клас – 1,3; 3-й клас –

1,0; 4-й клас – 0,86. Крім того, незалежно від класу небезпеки, при середньорічній концентрації, яка менше ГДК, $b = 1$.

IV. Управління ризиком. Полягає у взаємній стиковці і зіставленні даних, отриманих на попередніх стадіях, з метою остаточної оцінки ризику і виробітки стратегії оптимальних заходів щодо оздоровлення довкілля. Основна мета даного етапу – мінімізація рівня ризику до прийнятої величини (ліквідувати ризик взагалі часто нереально або економічно нерентабельно).

Хімічна небезпека. Вдихання, ковтання або контакт із цими токсичними хімікатами може спричинити серйозні травми, захворювання та навіть смерть. Найгірша промислова аварія, пов'язана з хімічними речовинами, сталася в Індії в середині 1980-х років, коли небезпечний газ вирвався з заводу, убивши майже 20 000 людей, поранивши понад півмільйона інших, і забруднивши землю навколо заводу донині.

Фізичні небезпеки. Шумове забруднення, радіація та електромагнітні поля є прикладами цього екологічного ризику. Аварія на Чорнобильській АЕС 1986 року нібито є результатом несправного реактора, яким керував погано навчений працівник. Окрім смертельних випадків протягом кількох днів після вибуху, у сотень людей діагностували гострий радіаційний синдром. Прибирання території триває сьогодні.

Біологічні небезпеки – це можуть бути інвазійні види, генетично модифіковані організми або хвороботворні мікроби. Незважаючи на відсутність остаточної інформації про його походження, вірус COVID-19 заклав світ майже на два роки. Вона вбила майже сім мільйонів людей, заразила понад 760 мільйонів інших і спровокувала глобальну економічну кризу.

Знищення середовища існування. Безконтрольне вирубування лісів, видобуток корисних копалин і урбанізація негативно впливають на окремі види та глобальну екосистему. Експерти припускають, що захист лише 50% загальної суші та водної маси може допомогти врятувати планету. Незважаючи на те, що статистика показує, що лише 15% суші та 7% океану охороняються, ціль все ще досяжна, якщо світові лідери повністю віддани їй.

Належна оцінка ризику для довкілля та здоров'я людини передбачає:

Ідентифікація небезпеки, тобто яка кількість стресорів присутня. Він передбачає збір даних про різні небезпеки та оцінку їх потенційної шкоди в середовищі навколишнього середовища (наприклад, ґрунті, воді та повітрі) на певній території.

Оцінка експозиції, тобто оцінка ймовірності і рівню впливу на людей, екологічні рецептори (інші живі організми) і навколишнє середовище.

Оцінка наслідків – також відома як оцінка «доза-реакція», це відповідає на останнє запитання: як небезпека вплинула або вплине на людей або екологічні рецептори? Це вивчає ступінь токсичності небезпеки та патологічний поріг (наприклад, рівні концентрації, тривалість впливу).

На основі інформації, зібраної шляхом оцінки вищезазначених факторів, можна виконати останній крок процесу:

Характеристика ризику – описує якість і кількість ризику, прогножуючи характер, ймовірність і тяжкість його наслідків сьогодні та в наступні роки. Цей крок є найскладнішим із усіх, оскільки інформація рідко буває повною, а деталі стають розмитими. Найкращий спосіб впоратися з цими невизначеностями — відкрити їх (включаючи прогалини в даних і обмеження), щоб можна було визначити проактивні рішення.

Оцінка екологічного ризику (ОЕР) – це процес, який оцінює вірогідність або ймовірність того, що негативний вплив може статися на якість навколишнього середовища цінності, як результат людської діяльності (тобто формальна процедура для виявлення та оцінка ризику екологічної шкоди) [3].

Процедуру ОЕР можна розбити на три етапи: 1) підготовка, що передбачає збір та вивчення відповідної інформації та встановлення фокусу для оцінювання; 2) проведення оцінювання; 3) інтерпретація, звітування та застосування результатів оцінки.

ОЕР є допоміжним інструментом для оцінки політики, планування природокористуванням та прийняття рішень щодо управління ресурсами. Це систематично, і це може бути застосовується в різноманітних ситуаціях,

починаючи з мінімальних наявних даних та ресурсів, до тих, у кого є детальні інвентаризації та моделювання складних систем. ОЕР надає інформацію для прийняття обґрунтованих рішень шляхом визначення діапазону ризиків, пов'язаних з різними варіантами, але це не диктує конкретний результат. ОЕР також надає менеджерам механізм повідомляти про прогнозовані ризики, пов'язані з рішенням.

На підставі аналізу наявної інформації [6], виявлено найчастіше використовувані методи та прийоми оцінки ризиків.

Методи оцінки ризиків у дослідженні поділені на три категорії: якісні, кількісні та напівкількісні чи гібридні методи. Створених єдиних загальних моделей оцінки ризику та показників ризику не існує. В даний час для оцінки ризиків застосовуються різні методи та прийоми. Застосування напівкількісних чи об'єднаних методів є складним і часто потребує додаткових ресурсів та специфічних знань. На думку авторів [6], необхідно створити спільну єдину модель, що поєднує різні методи та прийоми оцінки ризиків. Застосовуючи єдину модель, можна створити ефективну систему контролю та управління ризиками, щоб зменшити шкідливий вплив факторів робочого середовища. Застосовуючи метод індексації ризиків, можна створити загальний індекс безпеки підприємства, що включає оцінку всіх систем, пов'язаних з безпекою людини та забезпеченням безпечної діяльності.

Ризик - це комплексне поняття, яке охоплює нещасний випадок ймовірність і оцінка можливих побічних ефектів цього нещасного випадку [6]. Існує кілька видів ризику:

- 1) ризик у роботі середовища;
- 2) ідентифікований ризик, розкручування (несподіваний) ризик;
- 3) ризик забруднення навколишнього середовища.

За своєю природою ризик може бути контролюється, якщо є правова основа для оцінки ризику, методичне забезпечення та порядок оцінювання, а також певні спеціальні вимоги щодо зниження ризику. Імовірність, яка визначає, чи є несприятлива подія відбудеться; непередбачені наслідки аварії;

очікувані наслідки або математична ймовірність наслідки; відхилення від прийнятного рівня ризику (несприятливий наслідки), які інвестори готові терпіти або терпіти.

У методології управління ризиками ризик визначається як ступінь несприятливих наслідків, що виникають внаслідок небезпеки, беручи до уваги враховувати ймовірність пошкодження і побічних ефектів: ризик = ймовірність · наслідки, або

$$R = Q \cdot p \quad (1.3)$$

де Q – ймовірність (ймовірність аварії);

p – наслідки (розмір збитку).

Ця формула є основою для ряду кількісних ризиків методи аналізу та можуть бути застосовані до кожної побічної події. Таким чином, узагальнюючи ризики в усіх випадках, можна оцінити загальний ризик операції. Навпаки, ймовірність є характеризується відносною частотою, наприклад, випадки певних аварій за певний проміжок часу ділиться на загальну кількість випадків у цілому проміжок часу.

Наслідки, які викликані впливом несприятливих події, повинні піддаватися оцінці; поняття часткового ситуація повинна бути сформульована загальнозживаними термінами: 1) вплив на здоров'я (наприклад, смертельні випадки, травми, хвороби); 2) вплив на навколишнє середовище (наприклад, втрата природних ресурсів, зменшення біологічного різноманіття); 3) витрати (наприклад, втрата активів, втрата продуктивності, непродуктивне використання років життя людей тощо).

Методологією управління є математична ймовірність наслідків, а його одиниця вимірювання дорівнює блок відновлення. Ризик також можна описати рівнянням:

$$R = E \cdot A \cdot S, \quad (1.4)$$

де E – ймовірність того, що існують певні ризики,

A – ймовірність уникнення ризиків,

S – категорія, що визначає серйозність ризику.

Ризик можна оцінити як кількісно, так і якісно. Види кошторисів відображають вимір і розрахунок результати. Використовуючи кількісну оцінку ризику, наслідки ступінь ураження та ризик наслідків визначаються в відповідна одиниця вимірювання (ймовірність нещасний випадок є ймовірністю). Кількісні оцінки ризику є заснований на математичних розрахунках, але якісний ризик оцінка описує походження потенційних небезпек. Кількісна оцінка має багато переваг: 1) чисельна оцінка ризику дозволяє судити про ступінь небезпека об'єктивно; 2) чисельна оцінка ризику дає можливість розвиватися комплекс заходів та управління ризиками система; 3) кількісно визначені ризики можна перехресно перевірити.

Якісна оцінка ризику фактично не визначає а небезпечна ймовірність події та розмір збитків або наслідки. Наприклад, оцінка на основі 5-ти балів систему можна вважати якісним аналізом.

Одним із найбільших лих нашої епохи є забруднення повітря не лише через його вплив на зміну клімату, але й через його вплив на здоров'я людей та людей через зростання захворюваності та смертності. Є багато ЗР, які є основними факторами захворювань у людей. Серед них тверді частинки різного, але дуже малого діаметру, які проникають у дихальну систему через вдихання, викликаючи респіраторні та серцево-судинні захворювання, дисфункції репродуктивної та центральної нервової системи, а також рак. Незважаючи на те, що озон у стратосфері відіграє захисну роль від ультрафіолетового випромінювання, у високій концентрації на рівні землі він шкідливий, а також впливає на дихальну та серцево-судинну системи. Крім того, оксид азоту, діоксид сірки, леткі органічні сполуки (ЛОС), діоксини та поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ) вважаються ЗР повітря, шкідливими для людини. Чадний газ може навіть спровокувати пряме отруєння при вдиханні у великих кількостях. Важкі метали, такі як свинець, потрапляючи в організм людини, можуть призвести до прямого отруєння або

хронічної інтоксикації залежно від впливу. Захворювання, викликані вищезазначеними речовинами, включають головним чином респіраторні проблеми, такі як хронічна обструктивна хвороба легень, астма, бронхіт, а також рак легень, серцево-судинні події, дисфункції центральної нервової системи та шкірні захворювання [4].

Забруднення повітря — глобальна надзвичайна ситуація, яка загрожує здоров'ю та продуктивності людей по всій планеті. Забруднення дрібними твердими частинками, спалювання твердого палива в домашніх умовах і озон є причиною мільйонів передчасних смертей щороку та, за оцінками, 1 з 9 смертей у всьому світі, причому найбільший вплив спостерігається в Азії, Африці та на Близькому Сході. У Великій Британії забруднення повітря є найбільшою екологічною небезпекою для здоров'я населення, і діти особливо вразливі. У всьому світі понад 90% дітей піддаються впливу навколишнього повітря дрібнодисперсних твердих часток ($PM_{2,5}$), рівень яких перевищує Глобальні рекомендації Всесвітньої організації охорони здоров'я щодо якості повітря (спочатку встановлено на рівні 10 мкг/м^3 , але зараз встановлено на рівні 5 мкг/м^3). Забруднення повітря є причиною 16% усіх смертей дітей віком до п'яти років.

За рівнем забруднення повітряного басейну Одеса посідала у 2021 р. – 11-12 місце, 2022 р. – 87 місце, 2023 р. – 5 місце серед міст України. Серед забруднюючих речовин присутні CO , NO_x , $PM_{2,5}$, PM_{10} , $пил$ та інші політанти, а тому забруднення повітря може бути важливим чинником захворюваності міського населення.

Проблема забезпечення населення регіонів України якісною питною водою з кожним роком ускладняється і стає більш гострою. Вживання неякісної питної води є важливим фактором негативного впливу на здоров'я населення, причиною виникнення небезпечних інфекційних захворювань та збільшення загальної захворюваності людей. Цим фактом обумовлена необхідність розробки інструментарію для виміру рівня небезпеки при вживанні питної води з джерел з метою впровадження заходів щодо його

зменшення. Питанням визначення рівня небезпеки використання неякісної питної води та його впливу на здоров'я населення присвячено чимало досліджень в усіх країнах світу [4-12].

Проблемі оцінювання якості питної води присвячено чимало досліджень українських вчених [13-18].

