

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»



НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
Кафедра екології та технологій захисту навколишнього середовища

О.О. Борисовська, П.К. Ломазов

## ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА

**Методичні рекомендації до виконання практичної роботи**  
на тему: «Розрахунок викиду небезпечних речовин під час пожежі на полігоні  
твердих побутових відходів» для здобувачів ступеня бакалавра  
освітньо-професійних програм «Екологія» та «Технології захисту  
навколишнього середовища» зі спеціальностей Е2 Екологія та G2 Технології  
захисту навколишнього середовища

Дніпро  
НТУ «ДПУ»  
2026

**Екологічна безпека** [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до виконання практичної роботи на тему: «Розрахунок викиду небезпечних речовин під час пожежі на полігоні твердих побутових відходів» для здобувачів ступеня бакалавра освітньо-професійних програм «Екологія» та «Технології захисту навколишнього середовища» зі спеціальностей E2 Екологія та G2 Технології захисту навколишнього середовища / уклад.: О.О. Борисовська, П.К. Ломазов ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2026. – 28 с.

Укладачі:

О.О. Борисовська, канд. техн. наук, доц.

П.К. Ломазов, PhD, доц.

Затверджено науково-методичними комісіями зі спеціальностей E2 Екологія (протокол № 5 від 27.01.2026) та G2 Технології захисту навколишнього середовища (протокол № 6 від 27.01.2026) за поданням кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища (протокол № 7 від 27.01.2026).

Подано теоретичні відомості за відповідною темою лекційного курсу, варіанти практичних завдань з рекомендаціями до їх виконання, контрольні питання, список використаної та рекомендованої літератури.

Орієнтовано на активізацію навчальної діяльності здобувачів ступеня бакалавра спеціальностей «Екологія» та «Технології захисту навколишнього середовища» та закріплення практичних навичок у засвоєнні дисципліни «Екологічна безпека».

Відповідальний за випуск завідувач кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища О. О. Борисовська, канд. техн. наук, доц.

## ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Методичні рекомендації призначені для закріплення теоретичних знань, набутих студентами в лекційному курсі, а також формування практичних навичок оцінювання антропогенного впливу на атмосферне повітря внаслідок пожеж на звалищах та полігонах твердих побутових відходів.

Методичні рекомендації включають практичну роботу, текст якої викладено за типовою структурною схемою: тема, мета роботи, завдання, подання теоретичних положень за темою, завдання для самостійного виконання та питання для самоконтролю.

*В результаті виконання практичної роботи студенти повинні набути практичні навички з:*

- ❖ аналізу екологічних наслідків пожеж на звалищах і полігонах твердих побутових відходів як джерел неорганізованих викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря;

- ❖ розрахунку маси неорганізованого викиду небезпечних речовин під час пожежі на полігоні ТПВ з використанням коефіцієнтів викидів за методикою АР-42;

- ❖ визначення інтенсивності викиду забруднюючих речовин при аварійних та надзвичайних ситуаціях з урахуванням тривалості впливу джерела;

- ❖ застосування гауссової моделі розсіювання для оцінки максимальних приземних концентрацій забруднюючих речовин у повітрі за заданих метеорологічних умов;

- ❖ оцінки екологічного ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря внаслідок пожеж на полігонах твердих побутових відходів;

- ❖ формулювання обґрунтованих висновків щодо екологічної небезпеки аварійних ситуацій та пріоритетності превентивних заходів у сфері управління відходами.

## **ПРАКТИЧНА РОБОТА**

### **РОЗРАХУНОК ВИКИДУ НЕБЕЗПЕЧНИХ РЕЧОВИН ПІД ЧАС ПОЖЕЖІ НА ПОЛІГОНІ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ**

**Мета практичної розрахункової роботи** полягає в набутті здобувачами вищої освіти навичок розрахунку викиду небезпечних речовин під час пожежі на полігоні твердих побутових відходів для подальшої оцінки екологічного ризику для здоров'я людини від забруднення повітря.

Поставлена мета досягається послідовним вирішенням **таких завдань:**

– ознайомлення з теоретичними положеннями щодо впливу звалищ та полігонів твердих побутових відходів на довкілля, організм людини і біоту, а також наслідків надзвичайних ситуацій на даних об'єктах;

– ознайомлення з порядком розрахунку викиду небезпечних речовин під час пожежі на полігоні твердих побутових відходів для подальшої оцінки екологічного ризику для здоров'я людини від забруднення повітря;

– самостійний розрахунок викиду небезпечних речовин під час пожежі на полігоні твердих побутових відходів та оцінка екологічного ризику для здоров'я людини від забруднення повітря.

В результаті виконання даної практичної роботи будуть сформовані наступні **результати навчання:**

- обґрунтовувати природоохоронні заходи безпеки для живих організмів, компонентів довкілля в далекоглядній перспективі;
- використовувати теорії, принципи, методи та поняття фундаментальних природничих, екологічних та інженерно-технічних наук у практичній діяльності;
- виконувати кількісну оцінку небезпеки, розраховувати екологічний ризик.

## **1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА**

### **1.1 Вплив звалищ та полігонів твердих побутових відходів на довкілля**

Об'єкти накопичення побутових відходів класифікують на сміттєзвалища та полігони твердих побутових відходів (ТПВ).

Відповідно до статті 1 Закону України «Про управління відходами», **полігон** – це місце захоронення відходів, призначене для їх розміщення на поверхні чи під поверхнею (підземне) землі, а **захоронення відходів** – це розміщення відходів на поверхні чи під поверхнею (підземне) землі у спосіб, що не становить загрози здоров'ю людей та навколишньому природному середовищу і не передбачає подальше оброблення відходів.

Отже, якщо на об'єкті накопичення побутових відходів не забезпечена екологічна безпека, юридично цей об'єкт не може називатися полігоном і він відноситься до **сміттєзвалищ**.

Стаття 40 вищезгаданого Закону України встановлює загальні вимоги до забезпечення екологічної безпеки захоронення відходів, які наведені на рис. 1.