Необхідно відзначити, що в багатьох країнах світу, наприклад в США, з метою визначення рівня екологічної небезпеки застосовують методи оцінки ризику для здоров'я населення [19, 20]. Але в Україні існує лише одна офіційно затверджена методика обчислювання величини ризику для здоров'я населення при забрудненні атмосферного повітря [21].

В роботах [16-18] удосконалено методику оцінки ризику для здоров'я населення при рекреаційному водокористуванні, а в роботі [21] адаптовано методику оцінювання ризику для здоров'я населення при вживанні питної води.

Метод оцінки ризику для здоров'я населення передбачає окремо визначення канцерогенного ризику та індексу небезпеки. Оцінювання канцерогенного ризику здійснюється поетапно:

- узагальнення й аналіз усієї наявної інформації про шкідливі фактори, особливості їх дії на організм людини, рівнях експозиції.
- розрахунки індивідуального канцерогенного ризику для кожної речовини, що надходить в організм людини аналізованими шляхами;
- розрахунки індивідуального канцерогенного ризику для кожного канцерогенного компонента досліджуваної суміші хімічних речовин, а також сумарного канцерогенного ризику для всієї суміші.
- розрахунки сумарних канцерогенних ризиків для кожного з аналізованих шляхів потрапляння, а також загального сумарного канцерогенного ризику для всіх речовин і всіх аналізованих шляхів їх потрапляння в організм. Для оцінки канцерогенного ризику для кожної забруднюючої речовини розраховуються показники ризику [16, 17]:

$$CR = SF \cdot LADI, \quad (1.5)$$

де CR - ймовірність занедужати раком, безвимірний (звичайно виражається в одиницях $1:1000000$);

SF - ймовірність одержання ракового захворювання у випадку прийому одиничної дози $LADI$, 1/мг/кг-доба.

Середньодобова доза потрапляння забруднюючих речовин з питною водою розраховується за формулою [16, 17]:

$$LADI = C_w \cdot V \cdot EF \cdot ED / BW \cdot AT \cdot 365 \quad (1.6)$$

де C_w - концентрація речовини у питній воді, мг/дм³;

V - величина водоспоживання, дм³/добу (для дорослих - 2 дм³/добу; для дітей - 1 дм³/добу);

EF - частота впливу, діб/рік;

350 діб/рік;

ED - тривалість впливу, років (для дорослих - 30 років; для дітей - 6 років);

BW - маса тіла, кг (для дорослих - 70 кг; для дітей - 15 кг);

AT - період експозиції, роки (для дорослих - 30 років; для дітей - 6 років); канцерогенний ризик - 70 років.

При оцінці канцерогенного ризику доцільно орієнтуватися на класифікацію рівнів небезпеки, представлену в таблиці 1.2 [16, 17].

Оцінка ризику розвитку неканцерогенних ефектів для окремих речовин проводиться на основі розрахунку коефіцієнта небезпеки за формулою:

$$HQ = LADDI / RfD, \quad (1.7)$$

де HQ - коефіцієнт небезпеки;

RfD - референтна (безпечна) доза, мг/кг.

Таблиця 1.2 – Класифікація рівнів ризику

Рівень ризику	Ризик протягом життя
<i>Високий</i> : не прийнятний для виробничих умов і населення; необхідне здійснення заходів з усунення або зниження ризику	$> 10^{-3}$
<i>Середній</i> : припустимий для виробничих умов; за впливу на все населення необхідний динамічний контроль і поглиблене вивчення джерел і можливих наслідків шкідливих впливів для вирішення питання про заходи з управління ризиком	$10^{-3} - 10^{-4}$
<i>Низький</i> : припустимий ризик (рівень, на якому, як правило, встановлюються гігієнічні нормативи для населення	$10^{-4} - 10^{-6}$
<i>Мінімальний</i> : бажана (цільова) величина ризику при проведенні оздоровчих і природоохоронних заходів	$< 10^{-6}$

Американська система моніторингу якості поверхневих і підземних вод дуже відрізняється від української, тому для деяких забруднюючих речовин відсутня інформація щодо референтних доз.

Таким чином, американська методика оцінювання ризику для здоров'я населення при вживанні питної води потребує адаптації для застосування її при сучасній системі державного моніторингу навколишнього природного середовища.

В роботах [16, 17] запропоновано адаптувати американську методику оцінювання ризику для здоров'я населення при рекреаційному водокористуванні. В роботі [21] пропонується для забруднюючих речовин, для яких відсутня інформація щодо референтних доз, визначати індекс небезпеки за наступною формулою:

$$HQ = C_w / ГДК \quad (1.8)$$

де C_w - концентрація речовини у питній воді, мг/дм³;

$ГДК$ – гранично допустима концентрація для питних вод, мг/дм³.

Характеристика ризику розвитку неканцерогенних ефектів при комбінованому й комплексному впливі хімічних сполук проводиться на основі розрахунку індексу небезпеки (HI). Індекс небезпеки для умов одночасного надходження декількох речовин тим самим шляхом (наприклад, інгаляційним або пероральним) розраховується за формулою

$$I = \sum HQ_i \quad (1.9)$$

де HQ_i - коефіцієнти небезпеки для окремих забруднюючих речовин.

В роботах [16, 17] запропонована класифікація рівнів небезпеки залежно від значення індексу небезпеки (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 – Класифікація рівнів небезпеки

Рівень небезпеки	Коефіцієнт / індекс небезпеки (HQ/HI)	Характеристика ризику
Мінімальний	$\leq 0,1$	Ризик виникнення шкідливих ефектів відсутній
Низький	$0,1 - 1,0$	Ризик виникнення шкідливих ефектів є зневажливо малим
Середній	$1,0 - 5,0$	Ризик розвитку шкідливих ефектів в особливо чутливих групах населення
Високий	$5,0 - 10,0$	Ризик розвитку несприятливих ефектів у більшій частини населення
Надзвичайно високий	≥ 10	Масові скарги, виникнення хронічних захворювань

Розрахунок індексів небезпеки проводять з урахуванням критичних органів та систем, які зазнають негативного впливу досліджуваних речовин. Для забруднюючих речовин, які не спостерігаються американською системою моніторингу, пропонуємо на основі аналізу літературних джерел визначати критичні органи і системи людини, на які має вплив вживання питної води (табл. 1.4):

Таблиця 1.4 – Ймовірнісний вплив вживання неякісної питної води (за окремими забруднюючими речовинами) на здоров'я людини

Показник	Органи та системи органів людини
<i>Сухий залишок</i>	ендокринна система
BCK_5	ендокринна система, органи травлення
XCK	ендокринна система, органи травлення
Cl^-	центральна нервова система, печінка, шлунок
SO_4^{2-}	кров, ендокринна система, кістки
Mg^+	ендокринна система, органи травлення
Ca^{2+}	нирки
NH_4^+	анемія, різні дерматити
NO^-	кров
NO_2^-	кров, кровотворна система
PO_4^{3-}	кістки
ΣFe	слизуваті, шкіра, імунітет
Cu	шлунково-кишковий тракт, печінка
Mn	центральна нервова система, кров
Zn	кров, ендокринна система
ΣCr	печінка, нирки, слизуваті, шлунково-кишковий тракт
<i>Нафтопродукти</i>	нирки
<i>СПАР</i>	органи дихання, шкіра

Таким чином, екологічний ризик – це ймовірність негативного прямого або опосередкованого впливу на окремі природні складові довкілля або здоров'я населення. Оцінку ризику для природних складових довкілля слід проводити шляхом застосування систематичного підходу, коли визначено, що управлінська дія може мати наслідки або для стану навколишнього середовища, або для здоров'я чи добробуту населення.

2 ВИМОГИ ДО САНІТАРНО-ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПОЛІГОНІВ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

За своїм складом ТПВ багатокомпонентні, полігони приймають різні види відходів з багатьох джерел. Це сміття житлового сектора, соціальної сфери, різноманітних установ та підприємств. Вуличне сміття, пласт не завжди знезаражених відходів фармакологічної та охоронної сфер, будівельне сміття. За законом все те, що не підлягає переробці і не може експлуатуватися вдруге. А це в нашій країні – більшість усіх відходів.

У сотнях тон ТПВ, що гниє на полігонах і звалищах, зустрічається різне: харчові відходи, макулатура, деревина, чорні та кольорові метали, шкіра, інші органічні залишки, гума, текстиль, скло, всілякі види пластмаси, побутові прилади. А також те, що становить особливу небезпеку: ртутні солі з батарей і градусників, карбонати фосфору з флуоресцентних ламп, токсичні речовини, що містяться в фарбах, лаках, розчинниках, аерозолях, акумуляторах, продуктах фармацевтики. Багаторічну шкоду навколишньому середовищу завдає будівельне сміття: цемент, ацетон, покриття, металовмісна продукція.

Полігон ТПВ має наступний типовий морфологічний склад:

- картон та папір – 41%;
- сміття – 18%;
- метал – 9%;
- скло – 8,2%;
- деревина, гума та шкіра – 8,1%;
- залишки їжі – 8%;
- інші відходи – 2%.

Але ще більшу небезпеку несуть стихійні звалища. Якщо офіційних (контрольованих) полігонів в Україні майже 6000, то стихійних (неконтрольованих) за різними оцінками до 30 000 – приблизно 7% від усієї площі України. А загальний обсяг відходів на всіх полігонах, включаючи промислові, становить понад 450 000 000 тон на рік, багато з яких небезпечні.

Якщо офіційно зареєстрований полігон ТПВ небезпечний у разі відсутності на його території сміттесортувального обладнання чи сміттєпереробного підприємства, то стихійне звалище небезпечніше в разі через відсутність контролю, а відтак – будь-які природоохоронні заходи, як і сплату податків.

Стихійне звалище може містити різні відходи надвисокого рівня небезпеки. Крім того, їх розміщують без урахування санітарних правил та норм. Це зазвичай найбільш наближені до населених пунктів ділянки лісосмуг, яри вздовж трас, узбережжя водойм та степові зони, де уражаються отруйними речовинами значні території, гинуть рідкісні види флори та фауни, а населені пункти одержують забруднену воду та їдкий запах від випарів у повітря. Міністерство екології та природних ресурсів кілька років тому розмістило на своєму сайті інтерактивну карту сміттєзвалищ України, де можна в онлайн режимі залишити повідомлення про координати стихійного звалища. В Україні сьогодні 99% звалищ не відповідають екологічним вимогам, а перевантажених серед них налічується близько 25%.

Такі полігони не можуть більше працювати, оскільки є джерелами таких небезпек:

- поширення інфекційних хвороб;
- забруднення підземних вод;
- утворення звалищного газу;
- самозаймання.

На жаль, ні система збір, ні система зберігання ТПВ в Україні не відповідають вимогам санітарних та законодавчих норм, не контролюються належним чином відповідними службами. А тому не складно спрогнозувати, в якому напрямку ми рухаємося, і яка земля перейде у користування нашими нащадкам, за умови, що кардинальних заходів так і не буде вжито.

Реалії показують, що основним методом утилізації в Україні є поховання відходів на полігонах ТПВ, а фактично на звалищах. В ідеалі, всі вони мають

експлуатуватися відповідно до певних правил та вимог, що регулюються законодавством України.

На законодавчому рівні використання полігонів у нашій країні регулюють: «Державні будівельні норми України (ДБН В.2.4-2-2005)»; Закон України «Про відходи»; Наказ «Про затвердження правил експлуатації полігонів побутових відходів» та інші нормативно-законодавчі документи.

Згідно з цими нормативно-законодавчими документами, розміщуватись полігони ТПВ мають на висоті мінімум два метри над ґрунтовими водами, на відстані не менше 50 метрів від кордонів лісів та лісосмуг. Крім того, заборонені сміттєві полігони менш ніж на 200 метрів від сільськогосподарських угідь, спільних мереж та доріг (у тому числі залізничних колій).

Від житлових та громадських забудов полігони мають відокремлювати півкілометра, від кордонів міст — 1000 метрів, від кордонів міст-курортників, відкритих водойм господарського призначення, об'єктів, що використовуються в культурно-оздоровчих цілях, заповідників та морського узбережжя - 3 км. А між полігоном та аеропортом має бути 15 км.

У середньому полігон ТПВ експлуатується не більше 20 років. При в'їзді на полігон має бути розміщений щит з інформацією про цей об'єкт. На щиті обов'язковою є наступна інформація: назва, рік введення в експлуатацію, режим роботи, види відходів, що приймаються, інші аспекти роботи полігону.

Обов'язковою є наявність контрольно-пропускного пункту з автомобільними вагами для зважування відходів, що надходять, а також вежі та спеціальних приладів для радіометричного контролю.

На полігонах ТПВ обов'язково мають функціонувати системи моніторингу, які передають отримані дані до спеціалізованих лабораторій. Ці системи відбирають та досліджують проби повітря, підземних вод та ґрунтів безпосередньо на полігоні та на межі санітарно-захисної зони (рис. 2.1).

Саме місце розташування полігону може бути різним, але, як правило, розділеним на дві зони: розвантаження сміття та його складування.

Місце поховання відходів також має особливу будову. На території виринають величезний котлован і перекривають його «дно» гофром, мета якого перешкоджати попаданню в землю токсичних речовин. Як такі матеріали зазвичай використовують відходи будівництва: бетон, цегла та захисний пластиковий шар. Спресовані тюки сміття, що надійшли на полігон,

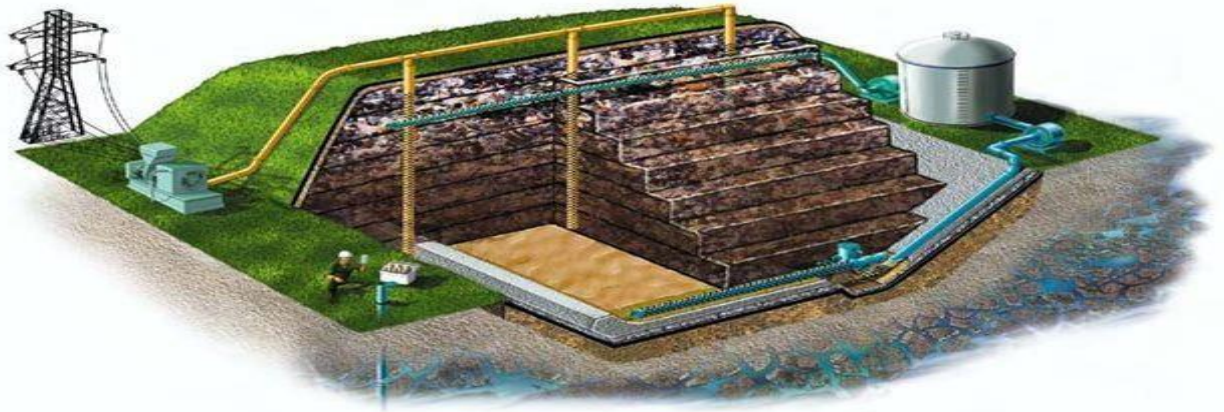


Рис. 2.1 – Схема полігону твердих побутових відходів

або розсіпні відходи висипаються в котлован шаром до двох метрів, кожен пересипається землею, і ущільнюються спецтехнікою. Зазвичай полігони оточені захисними лісосмугами та обладнані спеціальними сітками та екранами. Останні не допускають поширення біогазу, який утворюється внаслідок метанового та водневого бродіння (рис. 2.2).

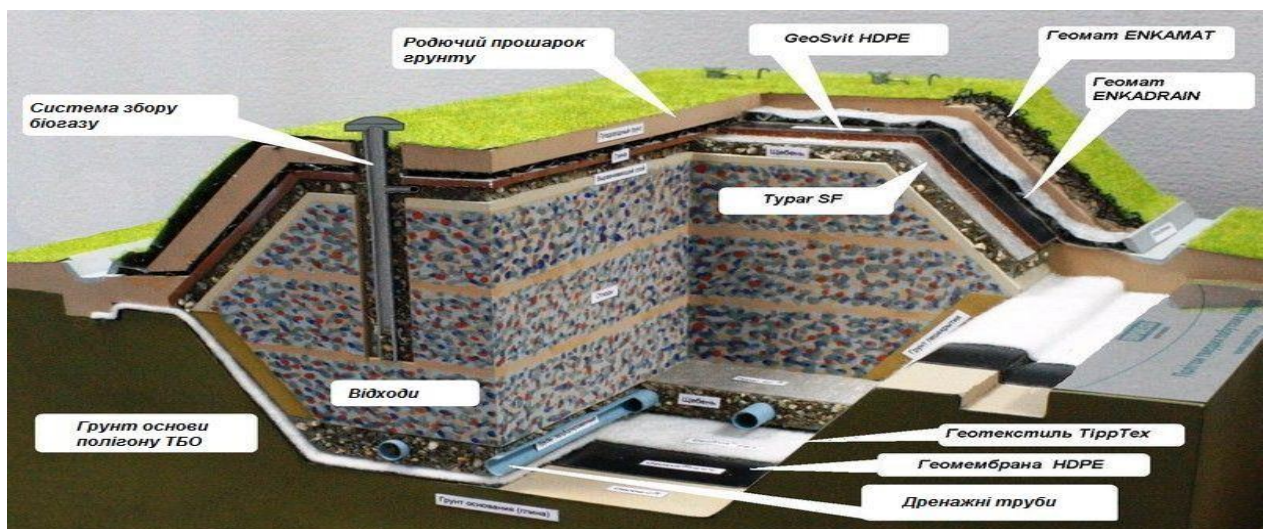


Рис. 2.2 – Типова конструкція полігону твердих побутових відходів

Таким чином, полігон ТПВ повинен бути влаштований так, щоб протягом усіх 20 років функціонування на ньому було забезпечено запобігання негативному впливу процесу розкладання відходів на довкілля та здоров'я людей. За статистикою, таких полігонів у нашій країні налічується 6,5 тисячі, які займають 7% території. А крім цих законних існує 35 тисяч несанкціонованих звалищ. Загальну площу українських смітників-гігантів можна прирівняти до площі всієї Данії (понад 43 тисячі км²).

З ростом економіки збільшується й кількість пропонованих товарів і послуг, а разом з ними і обсяги твердих промислових та побутових відходів. Відходи є глобальною проблемою, адже у всіх країнах світу старанно намагається розширити асортимент своїх пропозицій покупцеві, зацікавити його за всяку ціну. Часто цією ціною є кількість ТПВ, які виникають в місцях життєдіяльності людини.

Варто нагадати, що неправильне поводження з ТПВ може призвести до виникнення інфекційних захворювань, адже найчастіше мешканцями звалищ ТПВ є синантропні види тварин, які здатні переносити різні небезпечні для людини захворювання. Також, це загрожує забрудненням ґрунтового покриву ґрунтових та інших підземних вод зони активного водообміну, повітряного середовища і навіть виникненням пожеж.

Щоб уникнути всіх цих негативних впливів створюються спеціальні полігони для ТПВ (предмети або товари, що втратили споживчі властивості). Даний об'єкт являє собою спеціальну споруду, яка призначена для ізоляції та знешкодження ТПВ. Метою полігону ТПВ є захист навколишнього середовища від забруднення. При цьому важливо максимально ефективно використовувати площу, відведену для такого полігону, забезпечити можливість безпечного використання даної ділянки землі після закриття полігону, убезпечити життя і здоров'я населення прилеглих територій, які проживають за санітарно-захисною зоною.

Згідно до наказу Міністерства з питань житлово-комунального господарства України «Про затвердження правил експлуатації полігонів

побутових відходів» від 01.12.2010 № 435 [22] існують вимоги до: приймання та обліку відходів; складуванню відходів; експлуатації машин, механізмів і устаткування; екологічної та санітарної безпеки; охороні, освітленню і засобів зв'язку; пожежної безпеки; охороні праці.

Екологічна та санітарна безпека на полігонах ТПВ передбачає:

1) на полігонах має бути створена система моніторингу та заходи екологічної безпеки мають бути спрямовані на захист нормального стану повітря, ґрунту та підземних вод;

2) дослідження проб повітря проводиться за такими показниками: азот, діоксид вуглецю, ангідрид сірчаний, вуглецю оксид, сірководень, фенол, формальдегід;

3) на основних напрямках поширення легких фракцій відходів встановлюються тимчасові сітчасті переносні елементи огорожі (один раз на добу огорожу, що затримує леткі фракції, слід очищати);

4) керівник (власник) полігона ТПВ зобов'язаний забезпечити проведення контролю за станом атмосферного повітря на межі санітарно-захисної зони та на виробничій території атестованою лабораторією (перелік забруднюючих речовин, періодичність та точки відбору проб повітря повинні узгоджуватися відповідно до Державних санітарних правил охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами), затверджених наказом Міністерства охорони здоров'я України від 09.07.97 № 201;

5) проїзд транспортних засобів через контрольно-дезінфікуючу зону є обов'язковим при температурі повітря понад +5 °С;

6) необхідно відкачувати один раз на 10 днів розчин із контрольно-дезінфікуючої зони у цистерну з подальшим транспортуванням асенізаційними машинами на очисні споруди каналізації;

7) при температурі повітря понад $+25^{\circ}\text{C}$ ділянки ущільнення відходів необхідно поливати водою з розрахунку 10 дм^3 на 1 м^3 ТПВ або розчином із контрольно-дезінфікуючу зони;

8) дослідження ґрунту на території полігона побутових відходів та у межах санітарно-захисної зони (на відстані 50, 100, 200 і 500 м) повинні проводитись не рідше ніж двічі на рік;

9) територія полігона ТПВ має бути обмежена нагірною канавою для запобігання витіканню за межі полігона забруднених поверхневих вод (не рідше ніж двічі на місяць операторам інженерного обладнання полігона слід проводити її огляд і за потреби очищати);

10) контроль за станом підземних вод має проводитись щокварталу через спостережні свердловини, кількість, розташування і глибина яких встановлюються згідно з проектом полігона;

11) полігон ТПВ повинен бути оснащений системами захисту ґрунтових вод, вилучення та знешкодження біогазу та фільтрату;

12) для відлякування птахів встановлюється спеціальне звукове та біоакустичне обладнання;

13) екологічні і санітарно-технічні заходи, які здійснюються протягом року, заносяться у паспорт місць видалення відходів відповідно до Порядку ведення реєстру місць видалення відходів, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 03.08.98 № 1216 .

Вказані правила експлуатації полігонів ТПВ розроблені для того, щоб діяльність полігонів була дійсно корисною для людства і позбавила їх від ряду проблем, а також щоб запобігти можливим катастрофічним наслідкам роботи даних об'єктів. Ці правила є обов'язковими для підприємств, діяльність яких пов'язана з експлуатацією або утриманням полігонів.

На в'їзді в полігон обов'язково повинен бути щит з інформацією про даний об'єкт (назва полігону, рік введення в експлуатацію, режим роботи, види відходів, які приймаються і т. д.). Також обов'язковою є організація контрольно-пропускного пункту з автомобільними вагами, які дозволять зважити відходи, які надійшли на полігон; вишкою; спеціальними приладами для радіометричного контролю.

На даних полігонах ТПВ існує також ряд правил, які стосуються екологічної та санітарної безпеки. Відповідно до закону, на полігонах обов'язково повинна бути система моніторингу, яка спрямована на захист навколишнього середовища і всіх її компонентів. На кордонах санітарно-захисної зони, а також безпосередньо на полігоні необхідно здійснювати відбір проб повітря для контролю стану атмосфери, для цього власник полігону повинен викликати спеціалізовану лабораторію. Також необхідно проводити дослідження ґрунтів. Забруднюючі речовини здатні через ґрунт потрапляти в підземні води, тому важливо проводити їх контроль через спеціальні свердловини, здійснювати їх захист, шляхом оснащення систем захисту підземних вод. Також необхідною є розробка карти з вказаним на ній майданчиком, який ділиться на зону розвантаження і складування. Ці карти вказуються в щорічних технологічних планах організації робіт.

Згідно ДБН В.2.4.-2-2005 «Полігони твердих побутових відходів. Основи положення проектування» [23] на кожен полігон повинен бути розроблений проект полігону ТПВ, що включає санітарно-технічний паспорт. Саме згідно з цим проектом ведуться роботи на полігонах. Так само для кожного полігону повинна бути розроблена інструкція по його експлуатації.