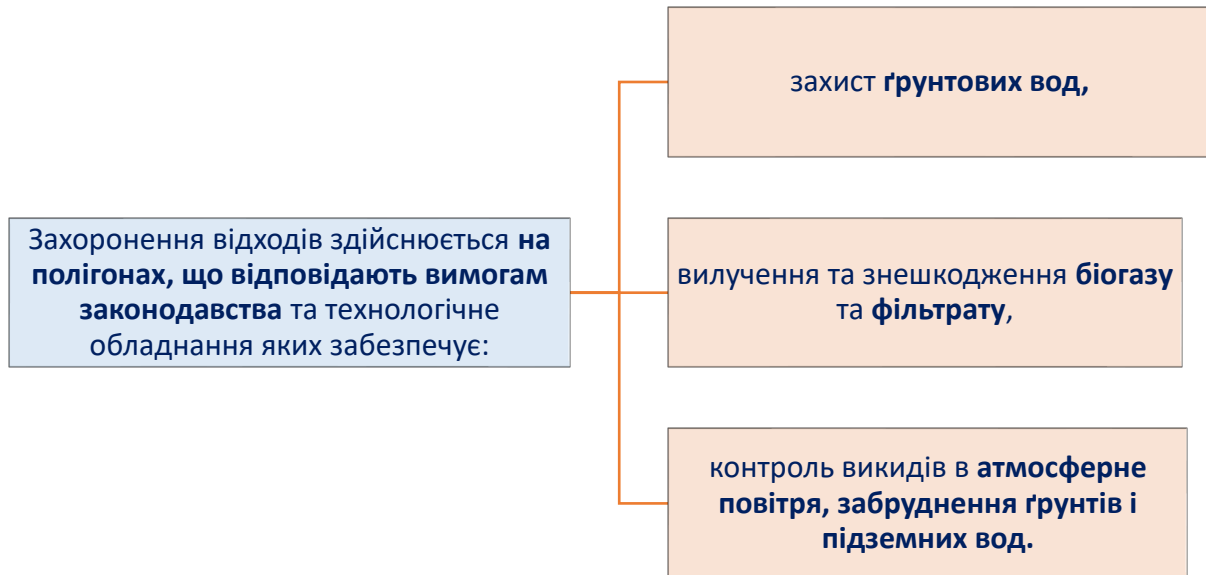


Рис. 1. Загальні вимоги до забезпечення екологічної безпеки на полігонах ТПВ

При виконанні даних умов захоронення відходів дійсно можна визнати умовно екологічно безпечним, адже відходи не контактують з навколишнім середовищем, фільтрат знешкоджується і не потрапляє до ґрунту і ґрунтових вод, біогаз видаляється з тіла полігона і використовується, а атмосферне повітря захищено від продуктів розпаду відходів. Крім того, на якісно облаштованих полігонах **майже неможливі пожежі**, адже кожен робочий шар відходів перекривається шаром ґрунту і кисень не має доступу до відходів.

Принципова схема захоронення відходів на полігоні наведена на рис. 2.

Офіційний нормативний документ, що регламентує правила проєктування, будівництва, реконструкції та рекультивації полігонів для захоронення побутових відходів в Україні, визначаючи вимоги до інженерно-технічного захисту, гідроізоляції, картографування, використання ґрунту для ізоляції та створення кавальєрів, а також загальні принципи безпечного управління ТПВ – це Державні будівельні норми України ДБН В.2.4-2-2005.

На відміну від полігонів ТПВ, сміттєзвалища являють собою дуже серйозну екологічну небезпеку.

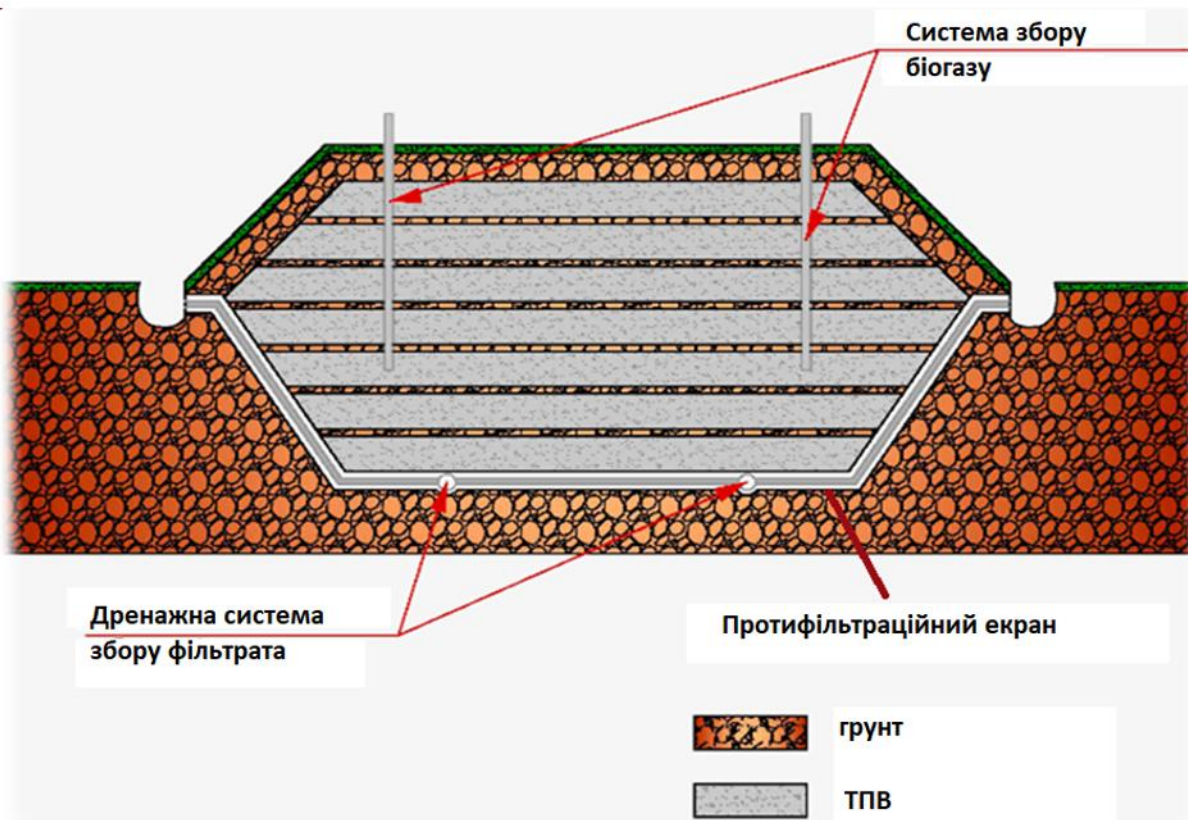


Рис. 2. Схема полігону ТПВ

Якщо на сміттєзвалищі відсутній протифільтраційний екран (а це спостерігається майже на всіх сміттєзвалищах), у ґрунт просочуються мастильні масла та нафтопродукти, ПАРи та електроліти з використаних батарейок, а також фільтрат. **Фільтрат** – це складна за хімічним складом рідина з яскраво вираженим неприємним запахом, яка виникає в результаті накопичення атмосферних опадів у склад полігону та зосереджується у межах його підшови. Проникнення фільтрату в ґрунти призводить до забруднення органічними і неорганічними сполуками, яйцями гельмінтів та патогенними мікроорганізмами.

Фільтрат також може потрапляти до поверхневих вод з поверхневим стоком. Це може призвести до надходження у воду азотистих, хлоровмісних, сульфатних сполук, підвищення жорсткості і мінералізації води; збільшення вмісту важких металів у водних і донних відкладеннях, збільшення БСК і ХСК.

Негативний вплив сміттєзвалищ **на рослинність**: збільшення вмісту важких металів в листях і гілках; поширення рудеральних (сміттєвих) рослин і вимирання нестабільних видів; забруднення продуктів рослинництва.

Негативний вплив сміттєзвалищ **на тварин**: поширення тварин - носіїв бактеріологічної інфекції: гризунів, комах, птахів; дисбаланс видового складу комах, птахів та інших тварин; зростання інфекційних захворювань.

Згідно даних Міністерства розвитку громад та територій України, в населених пунктах України за 2024 рік утворилось понад 47 млн. м<sup>3</sup> побутових

відходів, або понад 8 млн. тон, які захоронюються на 5,6 тис. сміттєзвалищ і полігонів загальною площею понад 8,4 тис. га. Кількість полігонів ТПВ, що мають одночасно і протифільтраційний екран, і систему збору біогазу, і систему видалення і знезараження фільтрату, на жаль, становить трохи більше 10 одиниць.

## **1.2. Вплив продуктів горіння твердих побутових відходів на організм людини та біоту**

Продукти горіння – речовини й агломерати, які утворюються в результаті горіння. На сміттєзвалищах та полігонах ТПВ домінуючим видом відходу є полімерні матеріали. При нагріванні їх до температури 300-500 °С відбувається їх займання. У період нагрівання та полум'яного горіння полімерів утворюються такі небезпечні речовини як фосген ( $\text{COCl}_2$ ), ціаністий водень ( $\text{HCN}$ ), сірководень ( $\text{H}_2\text{S}$ ), хлороводень ( $\text{HCl}$ ), сірчистий газ ( $\text{SO}_2$ ), чадний газ ( $\text{CO}$ ), вуглекислий газ ( $\text{CO}_2$ ) та ін. Під час горіння та розкладання мінеральних добрив (аміачної, калієвої, кальцієвої селітри) та отрутохімікатів (гербіциди) утворюється велика кількість окису азоту ( $\text{NO}$ ), аміаку ( $\text{NH}_3$ ), двоокису азоту ( $\text{NO}_2$ ) і інших газів. Узагальнений перелік небезпечних речовин та сполук, що виділяються під час горіння окремих видів сміття, наведено у табл. 1.

Токсичні компоненти шкідливих викидів сміттєзвалищ та полігонів ТПВ безпосередньо впливають на населення, тварин, рослинність, які знаходяться в безпосередній близькості від складування сміття і в фоновій зоні. На підставі численних епідеміологічних і токсикологічних досліджень встановлено, що вплив кожного з шкідливих компонентів веде до певних негативних наслідків.

**Чадний газ ( $\text{CO}$ )** (час перебування в атмосфері 2-42 місяці) впливає на нервову систему, викликає непритомність, оскільки вступає в реакцію з гемоглобіном крові, заміщаючи кисень. Залежно від концентрації  $\text{CO}$  в повітрі і часу впливу ступінь ураження організму може істотно різнитися. Зв'язаний гемоглобіном  $\text{CO}$  поступово виділяється в кров, яка у здорової людини очищується від  $\text{CO}$  на 50% кожні 3-4 год. Вплив  $\text{CO}$  на центральну нервову систему проявляється у зміні колірної чутливості очей. Максимально-разова ГДК цієї речовини у нас становить 3  $\text{мг/м}^3$ , в США – 10  $\text{мг/м}^3$  за 8 годин дії.

**Діоксид азоту.** На організм людини  $\text{NO}_2$  діє як гострий подразник при концентрації 15  $\text{мг/м}^3$  і може викликати набряк легенів при концентрації 200-300  $\text{мг/м}^3$ . Реагуючи з атмосферною вологою, оксиди азоту утворюють азотну кислоту, що викликає корозію металів, знищення рослинності і ін. Найбільшу небезпеку окиси азоту представляють як активний компонент при утворенні фотохімічного смогу. Максимально-разова концентрація оксидів азоту в атмосфері населених пунктів не повинна перевищувати 0,2  $\text{мг/м}^3$ .