На полігоні повинен бути також паспорт місця видалення відходів, згідно з порядком ведення реєстру місць видалення відходів, затвердженого постановою КМУ від 03.08.98 №1216 (1216-98-п). У ньому вказуються екологічні та санітарно-технічні заходи, проведені протягом року.

Відомо, що сучасні полігони ТПВ – це комплексні природоохоронні споруди, призначені для знешкодження та захоронення відходів. Полігони ТПВ повинні забезпечувати захист від забруднення відходами повітряного басейну, ґрунтового покриву, поверхневих та ґрунтових вод, а також перешкоджати поширенню гризунів, комах та хвороботворних мікроорганізмів.

Розміри земельних ділянок, що відводяться під полігон, розраховуються за умови 0,02...0,05 га на 1000 т ТПВ. Теоретична місткість полігону на розрахунковий термін експлуатації (15...30 років) визначається за такою формулою:

$$V_{II} = (U_1 + U_2) (H_1 + H_2) T K_2 / 4K_1, \quad (2.1)$$

де U_1, U_2 – питомі річні норми накопичення відходів у перший та останній роки експлуатації полігону, т/людину.;

H_1, H_2 – чисельність населення, обслуговуваного полігоном, перший і останні роки експлуатації, чол.;

T – розрахунковий термін експлуатації полігону, роки;

K_1 – коефіцієнт ущільнення ТПВ, рівний відношенню щільності ТПВ після ущільнення до щільності ТПВ, що доставляють сміттєвози на полігон (залежить від маси ґрунтоущільнюючої машини і товщини ізолюючого шару);

K_2 – коефіцієнт, що враховує збільшення обсягу полігону за рахунок влаштування зовнішніх та внутрішніх ізолюючих шарів (залежить від ізолюючого матеріалу – ґрунту, що забирається з основи полігону, або привізного).

Питома річна норма накопичення ТПВ за обсягом за 2-й рік експлуатації визначається за умови щорічного зростання її за обсягом на 3%, тобто

$$U_2 = U_1 + (1,03) T.$$

Коефіцієнт K_1 , що враховує ущільнення ТПВ у процесі експлуатації полігону за весь термін T визначається за таблицею з урахуванням маси бульдозера або катки:

Таблиця 2.1 – Можливі значення коефіцієнту K_1

Маса бульдозера або катка, т	Повна проектна висота полігону, м	K_1
3-6	20-30	3,0
12-14	менше 20	3,7
12-14	20-30	4,0
20-22	50 та більше	4,5

Коефіцієнт K_2 , що ураховує об'єм ізолюючих шарів ґрунту, в залежності від загальної висоти, визначається за таблицею 2.2.

Таблиця 2.2 – Можливі значення коефіцієнту K_2

Висота, м	5,25	7,50	9,75	12-15	16-39	40-50	Понад 50
K_2	1,37	1,27	1,25	1,22	1,20	1,18	1,16

Площа ділянки складування ТПВ визначається за формулою:

$$S_{у.с.} = 3V_{П} / H, \quad (2.2)$$

де H – проектна висота полігону, м.

Необхідна площа полігону складає :

$$S = 1,1 S_{у.с.} + S_{дон}, \quad (2.3)$$

де $S_{\text{доп}}$ – площа ділянці господарської зони та ділянці мийки контейнерів (у середньому $S_{\text{доп}} = 1,0$ га).

Нормований розмір санітарно-захисної зони (СЗЗ) полігону ТПВ становить 500 м. Створення полігонів та СЗЗ навколо них потребує відчуження великих земельних площ (40...200 га). Полігони ТПВ не можна розміщувати ближче за 15 км від аеропортів. Не допускається розміщення полігонів на території 1-го та 2-го поясів зон санітарної охорони джерел водопостачання, у місцях масового відпочинку населення та оздоровчих закладів.

При виборі ділянки розміщення полігону враховують гідрологічні і гідрогеологічні умови місцевості. Ґрунтові води на ділянці полігону повинні залягати на глибині понад 2 м. Не можна використовувати під полігони болота, території, що затоплюються, райони геологічних розломів. Перевага надається ділянкам залягання водотривких порід - глин, суглинків.

На кількісну характеристику викидів забруднюючих речовин з полігонів відходів впливає велика кількість факторів, серед яких:

- кліматичні умови;
- Робоча (активна) площа полігону;
- Терміни експлуатації полігону;
- кількість похованих відходів;
- Потужність шару складованих відходів;
- Співвідношення кількостей завезених побутових та промислових відходів;
- морфологічний склад завезених відходів;
- Вологість відходів;
- утримання органічної складової у відходах;
- вміст жироподібних, вуглеводоподібних та білкових речовин в органіці відходів;
- технологія захоронення відходів.

Продуктом анаеробного розкладання органічної складової відходів є біогаз, що представляє собою в основному суміш метану та вуглекислого газу. Система збору біогазу складається з кількох рядів вертикальних колодязів (газодренажних свердловин) чи горизонтальних траншей. Останні заповнені піском або щебнем та перфорованими трубами.

Питомий вихід біогазу за період його активної стабілізованої генерації при метановому бродінні стосовно абсолютно сухої речовини відходів визначається за рівнянням:

$$Q = 10^{-4} R(0,92Ж + 0,62У + 0,34Б), \quad (2.4)$$

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

R – вміст органічної складової у відходах, %;

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

$У$ - вміст вуглеводоподібних речовин в органіці відходів, %;

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

$R, Ж, У$ і $Б$ визначаються аналізами проб відходів, що забираються.

У реальних умовах відходи містять певну кількість вологи, яка сама собою біогаз не генерує. Отже, вихід біогазу, віднесений до одиниці ваги реальних вологих відходів, буде меншим, ніж віднесений до тієї ж одиниці абсолютно сухих відходів у $10^{-2} (100 - W)$ разів, оскільки у ваговій одиниці вологих відходів абсолютно сухих відходів, що генерують біогаз, буде лише $10^{-2} (100 - W)$ від цієї одиниці (тут W – фактична вологість відходів, %, визначена аналізаторами проб відходів).

З урахуванням вищесказаного рівняння виходу біогазу при метановому бродінні реальних вологих відходів набуває вигляду:

$$Q_w = 10^{-6} R(100 - W)(0,92Ж + 0,62У + 0,34Б), \quad (2.5)$$

де співмножник $10^{-6} (100 - W)$ враховує, якою є частка абсолютно сухих відходів у загальній кількості реальних вологих відходів.

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

$$P_{y\partial} = \frac{Q_W}{t_{c\partial p}}, \quad (2.5)$$

де $t_{c\partial p}$ - період повного зброджування органічної частини відходів, років, що визначається за наближеною емпіричною формулою:

де $t_{серед .тепл}$ – середня із середньомісячних температура повітря в районі полігону твердих побутових та промислових відходів (ТПВ та ПЗ) за теплий період року ($t > 0$), °C;

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

Для визначення густини біогазу, кг/м³, застосовується формула:

$$\rho_{б.г.} = 10^{-6} \sum_{i=1}^n C_i, \quad (2.6)$$

де C_i – концентрація i -го компонента біогазу, мг/м³.

Використовуючи отримані аналізами концентрації компонентів у біогазі та розраховану його щільність, визначається ваговий процентний вміст цих компонентів у біогазі:

$$P_{y\partial.i} = \frac{C_{вес.i} \cdot P_{y\partial}}{100}, \quad (2.7)$$

За розрахованим кількісним виходом біогазу за рік, віднесеним до 1 тонни відходів і ваговим відсотковим вмістом компонентів у біогазі визначаються питомі маси компонентів, кг/т відходів на рік, за формулою:

$$P_{y\partial.i} = \frac{C_{вес.i} \cdot P_{y\partial}}{100}, \quad (2.8)$$

Для розрахунку величин викидів підраховується кількість активних відходів, що стабільно генерують біогаз, з урахуванням того, що період стабільного активного виходу біогазу в середньому становить 20 років і що фаза анаеробного стабільного розкладання органічної складової відходів настає через в середньому 2 роки після поховання відходів, , завезені в останні два роки, не входять до активних.

Таким чином, якщо полігон функціонує менше 20 років, то враховуються всі відходи, за винятком завезених в останні 2 роки, а якщо полігон функціонує понад 20 років, то враховуються лише відходи, завезені в останні 20 років, за винятком відходів, ввезених в останні 2 роки. року.

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

$$M_i = 0,01 \cdot C_{вес.i} M_{сум}, \quad (2.9)$$

$$M_{сум} = \frac{P_{y\partial} \sum D}{86,4 \cdot T_{тепл}}, \quad (2.10)$$

де $\sum D$ - кількість активних, що стабільно генерують біогаз відходів, т;

$T_{тепл}$ – тривалість теплого періоду року у районі полігону ТПВ, днів.

Біогаз утворюється нерівномірно залежно від пори року. При негативних температурах процес «мезофільного зброджування» (до 55 °С) органічної частини ТПВ та ПЗ припиняється, відбувається т. з. «законсервування» до настання теплішого періоду року ($t_{серед. міс.} > 0$ °С).

Наведена формула для обчислення максимального разового викиду i компонента справедлива тільки в теплий період року ($t_{серед. міс.} > 8$ °С). При обстеженні в холодніший час ($0 < t_{серед. міс.} \leq 8$ °С), що недоцільно хоча б через додаткові похибки вимірювання, у формулі слід застосовувати підвищує коефіцієнт нерівномірності утворення біогазу 1,3.

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

$$G_{\text{сум}} = M_{\text{сум}} \left(\frac{a \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600}{12} + \frac{b \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600}{12 \cdot 1.3} \right) \cdot 10^{-6}, \quad (2.11)$$

$$G_i = 0.01 \cdot C_{\text{вес.}i} \cdot G_{\text{сум}},$$

де a і b - періоди, відповідно, теплого і холодного періоду року в місяцях (а при $t_{\text{серед. міс.}} > 8^{\circ}\text{C}$, b - при $0 < t_{\text{серед. міс.}} \leq 8^{\circ}\text{C}$).

3 ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ВІД ПОЛІГОНІВ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

Мінімізація негативного впливу полігонів ТПВ на стан довкілля і здоров'я населення є дуже важливою проблемою у багатьох країнах. Тільки в країнах ЄС є близько 30 тис. великих і середніх полігонів, де накопичено 4,5 млрд. т побутових відходів, найближчим часом підлягають закриттю. Полігоні ТПВ охоплюють близько 1100 км², де непридатних для мешкання людей та вирощування сільськогосподарських культур. Щороку утворюється понад 600 млн. м³ токсичного фільтрату, який потрапляє у підземні та наземні джерела водопостачання на десятки кілометрів навколо кожного полігону ТПВ. Місця видалення ТПВ є «резервуарами» патогенних мікроорганізмів, які разносяться синантропними тваринами в оселі людей. Від полігонів ТПВ у повітряний басейн надходить понад 100 шкідливих та парникових газів. За даними Європейської економічної комісії наприкінці XX століття, близько 57% ТПВ відходів у Західній Європі та 83,7% у Центральній та Східній Європі видалялися на полігони. Домінуючим способом поводження з ТПВ і Україні також залишається їх захоронення на полігонах та звалищах. У 2019 р. було перероблено лише 0,14% та спалено (для отримання енергії) 1,7% від загальної кількості утворених ТПВ (11,86 млн т, або 280,5 кг на одного мешканця), а решта – розміщено на полігонах і звалищах. В Україні нараховується приблизно 5470 полігонів та звалищ, з них 5,6% перевантажені, а 30% не відповідають вимогам екологічної безпеки. За експертними оцінками, вимогам ЄС не відповідають понад 99% полігонів. Накопичення ТПВ на полігонах та звалищах зумовлює забруднення атмосфери, поверхневих і підземних вод, родючих ґрунтів, негативно впливає на природні екосистеми, завдає шкоди сільському господарству, а викиди парникових газів впливають на кліматичні зміни [24].

Відомо, що ієрархія поводження з ТПВ передбачає наступну послідовність дій з ними: запобігання утворенню відходів → підготовка до повторного використання → перероблення відходів → інша утилізація →

видалення на полігони (рис. 3.1), тобто видалення на полігони знаходиться на найнижчому ступені екологічного ранжирування способів поводження з ТПВ, проте цей спосіб залишається домінуючим в Україні.