Таблиця 1 – Перелік небезпечних речовин, які виділяються при горінні сміття

№ з/п	Морфологічний склад побутових відходів	Небезпечні речовини та сполуки, які виділяються при горінні
1	Харчові відходи	Акролеїн, чадний газ, вуглекислий газ, окиси азоту
2	Папір та картон	Акролеїн, синильна кислота
3	Полімери	Фосген, ціаністий водень, сірководень, хлороводень, сірчистий газ, чадний газ, вуглекислий газ, діоксид азоту, ціаністі сполуки, хлор ангідридні кислоти, формальдегід, фенол, бензол, аміак, ацетон, стирол, фтороводень
4	Скло	Кремнієві сполуки, кальцієві сполуки, їдкий натр, окиси свинцю і бору
5	Чорні метали	Оксиди, пероксиди, сульфід
6	Кольорові метали	Оксиди, пероксиди (крім золота та платини, які не реагують із киснем), нітриди
7	Текстиль	Аміак, піридин, хінолін, ціаністі сполуки, сполуки, які містять сірку; гази, які мають сильний гострий запах: альдегіди, кетони
8	Деревина	Формальдегід, ацетальдегід, фурфурол, смоляні кислоти, спирти, складні ефіри, кетони, феноли, аміни, піридин, оксид вуглецю, акролеїн
9	Небезпечні відходи (батареї, сухі та електролітичні акумулятори, тара від розчинників, фарб, ртутні лампи, телевізійні кінескопи)	Кадмієві сполуки, сполуки ртуті, аміак, сполуки міді, сполуки цинку, сполуки кобальту
10	Кістки, шкіра, гума	Аміак, піридин, хінолін, синильна кислота, ціаністі сполуки, сірчистий ангідрид, сполуки, які містять сірку; гази, які мають сильний гострий запах: альдегіди, кетони
11	Залишок твердих побутових відходів після вилучення компонентів (дрібне будівельне сміття, каміння, вуличний змет)	Сірководень, сірчистий газ, чадний газ, вуглекислий газ, діоксид азоту, ціаністі сполуки, формальдегідні смоли

**Окиси сірки** при малих концентраціях (0,001%) викликають подразнення дихальних шляхів, при концентрації 0,01% відбувається отруєння людей за декілька хвилин. Наявність в атмосфері сірчистих газів перешкоджає фотосинтезу рослин, несприятливо впливає на дихальні шляхи людини. При

концентрації SO<sub>2</sub> в повітрі понад 0,9 мг/м<sup>3</sup> відбувається зміна процесів фотосинтезу рослин; через 5-10 днів хвоя сосни, ялини починає жовтіти і передчасно опадає. Встановлено, що суміш SO<sub>2</sub> і CO при тривалому впливі викликає порушення генетичної функції організму. ГДК в робочій зоні становить 10 мг/м<sup>3</sup>.

**Сполуки свинцю** призводять до виникнення головного болю, втоми, порушення сну, ферментативної активності білків живих організмів. Максимально-разова ГДК становить 0,001 мг/м<sup>3</sup>. Свинець накопичується в організмі і може викликати важкі розлади нервової і кровоносної систем.

Численні небезпечні сполуки та речовини, які виділяються і розповсюджуються у довкілля при горінні сміття та їх вплив на людський організм та рослинність наведені у таблицях 2, 3.

Таблиця 2 – Вплив небезпечних сполук, які виділяються при горінні сміття, на організм людини

№ з/п	Небезпечна сполука	Дія на організм людини
1	Фосген	Внаслідок набряку легень настає різке погіршення стану: частішає дихання, з'являються сильний кашель з виділенням пінної мокроти, головний біль, часте дихання, посиніння губ, повік, носа, почастишання пульсу, біль у серці, слабкість і задуха. Температура тіла піднімається до 38-39 °С. Набряк легенів триває декілька днів і зазвичай закінчується смертельним випадком
2	Вуглекислий газ (двоокис вуглецю)	Викликає почастишання дихання і збільшення легеневої вентиляції, має судинорозширювальну дію, викликає зрушення рН крові, також викликає підвищення рівня адреналіну
3	Чадний газ (окис вуглецю)	В результаті з'єднання з гемоглобіном крові утворюється неактивний комплекс – карбоксигемоглобін, що викликає порушення доставки кисню до тканин організму
4	Аміак	Спричиняє сильну подразнюючу і обпалюючу дію на слизові оболонки. Викликає сльозотечу і біль в очах, задуху, сильні напади кашлю, запаморочення, блювоту, набряки голосових зв'язок і легенів
5	Хлороводень (хлористий водень)	Знижує можливість орієнтації людини: стикаючись з вологим очним яблуком, перетворюється в соляну кислоту. Викликає спазми дихання, запальні набряки і, як наслідок, порушення функції дихання
6	Синильна кислота (ціановодень, ціанистий водень)	Викликає порушення тканинного дихання внаслідок придушення діяльності залізовмісних ферментів, відповідальних за використання кисню в окислювальних процесах. Викликає параліч нервових центрів

№ з/п	Небезпечна сполука	Дія на організм людини
7	Фтороводень (фтористий водень)	Викликає утворення виразок на слизових оболонках очей і дихальних шляхів, носові кровотечі, спазм гортані і бронхів, ураження ЦНС, печінки. Спостерігається серцево-судинна недостатність
8	Двоокис азоту	При попаданні в кров утворюються нітрити та нітрати, які переводять оксигемоглобін в метгемоглобін, що викликає кисневу недостатність організму, обумовлену ураженням дихальних шляхів
9	Акролеїн (акриловий альдегід)	Легке запаморочення, припливи крові до голови, нудота, блювота, уповільнення пульсу, втрата свідомості, набряк легенів. Іноді відзначається сильне запаморочення і дезорієнтація
10	Сірчистий газ (двоокис сірки)	На вологій поверхні слизових оболонок послідовно перетворюється в сірчисту та сірчану кислоти. Викликає кашель, носові кровотечі, спазм бронхів, порушує обмінні процеси, сприяє утворенню метгемоглобіну в крові, діє на кровотворні органи
11	Сірководень	Подразнення очей і дихальних шляхів. Поява судом, втрата свідомості

Таблиця 3 – Дія продуктів горіння сміття на рослинність

№ з/п	Небезпечна сполука	Характер ураження
1	Цинк, мідь, кобальт	Рослини карликових розмірів, листя мале. Кінцівки листя почорнілі, деформовані, відмираючі. У листяних порід дерев декілька разів за сезон з'являються бруньки: білі – рожеві – жовті – зелені
2	Сірчистий газ	Листя бурого забарвлення із жовтими та білими (некротичними) плямами
3	Сполуки фтору	Некроз хвої та листя, який розповсюджується від їх кінців до основи. Забарвлення плям – від білого та блідо-жовтого до буро-коричневого
4	Хлористий водень	Листок оливкового кольору (при незначній концентрації) чи темно-коричневого (при сильній концентрації), коричневі краї
5	Озон	Гальмування росту, зменшення розмірів, маси, на листі білі плями
6	Окиси азоту	Кінці хвої червоно-бурого кольору, на листі темно-бурі і чорні плями

Аналіз продуктів горіння ТПВ засвідчує високу небезпеку пожеж на полігонах, що супроводжуються викидом токсичних речовин: удушливих, подразнюючих та канцерогенних сполук. Вони спричиняють серйозні ураження здоров'я людини — від гострих отруєнь до хронічних порушень функцій

організму, а також призводять до деградації довкілля, пригнічуючи рослинність та порушуючи екосистеми.

Отримані дані підкреслюють необхідність запобігання таким пожежам, а також важливість обліку специфіки викидів при розрахунках, оцінці ризиків та плануванні заходів з екологічної безпеки для майбутніх фахівців галузі.

### **1.3 Пожежі на сміттєзвалищах та полігонах ТПВ**

В Україні спостерігаються численні випадки пожеж на сміттєзвалищах та полігонах ТПВ.

У липні 2007 року три доби горів полігон ТПВ у м. Ужгороді. Через високу температуру та спеку локалізувати пожежу не вдавалося. Вогонь розповсюджувався на нові ділянки. На місці події працювало 11 автомобілів МНС. На полігоні трактори й екскаватори розрівнювали смітник, щоб можна було дістатися до пожежі у прошарках сміття (рис.3).

Рятувальникам допомагали працівники дорожньої служби та «Водоканалу». Поряд зі звалищем немає води, тому довелося подавати її пожежною насосною станцією з озера, що знаходиться на відстані 2 км. Ще сім машин привозили воду з міста. Висота котловану, в який зсипають сміття, сягає 30 метрів, тому пожежники ледь змогли дістатися до епіцентру вогню. Кілька пожежних машин три дні чергували біля лісу, з яким межує сміттєзвалище.

Одна із найбільших пожеж виникла 07.06.2011 р. на Дергачівському полігоні ТПВ м. Харкова (рис. 4). Пожежу гасили за допомогою 17 автоцистерн, 4 одиниць спецтехніки, а також бульдозерів й іншої техніки комунальних служб, які створювали штучні яри і рови. Окрім пожежних, на місці події працювали представники радіологічного та хімічного контролю.

По справжньому трагічної стала пожежа на Грибовицькому сміттєзвалищі біля Львова у травні 2016 р. (рис. 5). Усе почалося із пожежі на сміттєзвалищі, яка спалахнула 28 травня. 30 травня, орієнтовно о 15.30, на Грибовицькому сміттєзвалищі трапився обвал сміття, під завалами опинилися пожежники та еколог підприємства ЛКП «Збиранка». Після цього стало відомо, що шанси врятувати людей з-під завалів Грибовицького сміттєзвалища мізерні. Тіла трьох рятувальників згодом були виявлені. Тіло 61-річного еколога Олександра Бутіна так і не знайшли. Після трагедії місто Львів виділило 14 мільйонів на ліквідацію ситуації на Грибовицькому сміттєзвалищі.

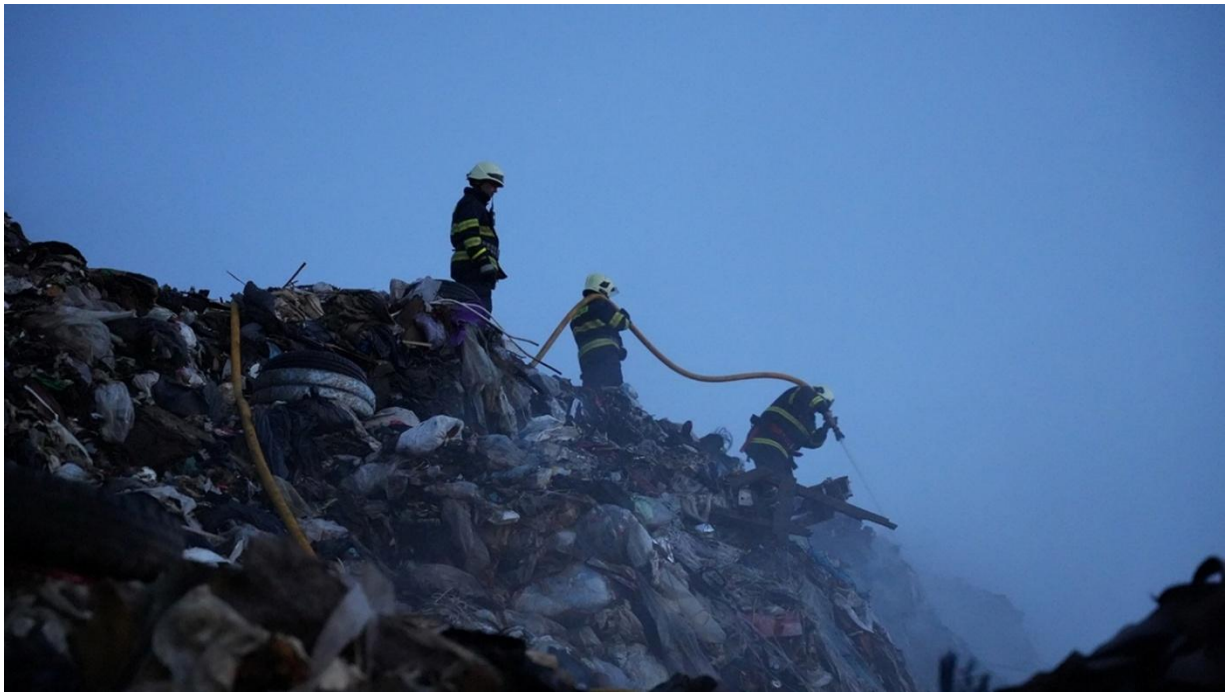


Рис. 3. Пожежа на Ужгородському полігоні ТПВ

Як бачимо, пожежі на сміттєзвалищах та полігонах твердих побутових відходів є однією з найбільш небезпечних форм техногенного впливу на довкілля та населення. Проаналізовані приклади пожеж на полігонах ТПВ в Україні свідчать про їх тривалість, складність ліквідації та значні екологічні й соціальні наслідки.