Отже, видалення на полігони – це останній в ієрархії спосіб поводження з відходами. У різних країнах – різні відсотки захоронення ТПВ. Ті держави, що почали розбудовувати свою систему управління ТПВ раніше, досягли низького відсотку захоронення (у Швеції цей показник становить менше 1%) інші середнього (Польща – 44%). Україна ж захоронює близько 95% утворюваних відходів. Разом з тим, плата за захоронення відходів є



Рис. 3.1 - Ієрархія методів поводження з ТПВ

надзвичайно малою – найменша у Волинській області – 1,3 євро/т., найбільша у Запорізькій області - 5,3 євро/т., а в середньому по Україні це 2,4 євро/т. Зрозуміло, що з такою платою за захоронення немає стимулу розвивати інші складові ієрархії поводження з відходами. Для того, щоб захоронення на полігонах було безпечним в Європі діє окрема Директива 1999/31/ЄС Європарламенту і Ради від 26 квітня 1999 р. про захоронення відходів. В документі зазначено, що у витратах щодо організації та здійснення захоронення, враховувалися також вартість закриття та наступної обробки місць захоронення протягом 30 років.

В зв'язку з цим, виникає актуальна проблема оцінки екологічного ризику від функціонування полігонів ТПВ на території регіонів України.

Екологічний ризик – це потенційна ймовірність виникнення негативного на довкілля внаслідок різних антропогенних чи природних процесів. Екологічні ризики можуть включати широкий спектр подій, від промислових аварій та забруднення довкілля до природних катастроф та змін клімату. Вони впливають на стан довкілля та здоров'я людини, а також на екологічні та соціально економічні умови. Формування екологічних ризиків залежать від комплексу факторів. Відносно до полігонів ТПВ антропогенним (техногенним) фактором є сама технічна споруда, нормальне функціонування якої залежить від фізико-географічних, інженерно-геологічних, гідрогеологічних та інших природних факторів, включаючи стихійні процеси (землетруси, зсуви, карстові провалля, зливи, повені, урагани, ураження блискавкою, пожежі в природних екосистемах тощо). Наявність герметичної ізоляції стінок та днища карт полігону, системи збирання та очищення фільтрату та моніторингових свердловин, системи збору біогазу, протипожежних заходів і т. д. є важливими технологічними факторами запобігання екологічного ризику. Відсутність наднормативного економічного збитку навколишньому середовищу, ефективність функціонування є важливими економічними чинниками функціонування полігону ТПВ. Відсутність негативного впливу на середовище існування населення територій, прилеглих

до полігону ТПВ, а також рівень екологічної культури, який перешкоджає утворенню стихійних сміттєзвалищ, є важливими соціально-культурним чинниками запобігання екологічного ризику.

Оцінка екологічних ризиків – це виявлення та оцінка ймовірності настання подій, що мають несприятливі наслідки для стану довкілля, здоров'я населення, діяльності підприємств та викликаних забрудненням довкілля, порушенням екологічних вимог, надзвичайними ситуаціями природного та техногенного характеру. На процедуру розрахунку ймовірності істотно впливає ступінчастий характер реалізації екологічного ризику, завдяки якому підсумковий показник представлятиме твір як мінімум двох (а то й більше) значень:

$$P = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \quad (3.1)$$

де P – підсумкова ймовірність реалізації екологічного ризику; P_1 – ймовірність виникнення небезпечної події чи явища, що зумовлює формування та дію шкідливих факторів; P_2 – ймовірність формування та дії шкідливих факторів у місці знаходження людей або об'єктів навколишнього середовища; P_3 – ймовірність того, що дія шкідливих факторів призведе до певних збитків.

Наведена формула вимагає оцінки замість одного кількох компонентів, що створює додаткові складності, проте дозволяє проаналізувати та точніше визначити вплив окремих факторів. Це підвищує можливості пошуку «вузьких місць», а отже, збільшує результативність процесу прийняття управлінських рішень щодо зниження небезпеки. Разом з тим на практиці, в багатьох випадках, більш менш точне прогнозування не є можливим. Зокрема це стосується малої ймовірності подій одиничного характеру з досить великими наслідками (наприклад, руйнування греблі ГЕС). У таких ситуаціях можливості технічної катастрофи визначаються з урахуванням моделювання надійності систем, і отримані значення становлять, зазвичай, надмірно малу величину, якої недоцільно оперувати у розрахунках. Подібна оцінка

ймовірності покликана відобразити ступінь безвідмовності об'єкта, тоді як практична можливість аварії в принципі не допускається через її катастрофічні наслідки.

Оцінка екологічного ризику може бути проведена на підставі наявних наукових та статистичних даних про екологічно значущі події, катастрофи, про внесок екологічного чинника в стан санітарно-екологічного благополуччя населення, про вплив забруднення довкілля на стан біоценозів та ін.

Якісні методи оцінки екологічних ризиків:

1) експертні оцінки та аналіз сценаріїв, які ґрунтуються на експертних думках та аналізі сценаріїв (вони включають аналіз потенційних екологічних загроз та їх впливу на основі професійного судження та досвіду фахівців);

2) участь зацікавлених сторін (ключовим елементом є залучення зацікавлених сторін, включаючи громадськість, наукову спільноту та промисловість, для забезпечення комплексного розуміння різних аспектів екологічних ризиків управління та мінімізація екологічних ризиків);

3) стратегії управління ризиками (розробка та реалізація стратегій їхньої мінімізації, що може включати технічні заходи, політики та процедури, спрямовані на зниження ймовірності виникнення ризиків та зменшення їхнього потенційного впливу);

4) запобігання та пом'якшення наслідків (комплексний підхід, що включає нормативно-правове регулювання, технологічні інновації та підвищення екологічного усвідомлення суспільства).

Кількісні методи оцінки екологічних ризиків:

1) методи статистичного аналізу (статистичний аналіз даних про частоту та наслідки минулих екологічних подій, що дозволяє оцінити ймовірність виникнення певних екологічних ризиків та потенційний рівень їхнього впливу);

2) моделювання та прогнозування (застосування математичного та комп'ютерного моделювання для прогнозування екологічних ризиків є ще

одним ключовим кількісним підходом, які допомагають аналізувати різні сценарії та передбачати можливі зміни в екосистемах).

Сутність статистичного методу полягає у вивченні статистики втрат і прибутку, що мали місце на даному чи аналогічному підприємстві, з метою визначення ймовірності події та установлення ризику; головними інструментами цього методу розрахунку ризику є: ймовірність настання випадкової події, середнє очікуване значення досліджуваної випадкової величини, дисперсія, стандартне (середньоквадратичне) відхилення та коефіцієнт варіації; під ймовірністю появи випадкової величини як міри ризику (R) мається на увазі ймовірність виникнення збитків або недоодержання доходів порівняно з прогнозованим варіантом:

$$R = P(x), \quad (3.2)$$

де x – випадкова величина збитку; $P(x)$ – ймовірність виникнення збитку.

При оцінці впливу полігонів ТПВ на стан довкілля доцільно виділяти такі складові:

- 1) хімічні (газоподібні похідні вуглецю та рідкі вуглеводні, пластмаси, діоксини, фільтрати тощо);
- 2) біологічні (мікробіологічне отруєння дихальних шляхів продуктами спалювання, отруєння різними вірусами тощо);
- 3) механічні (порушення естетичного вигляду, знищення рослинності, зниження родючості, утворення сміттєзвалищ тощо). Однією з важливих проблем при оцінці екологічного ризику є визначення можливих збитків, які торкаються соціально-економічної, екологічної та інших сфер життєдіяльності людини

У сучасних підходах при аналізі ризику основним є аналіз наслідків для об'єктів, що зазнають впливу, на відміну від традиційних підходів до екологічної безпеки, що орієнтують на аналіз самих джерел небезпеки.

Проведення комплексного аналізу ризику для забезпечення безпеки населення та природних екосистем потребує вирішення цілої низки теоретико-методологічних проблем, які можна поділити на проблеми оцінки ризику, експортування ризику та управління ризиком. Основною проблемою, що потребує вирішення на шляху побудови універсальної методології комплексного аналізу ризику для населення та природних екосистем, у сфері поводження з ТПВ, можна виділити проблему обліку, порівняння та інтегрування різних антропогенних впливів при оцінці ризику на території регіону. У цьому актуальним завданням є побудова методів оцінки сумарного ризику впливу різних чинників техногенного походження. Як відомо, найпоширенішими способами зниження екологічних ризиків є страхування та диверсифікація, або розподіл.

Варто зазначити, що концепція ризику включає оцінку ризику і управління ризиком. Оцінка ризику – аналіз генезису та масштабів ризику у конкретній ситуації, а управління ризиком – аналіз ризикової ситуації та розробка рішення. Оцінка ризику дається з метою визначити, де криються основні для здоров'я людини проблеми, а процес вироблення рішення про те, як усунути ці проблеми, є управлінням ризиком. Оцінка ризику та управління ним – складові єдиного процесу прийняття рішення, що базується на характеристиці ризику. При цьому характеристика ризику є кінцевою ланкою оцінки ризику і початковим управлінням ризиком, поєднуючи обидві ці процедури. Звідси випливає їхня головна цільова функція – визначення пріоритетів у діях, спрямованих на мінімізацію ризику, для чого необхідно знати як основні джерела ризику (оцінка ризику), так і найбільш ефективні шляхи його скорочення (управління ризиком).

У всіх випадках головне призначення оцінки ризику полягає в наступному:

- 1) визначення пріоритетів серед цілого спектра негативних впливів забруднюючих речовин (ЗР), які містяться у довкіллі, на здоров'я людини, що закладає наукову основу управління екологічним ризиком;

2) тісно пов'язана з цим можливість оперативного попарного порівняння токсичності згаданих ЗР, що дуже суттєво, враховуючи тривалий характер та високу вартість офіційної процедури оцінки ризику, пов'язаного з конкретною ЗР.

Ризик для природної екосистеми або здоров'я людини, пов'язаний із забрудненням довкілля, виникає за таких необхідних та достатніх умов:

1) існування джерела ризику, (ЗР у природних складових довкілля, продуктах харчування та підприємства з випуску продукції, які містять ЗР, або технологічного процесу, що передбачає використання цих речовин тощо);

2) присутність даного джерела ризику у певної, шкідливої для здоров'я людини дози або концентрації (порогові величини цих доз та концентрацій не завжди можуть бути встановлені);

3) схильність людини до впливу згаданої дози ЗР. Перелічені умови утворюють разом реальну загрозу чи небезпеку здоров'ю людини.

Така структуризація ризику дозволяє виділити основні етапи процедури оцінки екологічного ризику:

1) ідентифікація ризику та виявлення потенційної небезпеки;

2) оцінка експозиції, тобто реального негативного впливу на стан довкілля і здоров'я людини; 3) оцінка залежності «доза – відповідь»), тобто кількісна оцінка реакції навколишнього середовища та людського організму на певну дозу впливу (при наявності необхідної бази емпіричних даних);

4) процедури оцінки ризику (результат попередніх етапів) – характеристика ризику за якісними і кількісними критеріями (від джерела ризику через посередніх ланцюгів до реципієнтів, тобто людини і його оточуючого середовища).

Найбільш суттєвими екологічними ризиками за ступенем впливу на довкілля при поводженні з відходами є:

1) забруднення повітряного басейну внаслідок займання ТПВ у місцях розміщення (фактори ризику – суб'єкт, об'єкт або діяльність, які самостійно або в комбінації один з одним за певних умов можуть призвести до реалізації

ризиках); у процесі загоряння відходів на полігонах та звалищах відбувається виділення в атмосферу різних забруднюючих речовин (ЗВ), зокрема надзвичайно токсичних діоксинів;

2) забруднення атмосфери внаслідок утворення та викиду в атмосферу парникових газів (CO_2 , CH_4), причому парниковий ефект молекули CH_4 в 21 раз більший за вплив молекули CO_2 (фактори ризику – порушення технології поводження з відходами та відсутність будь-яких технологій запобігання емісії парникових газів); ТПВ при похованні завдають шкоди природним екосистемі, а біогаз, що на 60% складається з CH_4 , викликає пожежі, а неприємний запах від полігонів та звалищ ТПВ поширюється повітряними потоками на кілька кілометрів, створюючи несприятливі умови для мешканців прилеглих населених пунктів;

3) забруднення ґрунтів важкими металами та іншими ЗР у місцях розміщення відходів (фактори ризику – відсутність роздільного збору та сортування ТБО, призводить до великої ймовірності попадання важких металів та інших ЗР через тіло полігонів та звалищ у ґрунтовий покрив;

4) забруднення ґрунтових та інших підземних вод у місцях розташування полігонів та звалищ (фактори ризику – порушення норм та правил поводження з ТПВ, таких як відсутність належної ізоляції полігонів та системи очищення атмосферних опадів і поверхневих вод, які інфільтруються через шари відходів і призводить до утворення фільтрату в процесі гниття органічної складової ТПВ, а також технічна неудоконаленість полігонів, відсутність належного контролю з боку наглядових органів).