Рис. 4. Пожежа на Дергачівському полігоні ТПВ м. Харкова



Рис. 5. Пожежа на Грибовицькому сміттєзвалищі біля Львова

Особливістю пожеж на полігонах ТПВ є їх прихований характер, поширення в товщі відходів, значна глибина осередків горіння та ускладнений доступ до них. Це призводить до тривалого горіння, повторних загорянь і залучення значних матеріальних, технічних та людських ресурсів для ліквідації пожеж.

Під час горіння твердих побутових відходів в атмосферне повітря викидається широкий спектр небезпечних забруднюючих речовин, зокрема оксиди вуглецю, азоту, сірки, дрібнодисперсний пил, діоксини, поліциклічні ароматичні вуглеводні та інші токсичні сполуки. Неконтрольовані викиди

створюють загрозу здоров'ю населення, особливо в прилеглих житлових районах.

Аналіз реальних надзвичайних ситуацій (Ужгород, Харків, Львів) демонструє, що пожежі на полігонах ТПВ можуть супроводжуватися високими ризиками для персоналу та рятувальних служб, місцевого населення, а також призводити до трагічних наслідків. Це підкреслює необхідність обґрунтованого прогнозування екологічних наслідків таких подій.

Таким чином, розрахунок викидів небезпечних речовин під час пожежі на полігоні ТПВ є важливим етапом екологічної оцінки ризиків, який дозволяє кількісно визначити масштаби забруднення атмосферного повітря, оцінити потенційний вплив на довкілля та здоров'я населення, а також обґрунтувати заходи щодо мінімізації негативних наслідків надзвичайних ситуацій.

#### **1.4 Розрахунок максимальних приземних концентрацій шкідливих речовин під час пожежі на сміттєзвалищах та полігонах ТПВ**

Неорганізоване горіння твердих побутових відходів є достатньо складним і багатофакторним процесом з точки зору прогнозування його наслідків. Небезпека для навколишнього середовища від забруднення атмосферного повітря може бути встановлена за кратністю перевищення величини гранично-допустимої концентрації відповідної речовини під час пожежі.

Для визначення концентрації шкідливих речовин у повітрі під час пожежі необхідно знати їх викид, тобто надходження речовини маси речовини в одиницю часу, зазвичай у г/с.

Існують різні методики розрахунку викидів шкідливих речовин під час пожежі на полігоні. В Україні є «Методика розрахунку неорганізованих викидів забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану та визначення розмірів завданої шкоди», затверджена Наказом Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України № 175 від 13.04.2022 р. Принцип розрахунку полягає в наступному: у разі відсутності інформації про масу згорілої речовини, розрахунок **маси неорганізованого викиду** для кожної забруднюючої речовини або суміші таких речовин ( $Mi^{викид}$ ) в атмосферне повітря від джерела викиду, здійснюється за формулою (1):

$$Mi^{викид} = qi \times po \times S, m \quad (1)$$

де  $i$  – забруднююча речовина або суміш таких речовин (CO, NO<sub>x</sub> та ін);

$qi$  – питомий показник викиду забруднюючої речовини або суміші таких речовин, визначається згідно з додатком 1 до згаданої методики, т/т;

$\rho_0$  – коефіцієнт середньої щільності речовин (емпіричний коефіцієнт питомої маси горючого навантаження на одиницю площі у т на м<sup>2</sup>); дорівнює 0,03;

$S$  – площа пожежі, м<sup>2</sup>.

Отже, методика припускає, що пожежа має середнє поверхнєве горюче навантаження; що шар горючих матеріалів усереднений (за товщиною, складом, щільністю); а значення 0,03 т/м<sup>2</sup> при цьому – це нормативно-статистична оцінка, а не вимірювана величина.

Це допустимо нормативно, бо це методика призначена для розрахункових (інвентаризаційних) оцінок матеріальної шкоди, завданої неорганізованими викидами забруднюючих речовин або сумішей таких речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій, тобто вона орієнтована на регуляторні потреби, а не на точну фізику процесу.

У той же час це є слабкою стороною методики з наукової точки зору, бо ігнорується реальна висота шару відходів. Крім того, дана методика містить дуже узагальнені дані щодо питомих коефіцієнтів викидів ( $q_i$ ) при згорянні об'єктів, відходів та інших речовин у т/т, тобто не враховується тип відходів.

Натомість Методика AP-42 (Compilation of Air Pollutant Emission Factors from Stationary Sources), що є стандартизованим довідником Агентства з охорони навколишнього середовища США (EPA), містить коефіцієнти викидів забруднюючих речовин для різних джерел, включаючи конкретно горіння сміття на звалищах (таблиця 4). Коефіцієнти AP-42 використовуються в навчальних та оціночних розрахунках як репрезентативні середні значення для відкритого горіння змішаних муніципальних відходів.

Таблиця 4. Коефіцієнти викидів при відкритому спалюванні муніципальних відходів (AP-42, Table 2.5-1)

Джерело	Небезпечні речовини					
	тверді речовини	оксиди сірки	окис вуглецю	ЗОС*		оксиди азоту
				метан	неметани	
Муніципальні відходи, кг/т	8	0,5	42	6,5	15	3

\* Дані показують, що викиди загальних органічних сполук (ЗОС) складаються приблизно з 25% метану, 8% інших насичених сполук, 18% олефінів, 42% інших сполук (оксигенати, ацетилен, ароматичні сполуки, сліди формальдегіду).

Таким чином, використання коефіцієнтів викидів при відкритому спалюванні саме муніципальних відходів за AP-42 дозволяє дещо підвищити

точність розрахунків за відсутності об'єктивних даних про масу згорілих відходів, адже для цього дійсно потрібно знати окрім площі пожежі ще й висоту шару та густину відходів, а отримати ці дані на практиці буває достатньо складно.

Знаючи масу неорганізованого викиду для кожної забруднюючої речовини та тривалість пожежі на полігоні твердих побутових відходів, є можливість розрахувати **викид речовин** під час пожежі за формулою (2):

$$Vi_{\text{викид}} = Mi^{\text{викид}} \cdot 10^6 : t, \text{ г/с} \quad (2)$$

де  $Mi^{\text{викид}}$  – маса неорганізованого викиду для кожної забруднюючої речовини, т;

$t$  – тривалість пожежі, с.