Розміщення полігонів ТПВ є одним із найскладніших завдань, оскільки вони належать до екологічно небезпечних об'єктів. На жаль, будівництво більшості полігонів ТПВ в регіонах України здійснювалося, як правило, без урахування відповідних фізико-географічних, інженерно-геологічних, гідрогеологічних, технічних та соціально-економічних умов, не кажучи вже про численні стихійні звалища. Необхідними складовими сучасних полігонів ТПВ є: прошарки (мембрани) для захисту водоносних горизонтів від

забрудненого фільтрату; система контролю за стоком; система збирання та очищення фільтрату; свердловини для моніторингу; відповідні умови для рекультивації земель.

В процесі експлуатації полігону ТПВ, а також протягом тривалого часу після припинення його функціонування, відбувається виділення звалищних газів, утворюється фільтрат, змінюються фізико-хімічні властивості гірських порід під тілом полігону, що призводить до збільшення їхньої фільтраційної здатності і, як наслідок, до забруднення ґрунтових та інших підземних вод. Однак більшість функціонуючих та закритих полігонів ТПВ в регіонах України фактично не обладнані інженерними спорудами, що дають змогу забезпечити мінімізацію забруднення довкілля тому, що, як правило, не здійснюється належний контроль ТПВ, що депонуються, роботи системи збирання та утилізації біогазу, ефективності очищення фільтрату, а також не проводяться та моніторингові дослідження стану атмосферного повітря, якості поверхневих та підземних вод, родючих ґрунтів та геологічного середовища. Звичайно, зона забруднення навколо великих полігонів ТБО (площа >16 га) досягає 1,5 км (у напрямку масопереносу), середніх ТБО (площа 4-16 га) – 800-900 м, дрібних (площа < 4 га) – 500-600 м. Оцінка впливу полігонів ТПВ на навколишнє середовище може здійснюватися за деякими критеріями, які наведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Оцінка впливу полігонів ТПВ на навколишнє середовище

Ступінь впливу	Критерій			
	Підземні води	Поверхневі води	Ґрунти	Рослинність
Допустима	Елементи I-IV класів небезпеки – ГДК < 1		$Z_c \leq 16$	$Z_c \leq 8$
Помірно небезпечна	Елементи I-II класів небезпеки – ГДК = 1-2,5		$Z_c = 16-32$	$Z_c = 8-32$
	Елементи III-IV класів небезпеки – ГДК = 1-10			
Небезпечна	Елементи I-II класів небезпеки – ГДК = 2,5-5		$Z_c = 32-128$	$Z_c = 32-128$
	Елементи III-IV класів небезпеки – ГДК = 10-50			
Надзвичайно небезпечна	Елементи I-II класів небезпеки – ГДК ≥ 5		$Z_c \geq 128$	$Z_c \geq 128$
	Елементи III-IV класів небезпеки – ГДК ≥ 50			

Примітка до табл. 3.1: Z_c – сумарний показник забруднення:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_c - (n - 1),$$

де n – число аномальних компонентів (хімічних елементів), що враховуються; K_c – коефіцієнт концентрації, рівний кратності перевищення вмісту даного компонента (хімічного елементу) над фоновим значенням.

Як правило, найбільшого забруднення зазнають поверхневі і підземні води зони активного водообміну, ґрунтово-рослинний покрив та поверхневі відклади. Особливу небезпеку у цьому процесі становить фільтрат, який являє собою складну за хімічним складом рідини жовтувато-бурого або коричневого кольору з неприємним запахом продуктів розкладу харчових відходів. Він утворюється із вод, що виникають в результаті інфільтрації атмосферних опадів у «тіло» полігону, а потім концентруються в його основі. При цьому проходячи через товщу відходів, фільтрат збагачується різноманітними ЗР, що входять до їх складу, або ж насичується продуктами їх розкладання органічних речовин. У межах сміттєзвалищ, закладених без дотримання правил охорони довкілля (наприклад таких, що не мають протифільтраційних екранів, системи відведення і очищення фільтрату тощо), фільтрат зазвичай вільно стікає в напрямку понижених ділянок, і, як наслідок, потрапляє у ґрунтовий покрив і підстилаючи його осадочні утворення, поверхневі води, донні відклади, ґрунтові та інші підземні води [25].

Навколо полігону ТПВ формується ореол заміщення природних вод техногенними. У межах ореолу впливу фіксується закономірна диференціація макро- та мікрокомпонентів підземних вод. Загальна спрямованість заміщення водами техногенного походження зводиться до формування гідрохімічної зональності вод у напрямку від джерела: $Cl^- Mg^{2+} - Na^+ \rightarrow HCO_3^- - Cl^- Mg^{2+} - Na^+ \rightarrow Cl^- - HCO_3^- - Mg^{2+} - Na^+ \rightarrow HCO_3^- - SO_4^{2-} - Mg^{2+} - Na^+ \rightarrow HCO_3^- - Na^+ - Ca^{2+}$ (характерні для зони активного водообміну). У цьому напрямі відзначається зниження рівня загальної мінералізації від 8-9 до 0,5-1,5 г/дм³, що відповідає ступеню розчинності солей у воді. Для забруджених підземних вод характерні

підвищені концентрації Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ , Fe , Mn , Se , Ni , Hg , Pb , Al , PO_4^{3-} , СПАР та фенолів. За аніонним складом підземні води, забрудненні фільтратом, $SO_4^{2-}-Cl^-$ або $Cl^- -SO_4^{2-}$.

У катіонному складі домінує Fe , який заміщує Na^+ . Гідрохімічні параметри поверхневих (річкових) вод, куди потрапляє фільтрат, відрізняються від забруднених підземних вод тому що, фільтрат змішується з поверхневими водами та різко змінює їх хімічний склад. Вони характеризуються підвищеним вмістом SO_4^{2-} , Na^+ , F^- , СПАР, нафтопродуктів, Fe , Mn , Ni , Bi , Ge , Zr , Sr . Забруднюється також води алювіальних відкладів, які характеризуються перевищенням (в одиницях ГДК): мінералізації – до 12,2; жорсткості – до 5,3; Na^+ – до 1,6; Cl^- – до 1,7; SO_4^{2-} – до 5,8; PO_4^{3-} – до 1,12; NH^+ – до 1,1; Fe – до 1556,2; Mn до 4,6; Al – до 3,2; F^- – до 2,5; Cd – до 7,0; Pb – до 5,2; Hg – до 1,8; Ni – до 3,5; Bi – до 1,8; Se – до 3,7. На території, прилеглій до полігону ТПВ також відбувається зміна аніонного та катіонного складу підземних вод під впливом інфільтрації фільтрату. Тому для запобігання забруднення підземних та поверхневих вод необхідно заходи щодо перехоплення забруднених фільтратом вод, а також їх збирання та знезараження [26].

Чисельна оцінка ризику на полігоні ТПВ з використанням методу матриці ризиків шляхом формалізації експертних можна розраховувати за формулою [27].

$$R = K_1 \cdot K_2 \cdot W \cdot S \quad (3.3)$$

де R – ризик на полігоні ТПВ;

W – ймовірність реалізації аварії; значення W коливається від 1 до 6 (1 – початок аварії малоїмовірно або ймовірність її виникнення не більше 10^{-3} – 10^{-2} разів на рік; 2 – початок аварії малоїмовірно або ймовірність її виникнення не більше 10^{-2} – $2 \cdot 10^{-2}$ разів на рік; 3 – початок аварії малоїмовірно або ймовірність її виникнення не більше $2 \cdot 10^{-2}$ – 10^{-1} разів на рік; 4 – початок аварії малоїмовірно або ймовірність її виникнення не більше

10^{-1} $2,5 \cdot 10^{-1}$ разів на рік; 5 – початок аварії малоймовірно або ймовірність її виникнення не більше 10^{-1} – $2,5 \cdot 10^{-1}$ разів на рік; 6 – початок аварії малоймовірно або ймовірність її виникнення не більше $2,5 \cdot 10^{-1}$ – 10^0 разів на рік або ймовірність її виникнення не більше 10^0 – 10^1 разів на рік (табл. 3.2) .

Таблиця 3.2 - Види аварій на полігоні ТПВ

Номер сценарію та ризик R_i	Види аварій
1(R_1)	Порушення дамби і тіла полігону ТБО (перелив, руйнування тіла дамби)
2(R_2)	Порушення герметичності стінок та днища полігону
3(R_3)	Витік забруднених стічних вод через дренажні канали та через ґрунтовий покрив
4(R_4)	Емісія забруднюючих речовин в атмосферу від очисних споруд
5(R_5)	Забруднення повітря внаслідок займання на картах полігону ТПВ
6(R_6)	Забруднення ґрунтового покриття важкими металами
7(R_7)	Викиди забруднюючих речовин в результаті екстремальних природних явищ або техногенних подій
8(R_8)	Аварії під час впровадження процесів переробки ТПВ
9(R_9)	Шкода здоров'ю людини як внаслідок спалахів інфекційних захворювань на полігонах ТПВ

S – величина шкоди. Величина S фактору оцінки наслідків катастрофічних аварій коливається в діапазоні від до 5.

Таблиця 3.3 - Величина S фактору оцінки наслідків катастрофічних аварій

S	Наслідки аварії в залежності від масштабу
1	Наслідки незначні, можуть бути ліквідовані керівництвом полігону при організації поточних витрат до 1 місяця
2	Наслідки обмежені; їх можна усунути за рахунок внутрішніх резервів керуючої компанії полігону або залучення позикових коштів. Витрати на ліквідацію наслідків не призведуть до банкрутства керуючої компанії. Термін ліквідації наслідків – до 1 року
3	Значні збитки, ліквідація наслідків вимагає підтримки федерального центру або міжнародних організацій. Термін ліквідації наслідків – 3 роки і більше
4	Великі збитки, ліквідація наслідків потребує підтримки федерального центру або міжнародних організацій. Термін ліквідації наслідків – 3 роки і більше
5	Невиправна шкода, наслідки можна мінімізувати протягом тривалого часу.

За результатами оцінки компонентів досліджуваного об'єкта зв'язки побудовані, пояснюючи зв'язок між психолінгвістичними операторами та кількісними призначених для них заходів (табл. 3.4) [28, 29,30, 31, 32, 33].

Таблиця 4 - Сценарії, оцінка ризиків та необхідні дії

Номер сценарію	Сценарій	Параметр R	Рівень ризику	Дії
1 (R_1)	Порушення, переповнення або знищення тіла дамби	$W = 4$ $K_1 = 1.2$ $K_2 = 1$ $S = 4$ $R_1 = 27$	Середній	Планування заходів зниження ризик за допомогою
2 (R_2)	Порушення герметичності стінок та днища полігону	$W = 2$ $K_1 = 1.5$ $K_2 = 1, 1$ $S = 4$ $R_1 = 13$	Низький	Ризиком можна знехтувати до отримання даних, що вказують збільшення ризик
3 (R_3)	Витік забруднених стічних вод через дренажні канали та через ґрунтовий покрив	$W = 6$ $K_1 = 1.7$ $K_2 = 1.3$ $S = 4$ $R_1 = 53$	Дуже низький	Заходів із залученням в сторонніх експертів із залученням великих фінансування обсягів
4 (R_4)	Емісія забруднюючих речовин в атмосферу від очисних споруд	$W = 6$ $K_1 = 1.4$ $K_2 = 1.2$ $S = 3$ $R_1 = 30$	Високий	Розробка та впровадження зниження ризику залучення додаткового фінансування
5 (R_5)	Забруднення повітря внаслідок займання на картах полігону ТПВ	$W = 4$ $K_1 = 1.3$ $K_2 = 1.2$ $S = 3$ $R_1 = 19$	Низький	Ризиком можна знехтувати до отримання даних, що вказують збільшення ризику
6 (R_6)	Забруднення ґрунтового покриву важкими металами	$W = 5$ $K_1 = 1.2$	Середній	Планування заходів зниження ризику

		$K_2 = 1.3$		
		$S = 3$		
		$R_1 = 23$		
7(R_7)	Викиди забруднюючих речовин в результаті екстремальних природних явищ або техногенних подій	$W = 1$ $K_1 = 1.2$ $K_2 = 1.3$ $S = 3$ $R_1 = 5$	Дуже низький	Ніяких особливих заходів не потрібно
8 (R_8)	Аварії під час впровадження процесів переробки ТПВ	$W = 2$ $K_1 = 1.2$ $K_2 = 1.3$ $S = 3$ $R_1 = 9$	Дуже низький	Ніяких особливих заходів не потрібно
9 (R_9)	Шкода здоров'ю людини як внаслідок спалахів інфекційних захворювань на полігонах ТПВ	$W = 3$ $K_1 = 1.6$ $K_2 = 1.2$ $S = 2$ $R_1 = 12$	Низький	Ризиком знехтувати до отримання даних, що вказують збільшення ризику

Аналіз показує, що найбільш небезпечні з точки зору соціальних та екологічних наслідків небезпечних ситуацій – це сценарії, пов'язані з фільтрацією вмісту карток-траншей у навколишнє середовище, і небезпеку представляють як існуючі, так і старі заповнені карти. Крім того, високий інтегральний ризик має сценарій із забрудненням атмосферного повітря полігональними газами. Щоб зменшити екологічні ризики цих двох ситуацій, доцільно використовувати комплексні методи утилізації ТПВ: сортування, компостування (табл. 3.5).

Таким чином, найбільш небезпечні з точки зору соціальних та екологічних наслідків небезпечних ситуацій – це сценарії, пов'язані з фільтрацією вмісту карт-ровів у навколишнє середовище. Також високий інтегральний ризик має сценарій із забрудненням атмосферного повітря

полігону газу. Отже, метод матриць ризиків через формалізацію експертних висновків показав, що комплексний спосіб утилізації ТПВ мінімізує антропогенне навантаження на середовища у сфері поводження з відходами.

Таблиця 3.5 - Оцінка ризиків складних методів утилізації ТПВ

Номер сценарію	Сценарій	Параметр R	Рівень ризику	
1 (R_1)	Порушення, переповнення або знищення тіла дамби	$W = 5$ $K_1 = 1.6$ $K_2 = 1.2$ $S = 3$ $R_1 = 23$	Середній	Планування заходів зменшення ризику із бронюванням спеціального бюджету
2 (R_2)	Порушення герметичності стінок та днища полігону	$W = 5$ $K_1 = 1.3$ $K_2 = 1.2$ $S = 2$ $R_1 = 16$	Низький	Ризиком можна знехтувати до отримання даних, що вказують на підвищення ризику.

Імовірність події (W) можна характеризувати як вірогідну ($W_{\text{ВІР}}$), що займає у шкалі ймовірностей діапазон $[0,5-0,79]$, малоїмовірну ($W_{\text{МІМ}}$), що займає діапазон $[0,3-0,49]$, дуже малоїмовірну ($W_{\text{ДМІ}}$), що займає діапазон $[0,1-0,29]$, неймовірну ($W_{\text{НІМ}}$), що займає діапазон $[0,00-0,09]$. З іншого боку, наслідки реалізації події (НР) можна розглядати як несуттєві (НСУ), помітні (ПОМ), критичні (КРИ) і катастрофічні (КАТ), які також можна охарактеризувати у відносних (до категорії КАТ) одиницях (відносно, НСУ= $<0,1-0,25>$, ПОМ= $<0,26-0,7>$, КРИ= $<0,71-0,89>$, КАТ= $<0,9-1,0>$) – табл. 3.6 [34].

Наприклад, таку подію, як витік звалищного газу з точки зору наслідків:

- 1) припинення процесу горіння ($W = W_{\text{ДМІ}}$, НР=НСУ);
- 2) отруєння ($W = W_{\text{ДМІ}}$, НР=КАТ);
- 3) вибух газу, пожежа ($W_{\text{ДМІ}} = W_{\text{ДМІ}}$, НР = КАТ).

Таблиця 3.6 - Матриця «Імовірність події-наслідки реалізації» 6 [11]

П \ НР	НСУ	ПОМ	КРИ	КАТ
НІМ	Припустимі	Припустимі	Припустимі	Умовно припустимі
ДМІ	Припустимі	Припустимі	Умовно припустимі	Умовно припустимі
МІМ	Припустимі	Умовно припустимі	Умовно припустимі	Не припустимі
МОЖ	Умовно припустимі	Умовно припустимі	Не припустимі	Не припустимі
ВІР	Умовно припустимі	Не припустимі	Не припустимі	Не припустимі

Заходи з попередження події: моніторинг CO з сигналізацією на пульт керування про виявлення CO у повітрі у контрольованих точках та про тенденції зміни концентрації CO . Кінцевий ризик після цього повинен бути мінімальним, який тільки можна реально досягти, тобто має потрапити у припустиму або умовно припустиму зону.

Іншою подією може бути помилка оператора («людський чинник»)-найчастіша причина небезпечних наслідків. Для цієї події $W = W_{\text{МОЖ}}$, а НР знаходиться у межах НСУ-КАТ, залежно типу помилки та місця цієї помилки у технологічному ланцюжку.

Заходи з попередження події включають блокування неприпустимих дій оператора з попередженням оператора про наслідки, дублювання технічних та програмних засобів, виконання тих чи інших процедур різними шляхами (методами) тощо. Слід зазначити, що введення надлишкових технічних та процедурних (програмних) засобів рекомендується для найбільш складних і відповідальних процедур, для яких НР = <КРИ, КАТ>.

Оптимальною оцінкою ризику, тобто така, яка відповідає наступній умові:

$$VaR(opt) = \max \{ VaR1, \dots, VaRn \}, \quad (3.4)$$

Виходячи з зазначеного вище, можна сформулювати такі евристичні поведінки з ТПВ:

$$\text{Якщо } \{ [(ТПВ_{лсп}) \text{ АБО } (ТПВ_{спео})] \text{ І } (R_c < R_n) \}, \text{ то (ПС),} \quad (3.5)$$

$$\text{Якщо } \{ [(ТПВ_{лсв}) \text{ АБО } (ТПВ_{свео})] \text{ І } (R_c < R_n) \}, \text{ то (ВС),} \quad (3.6)$$

$$\text{Якщо } \{ [(ТПВ_{всп}) \text{ АБО } (ТПВ_{спен})] \text{ І } (R_c > R_n) \}, \text{ то (ТС),} \quad (3.7)$$

$$\text{Якщо } [(ТПВ_{всп}) \text{ І } (ТПВ_{спен}) \text{ І } (ТПВ_{всв}) \text{ І } (ТПВ_{свен})] \text{ І } (R_c > R_n) \text{]то (ЖС),} \quad (3.8)$$

де $(ТПВ_{лсп})$ і $(ТПВ_{лсв})$ відповідно свідчать про технологічно легкі умови первинного та вторинного сортування ТПВ; $(ТПВ_{спео})$ і $(ТПВ_{свео})$ свідчать про наявність відповідно умов економічно обґрунтованого первинного та вторинного сортування; умова $(R_c < R_n)$ свідчить про те, що ризик, пов'язаний із сортуванням (R_c) , повинен бути менше припустимого ризику для обраного типу ТПВ (R_n) , а умова $(R_c > R_n)$ стверджує, що має місце неприпустимий ризик; позначення $(ТПВ_{всп})$, $(ТПВ_{всв})$, $(ТПВ_{спен})$, $(ТПВ_{свен})$ відповідають важким умовам первинного та вторинного сортування та, відповідно, економічній необґрунтованості первинного та вторинного сортування [35].

Основними загрозами впливу техногенно порушених земель під звалищами ТПВ на сільськогосподарські угіддя є [36]: загрози екологічного та санітарно-гігієнічного характеру (через забруднення компонентів довкілля – ґрунти, поверхневі і підземні води, атмосферне повітря); загрози економічного та продовольчого характеру (вилучені землі із сільськогосподарського обігу, необхідні витрати на покриття збитків за забруднення довкілля від місць видалення ТПВ, погіршення якості продукції, що вирощується на сільськогосподарських землях біля звалищ ТПВ); загрози ресурсного характеру (втрата ресурсної якості компонентів довкілля – ґрунтів, природних вод, повітря; втрата вторинних ресурсів, які не використовуються у господарському обігу). Як наслідок, виникають екологічні ризики від видалення ТПВ, зокрема потенційні та миттєві ризики здоров'ю населення від забруднення довкілля (прямий вплив від забруднених компонентів довкілля спричиняє екологічно обумовлені

захворювання) та ризики від споживання забрудненої продукції (опосередкований вплив). Користуючись аналітичною схемою «рухомі сили – стан реагування», розробленою ЄЕК ООН визначені базові показники рівня небезпеки звалищ ТПВ для прилеглих територій (табл. 3.7) .

Таблиця 3.7 – Показники рівня небезпеки звалищ ТПВ для прилеглих територій

Загрози	Індикатори екологічного ризику		
	показники - рушійна сила	показники поточного стану	показники реагування
1.Зменшення сучасних та майбутніх можливостей економічного зростання	технічні характеристики	екологічні характеристики	соціально-економічні характеристики
	-ступінь заповнення звалищ , %	-обсяг фільтрату звалища, м ³	із -екологічний ризик,%
2. Погіршення стану довкілля	-клас небезпеки відходів, бали	-обсяг біогазу звалища, м ³	із -рівень збитку за забруднення довкілля, бали
	-термін експлуатації, роки	-якість повітря у звалища, бали	-коефіцієнт покриття збитку за забруднення довкілля, %
3. Погіршення якості життя населення	-відстань звалища від с/г угідь, м	-якість повітря на межі звалища с/г угідь, бали	
	-зайнята площа звалища, га	-якість повітря на відстані 200 від звалища, бали	
	-обсяг відходів на звалищі, т		
	-застосування технологій (уцілювання, пересипка, ізоляція днища тощо), бали	- якість ґрунтів на межі звалища, бали	
		-якість ґрунтів відстані 50 м від звалища, бали	
		-якість ґрунтів відстані 100 м від звалища, бали	
		-якість ґрунтів відстані 200 м від звалища, бали	
		-якість ґрунтів відстані 500 м від звалища, бали	
		-якість фільтрату, бали	

Таким чином, з погляду збалансованого природокористування, екологічний ризик - це можливість появи непереборних екологічних заборон. Він включає: розвиток парникового ефекту від викидів CH_4 та CO_2 , проникнення фільтрату з полігонів у підземні води, та їх неприпустиме забруднення. Слід зазначити, що екологічний ризик слід розглядати на всіх локальному, регіональному, державному та глобальному рівнях. Так, відкрите складування ТПВ на локальному рівні викликає забруднення ґрунтового покриву, що знаходяться поблизу, і поверхневих вод, а на глобальному рівні призводить до посилення парникового ефекту. У сфері поводження з ТПВ доцільно розглядати ризик у рамках інтегрованого показника, який враховує максимальну кількість факторів, що призводять до негативних наслідків. Безумовно, що інтегрований ризик слід розглядати як комплексний показник безпеки, виражений у єдиному вартісному еквіваленті. У разі інтегрований ризик сприймається як багатофакторна функція, що об'єднує у собі ризики соціального, матеріального та екологічного шкоди.