Треба також зазначити, що дана формула не враховує динаміку пожежі, тому реальні викиди можуть бути вищими на етапі активного горіння та нижчими під час затухання пожежі. Отже, отримані результати будуть носити усереднений характер.

Маючи інформацію про інтенсивність неорганізованого викиду шкідливої речовини, можемо розрахувати її **максимальну приземну концентрацію** за моделлю Гаусса, яка може бути спрощена та представлена у наступному вигляді:

$$C_{\text{max}}(x) \approx \frac{Q}{\pi \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z \cdot u} \quad (3)$$

де  $Q$  – інтенсивність викиду, мг/с (тобто це  $Vi^{\text{викид}}$ , але у мг/с замість г/с);

$u$  – швидкість вітру на висоті викиду, м/с;

$\sigma_y, \sigma_z$  – коефіцієнти розсіювання, м;

$x$  – відстань за вітром, м;

$y$  – поперечна координата;

$z$  – вертикальна координата.

За цією методикою швидкість вітру  $u$  приймають фактичну або сценарну:

- нічний сценарій: 1-2 м/с;
- денний: 3-5 м/с.

Для найгіршого випадку  $u = 1$  м/с.

Коефіцієнти розсіювання  $\sigma_y, \sigma_z$  визначаються за класом стійкості атмосфери та відстанню  $x$  від пожежі.

Типові значення коефіцієнтів розсіювання  $\sigma_y, \sigma_z$ , що використовуються в науковій практиці для **пожежі вночі, клас стійкості атмосфери F** (дуже стійка атмосфера), наведені у таблиці 5.

Таблиця 5. Типові значення коефіцієнтів розсіювання  $\sigma_y, \sigma_z$  для **пожежі вночі, клас F** (дуже стійка атмосфера)

Відстань x, м	$\sigma_y$ , м	$\sigma_z$ , м
100	12	6
500	40	15
1000	65	25

Типові значення коефіцієнтів розсіювання  $\sigma_y, \sigma_z$ , що використовуються в науковій практиці для **пожежі вдень, клас стійкості атмосфери C** (помірно нестійка атмосфера – сонячно, слабка хмарність, легка турбулентність), наведені у таблиці 6.

Таблиця 6. Типові значення коефіцієнтів розсіювання  $\sigma_y, \sigma_z$  для **пожежі вдень, клас стійкості атмосфери C** (помірно нестійка атмосфера – сонячно, слабка хмарність, легка турбулентність)

Відстань x, м	$\sigma_y$ , м	$\sigma_z$ , м
100	30	20
200	45	30
500	80	55
1000	130	80

Типові значення коефіцієнтів розсіювання  $\sigma_y, \sigma_z$ , що використовуються в науковій практиці для **пожежі вдень, клас стійкості атмосфери D** (нейтральна атмосфера – суцільна хмарність або сильніша швидкість вітру), наведені у таблиці 7.

Таблиця 7. Типові значення коефіцієнтів розсіювання  $\sigma_y, \sigma_z$  для **пожежі вдень, клас стійкості атмосфери D** (нейтральна атмосфера – суцільна хмарність або сильніша швидкість вітру)

Відстань x, м	$\sigma_y$ , м	$\sigma_z$ , м
100	22	14
200	32	18
500	55	30
1000	90	45
2000	150	70

Отже, згідно з гауссовою моделлю розсіювання, максимальна приземна концентрація забруднюючих речовин формується не безпосередньо в зоні джерела викиду, а *на деякій відстані за напрямком вітру*, у зоні сформованого факела. Безпосередньо в межах осередку пожежі застосування моделей атмосферного розсіювання є некоректним через нестационарність процесів горіння.

Розраховану максимальну приземну концентрацію шкідливої речовини ми можемо порівняти із її гранично-допустимою концентрацією в атмосфері, встановивши кратність перевищення ГДК, що і буде показником екологічного ризику для здоров'я людини від забруднення повітря.

Значення ГДК для речовин, що зазначені вище у табл. 4 і які мають коефіцієнти викидів при відкритому спалюванні муніципальних відходів за AP-42, наведені у таблиці 8.

Таблиця 8. Значення максимально разової ГДК у повітрі населених пунктів для речовин, що потрапляють в атмосферу під час пожеж на сміттєзвалищах та полігонах

Показник	Небезпечні речовини						
	тверді речовини	оксид сірки	окис вуглецю	ЗОС		оксид азоту	діоксид азоту
				метан	неметани		
Максимально разова ГДК, мг/м <sup>3</sup>	0,5	0,5	5,0	-	-	0,4	0,2

Таким чином, представлений алгоритм розрахунку дозволяє кількісно оцінити викиди та зону впливу забруднюючих речовин та порівняти розраховані концентрації з ГДК для визначення рівня екологічного ризику. Опанування цієї методики є важливим для майбутніх фахівців, оскільки дає інструмент для науково обґрунтованої оцінки наслідків надзвичайних ситуацій та обґрунтування необхідних захисних заходів.

## 2. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

### 2.1. Умови завдання

На звалищі твердих побутових відходів міста N відбулася пожежа, що тривала 21 годину. Причина пожежі – самозаймання відходів. Орієнтовна площа пожежі – 1 га. Травмовані та загиблі внаслідок пожежі відсутні. Пожежу було ліквідовано силами підрозділів ДСНС.

#### Завдання:

1. Визначити **масу неорганізованого викиду**  $Mi^{викид}$  шкідливих речовин під час пожежі з урахуванням коефіцієнтів викидів за АР-42 (у тонах).
2. Визначити **інтенсивність викиду**  $Vi^{викид}$  шкідливих речовин (у г/с).
3. Розрахувати **максимальну приземну концентрацію**  $C_{max}(x)$  (у мг/м<sup>3</sup>) за моделлю Гаусса для **однієї шкідливої речовини – окису вуглецю** на відстані **1000 м** від звалища. Погодні умови – ніч, атмосфера дуже стійка.
4. Порівняти максимальну приземну концентрацію вищезазначеної шкідливої речовини із її **максимально разовою ГДК** у повітрі населених пунктів.
5. Зробити висновки відносно наявності або відсутності екологічного ризику для здоров'я для людини від забруднення повітря.