ВИСНОВКИ

В результаті проведених досліджень можна зробити такі висновки:

1. Домінуючим способом поводження з ТПВ і Україні також залишається їх захоронення на полігонах та звалищах. У 2019 р. було перероблено лише 0,14% та спалено (для отримання енергії) 1,7% від загальної кількості утворених ТПВ (11,86 млн т, або 280,5 кг на одного мешканця), а решта – розміщено на полігонах і звалищах. В Україні нараховується приблизно 5470 полігонів та звалищ, з них 5,6% перевантажені, а 30% не відповідають вимогам екологічної безпеки. За експертними

оцінками, вимогам ЄС не відповідають понад 99% полігонів. Накопичення ТПВ на полігонах та звалищах зумовлює забруднення атмосфери, поверхневих і підземних вод, родючих ґрунтів, негативно впливає на природні екосистеми, завдає шкоди сільському господарству, а викиди парникових газів впливають на кліматичні зміни.

2. Ієрархія поводження з ТПВ передбачає наступну послідовність дій з ними: запобігання утворенню відходів → підготовка до повторного використання → перероблення відходів → інша утилізація → видалення на полігони, тобто видалення на полігони знаходиться на найнижчому ступені екологічного ранжирування способів поводження з ТПВ, проте цей спосіб залишається домінуючим в Україні, а тому мінімізація негативного впливу полігонів ТПВ на стан довкілля і здоров'я населення є дуже важливою проблемою у багатьох країнах.

3. При оцінці впливу полігонів ТПВ на стан довкілля доцільно виділяти такі складові: 1) хімічні (газоподібні похідні вуглецю та рідкі вуглеводні, пластмаси, діоксини, фільтрати тощо); 2) біологічні (мікробіологічне отруєння дихальних шляхів продуктами спалювання, отруєння різними вірусами тощо); 3) механічні (порушення естетичного вигляду, знищення рослинності, зниження родючості, утворення сміттєзвалищ тощо).

4. Найбільш суттєвими екологічними ризиками за ступенем впливу на довкілля при поводженні з відходами є:

- забруднення повітряного басейну внаслідок займання ТПВ у місцях розміщення (фактори ризику – суб'єкт, об'єкт або діяльність, які самостійно або в комбінації один з одним за певних умов можуть призвести до реалізації ризику); у процесі загоряння відходів на полігонах та звалищах відбувається виділення в атмосферу різних забруднюючих речовин (ЗВ), зокрема надзвичайно токсичних діоксинів;

- забруднення атмосфери внаслідок утворення та викиду в атмосферу парникових газів (CO_2 , CH_4), причому парниковий ефект молекули CH_4 в 21 раз більший за вплив молекули CO_2 (фактори ризику – порушення технології

поводження з відходами та відсутність будь-яких технологій запобігання емісії парникових газів); ТПВ при похованні завдають шкоди природним екосистемі, а біогаз, що на 60% складається з CH_4 , р викликає пожежі, а неприємний запах від полігонів та звалищ ТПВ поширюється повітряними потоками на кілька кілометрів, створюючи несприятливі умови для мешканців прилеглих населених пунктів;

- забруднення ґрунтів важкими металами та іншими ЗР у місцях розміщення відходів (фактори ризику – відсутність роздільного збору та сортування ТБО, призводить до великої ймовірності попадання важких металів та інших ЗР через тіло полігонів та звалищ у ґрунтовий покрив;

- забруднення ґрунтових та інших підземних вод у місцях розташування полігонів та звалищ (фактори ризику – порушення норм та правил поведження з ТПВ, таких як відсутність належної ізоляції полігонів та системи очищення атмосферних опадів і поверхневих вод, які інфільтруються через шари відходів і призводить до утворення фільтрату в процесі гниття органічної складової ТПВ, а також технічна неудоконаленість полігонів, відсутність належного контролю з боку наглядових органів).

5. У сфері поведження з ТПВ доцільно розглядати ризик у рамках інтегрованого показника, який враховує максимальну кількість факторів, що призводять до негативних наслідків. Безумовно, що інтегрований ризик слід розглядати як комплексний показник безпеки, виражений у єдиному вартісному еквіваленті. У разі інтегрований ризик сприймається як багатофакторна функція, що об'єднує у собі ризики соціального, матеріального та екологічного шкоди.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. David Rojas-Rueda, Emily Morales-Zamora, Wael Abdullah Alsufyani, Christopher H. Herbst, Salem M. Al Balawi, Reem Alsukait, and Mashaël Alomran. Environmental Risk Factors and Health: An Umbrella Review of Meta-Analyse. Available:: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7830944/> (Accessed 11 May 2024).
2. Liviu-Daniel Galatchi. Environmental Risk Assessment. Available:: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4020-5098-5_1; (Accessed 11 May 2024).
3. Environmental risk assessment (ERA) : an approach for assessing and reporting environmental conditions. Habitat Branch Technical Bulletin 1 Ministry of

Environment, Lands and Parks July 2000. Available::
<https://www.env.gov.bc.ca/wld/documents/era.pdf> (Accessed 11 May 2024).

4. Ioannis Manisalidis, Elisavet Stavropoulou, Agathangelos Stavropoulos, Eugenia Bezirtzoglou// Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review. Available: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpubh.2020.00014/full> (Accessed 11 May 2024).

5. Camilla Kingdon. Air pollution is the largest environmental risk to public health and children are especially vulnerable. Available: <https://www.bmj.com/content/381/bmj.p1037> (Accessed 7 May 2024).

6. Ansis Melko, Janis Ievins. Methods of the Environmental Risk Analysis and Assessment, the Modified Method of the Risk Index// Safety of Technogenic Environment. 2012. №2. PP. 50-56.

7. Mohamad Sakizadeh, Rouhollah Mirzaei. Health Risk Assessment of *Fe*, *Mn*, *Cu*, *Cr* in Drinking Water in some Wells and Springs of Shush and Andimeshk, Khuzestan Province, Southern Iran// Iranian Journal of Toxicology. 2016; 10(2). PP. 29-35.

8. Hong Yao, Xin Qian, Hailong Gao, Yulei Wang, Bisheng Xia. Seasonal and Spatial Variations of Heavy Metals in Two Typical Chinese Rivers: Concentrations, Environmental Risks, and Possible Sources. Int. J. Environ// Public Health. 2014. 11(11). PP. 11860-11878

9. Marian McDonagh, Jos Kleijnen. Association of Down's syndrome and water fluoride level: a systematic review of the evidence. BMC// Public Health 2011. 6. PP. 441-449. Available: <https://doi.org/10.1186/1471-2458-1-6> (Accessed 7 May 2024).

10. Hans JM van Grinsven, Mary H Ward, Nigel Benjamin, Theo M de Kok. Does the evidence about health risks associated with nitrate ingestion warrant an increase of the nitrate standard for drinking water? Environmental Health. 2005. 26. PP. 541-552. Available: <https://doi.org/10.1186/1476-069X-5-26> (Accessed 7 May 2024).

11. Jim Wright, Mawuli Dzodzomenyo, Nicola A. Wardrop, Richard Johnston, Allan Hill, Genevieve Aryeetey, Richard Adanu. Effects of Sachet Water Consumption on Exposure to Microbe-Contaminated Drinking Water: Household Survey Evidence from Ghana. *Int. J. Environ. // Public Health*. 2016. 13(3). PP. 303-311.
12. Gunther Franz Craun. The importance of waterborne disease outbreak surveillance in the United States// *Ann. 1st. Super. Sanita* vol.48 n.4 Roma Oct./Dec. 2012.
13. Бригадир М.І. Стан якості питної води в Україні // Матеріали конгресу «ЕКВАТЕ К -2005 ». М ., 2005 .С . 116-119.
14. Дмитренко Т.В. Джерела у міському середовищі//Екологія міста: навч. посібник. К.: Либра, 2000 . С. 65-68.
15. Запольський А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води. К.: Вища школа. 2005. 671 с.
16. Рибалова О.В., Бєлан С.В., Варивода Є.О. Оцінка небезпеки рекреаційного використання водотоків Харківської області як важливого показника якості життя//*Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2011. № 3/11 (51). С . 30-33.
17. Інтегральні та комплексні оцінки стану навколишнього природного середовища: монографія /О.Г. Васенко, О.В. Рибалова, С.Р. Артем'єв і др. Харків: НУГЗУ, 2015. 419 с.
18. Васенко О.Г. Рибалова О.В., Коробкова Г.В. Методичні засади визначення екологічної небезпеки рекреаційного водокористування// *Екологія і промисловість*. 2013. №4. С.42-49.
19. U.S. Environmental Protection Agency (EPA). Integrated Risk Information System (IRIS). Available: <http://www.epa.gov/iris> (Accessed 12 October 2023).
20. California Environmental Protection Agency (EPA)// Toxicity Criteria Database. (Accessed 11 May 2024).

20. Методичні рекомендації МР 2.2.12-142-2007. Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря. Затв. наказом МОЗ України від 13.04.07 № 184. Київ, 2007. 40 с.

21. Бригада О.В., Рибалова О.В., Росколотько А.В. Оцінка ризику для здоров'я населення при вживанні питної води з джерел м. Харкова// Науковий вісник будівництва. 2017. Т. 90, №4. С. 164-170.

22. Про затвердження правил експлуатації полігонів побутових відходів» Наказ Міністерства з питань житлово-комунального господарства України від 01.12.2010 № 435. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1307-10#Text> (дата звернення 11.05.2024).

23. ДБН В.2.4.-2-2005 «Полігони твердих побутових відходів. Основи положення проектування». URL: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dbn_v.2.422005_poligoni_tverdikh_pobutovikh_vidkhodiv_-_zi_.pdf (дата звернення 11.05.2024)

24. Национальная стратегия управления отходами в Украине. URL: <https://dlf.ua/ru/zatverdzheno-natsionalnu-strategiyu-upravlinnya-vidhodami-v-ukrayini-do-2030-roku/> (дата звернення: 07. 05.2024)

25. Соціоекологічні ризики, пов'язані з фільтратом сміттєзвалищ, з огляду на його гідрохімічні характеристики //Трофимчук О.М.1, Кураєва І.В.2, Кармазиненко С.П., Азімов О.Т. URL: https://itgip.org/wp-content/uploads/2022/11/tezy_54.pdf (дата звернення: 07.05.2024).

26. Миняйло Е.Е. Выборов С.Г. До оцінки впливу полігонів твердих побутових відходів на підземні води// Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». 2010. Вип.11(161). 2010 р. С. 150–154.

27. Kiryushina1 N.Yu., Semeykin A.Yu., Sharapov O.N. Assessment of environmental risk of municipal solid waste Landfill (by example of the city of Belgorod). Available: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/687/6/066030/pdf> (Accessed 11 February 2024).

28. Romanov A., Nikulin A. Organization of the structure and principles of functioning of the biotechnical system of safe human body light exposure// Research

Journal of Pharmaceutical. Biological and Chemical Science. 2016. 7(3). PP. 1635–1642.

29. Vasilenko T. A., Svintsov A.V., Chernysh I.V. (2018). The sustainable utilization of malting industry wastewater biological treatment sludge IOP// Publishing *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2018. 10(7)01. PP. 135–142.

30. Koda E., Miskowska A., Sieczka A. (2017). Levels of organic pollution indicators in groundwater at the old landfill and waste management site. *Applied Sciences*. 2017. 7(6). PP. 161–162.

31. Wolny-Koładka K., Malinowski M. (2015). Assessment of the microbiological contamination of air in a municipal solid waste treatment company// *Ecological Chemistry and Engineering*. 2015. 22(2). PP. 175–183.

32. Nagarajan R., Thirumalaisamy S., Lakshumanan E. Impact of leachate on groundwater pollution due to non-engineered municipal solid waste landfill sites of erode city, Tamil Nadu, India// *Iranian J of Environmental Health Science & Engineering*. 2012. 9(1). PP. 35.

34. Nikulin A., Kovshov S., Mráčková E. Recycling of liquid and solid waste into fuel pellets and briquettes// *Production Management and Engineering Sciences - Scientific Publication of the International Conference on Engineering Science and Production Management*. 2016.15(7). PP 223–228.

35. Єремєєв І.С., Марчук С.В.. Невизначеність та ризики під час поводження з твердими побутовими відходами. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=4182> (дата звернення: 07.05.2024).

36. Середа М.С.. Діагностика ризиків та загроз впливу техногенно порушених земель під звалищами твердих побутових відходів на сільськогосподарські угіддя// *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. №3. С. 91-100.