### 2.2. Приклад рішення

1) Визначаємо **масу неорганізованого викиду**  $Mi^{викид}$  шкідливих речовин під час пожежі з урахуванням коефіцієнтів викидів за АР-42 (у тонах) за формулою (1):

$$Mi^{викид} = qi \times po \times S, t \quad (1)$$

де  $i$  – забруднююча речовина або суміш таких речовин (СО, NO<sub>x</sub> та ін);

$qi$  – питомий показник викиду забруднюючої речовини або суміші таких речовин за АР-42, визначається згідно з таблицею 4;

$po$  – коефіцієнт середньої щільності речовин (емпіричний коефіцієнт питомої маси горючого навантаження на одиницю площі у т на м<sup>2</sup>); дорівнює 0,03;

$S$  – площа пожежі, м<sup>2</sup>. Згідно умов завдання, дорівнює 1 га, тобто 10 000 м<sup>2</sup>.

Розрахунок викиду шкідливих речовин під час пожежі на звалищі твердих побутових відходів міста N наведений у таблиці 9. Треба зазначити, що коефіцієнти викидів при відкритому спалюванні муніципальних відходів за АР-42 потребують переводу з кг/т у т/т, що пов'язано із особливостями методик.

Таблиця 9. Розрахунок маси викиду шкідливих речовин під час пожежі на звалищі твердих побутових відходів

Речовина	Коефіцієнти викиду для відкритого спалювання побутових відходів АР-42		К-т щільності	Площа, м <sup>2</sup>	Викид $Mi^{викид}$ , т
	кг/т	т/т			
Тверді речовини	8	0,008	0,03	10 000	2,4
Оксиди сірки	0,5	0,0005	0,03		0,15
Окис вуглецю	42	0,042	0,03		12,6
Метан	6,5	0,0065	0,03		1,95
Неметани	15	0,015	0,03		4,5
Оксиди азоту	3	0,003	0,03		0,9
<b>Разом</b>	-	-	-		-

Отже, загальна маса викиду лише деякої частини шкідливих речовин під час пожежі на звалищі твердих побутових відходів, яка піддається розрахунку, становить 22,5 т, що безумовно є значним показником.

2) Визначаємо інтенсивність викиду  $Vi^{викид}$  (у г/с) шкідливих речовин за формулою (2):

$$Vi^{викид} = Mi^{викид} \cdot 10^6 : t, \text{ г/с} \quad (2)$$

де  $Mi^{викид}$  – маса неорганізованого викиду для кожної забруднюючої речовини, т;

$t$  – тривалість пожежі, с.

Розрахунок інтенсивності викиду шкідливих речовин під час пожежі на звалищі твердих побутових відходів міста N наведений у таблиці 10.

За результатами розрахунку інтенсивності викиду шкідливих речовин під час пожежі на звалищі твердих побутових відходів встановлено, що найбільший внесок у забруднення атмосферного повітря мають газоподібні продукти горіння.

Таблиця 10. Розрахунок інтенсивності викиду шкідливих речовин під час пожежі на звалищі твердих побутових відходів

Речовина	Викид $Mi_{\text{викид}}$ , т	Викид $Mi_{\text{викид}}$ , г	Тривалість пожежі, у чисельнику – год, у знаменнику – с	Викид, г/с
Тверді речовини	2,4	2 400 000	21 75600	31,746
Оксиди сірки	0,15	150 000		1,984
Окис вуглецю	12,6	12 600 000		166,667
Метан	1,95	1 950 000		25,794
Неметани	4,5	4 500 000		59,524
Оксиди азоту	0,9	900 000		11,905

Найвища інтенсивність викиду характерна для оксиду вуглецю (166,7 г/с), що зумовлено неповним згорянням органічної складової відходів. Отримані значення свідчать про потенційно суттєвий негативний вплив пожеж на полігонах ТПВ на якість атмосферного повітря та необхідність подальшої оцінки приземних концентрацій забруднюючих речовин.

3) Розраховуємо **максимальну приземну концентрацію  $C_{\max}(x)$**  (у мг/м<sup>3</sup>) за моделлю Гаусса для **шкідливої речовини – окису вуглецю** на відстані **1000 м** від звалища за формулою (3):

$$C_{\max}(x) \approx \frac{Q}{\pi \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z \cdot u} \quad (3)$$

де  $Q$  – інтенсивність викиду, мг/с (тобто це  $Vi_{\text{викид}}$ , але у мг/с замість г/с);  
 $u$  – швидкість вітру на висоті викиду, м/с;  
 $\sigma_y, \sigma_z$  – коефіцієнти розсіювання, м;  
 $x$  – відстань за вітром, м.

$Vi_{\text{викид}} = 166,667$  г/с (див. табл. 10).

Звідси:

$$Q = 166,667 \cdot 10^3 = 166\,667 \text{ мг/с.}$$

Швидкість вітру на висоті викиду  $u$  приймаємо рівним 1 м/с, адже відповідно до умов завдання, погодні умови – це ніч, атмосфера дуже стійка.

Коефіцієнти розсіювання  $\sigma_y, \sigma_z$  також визначаємо відповідно до погодних умов: ніч, дуже стійка атмосфера – це клас стійкості атмосфери F. Тоді відповідно до таблиці 5, коефіцієнти розсіювання на відстані 1000 м дорівнюватимуть:

$$\sigma_y = 65 \text{ м}; \sigma_z = 25 \text{ м.}$$

Звідси:

$$C_{max}(x) \approx \frac{166\,667}{3,14 \cdot 65 \cdot 25 \cdot 1} \approx 32,7 \text{ мг/м}^3.$$

Отримане значення максимальної приземної концентрації оксиду вуглецю на відстані 1000 м від звалища твердих побутових відходів свідчить про можливість формування значних рівнів забруднення атмосферного повітря навіть на значній відстані від осередку пожежі та підтверджує високу екологічну небезпеку пожеж на полігонах ТПВ за несприятливих метеорологічних умов.

4) Порівнюємо максимальну приземну концентрацію вищезазначеної шкідливої речовини із її **максимально разовою ГДК** у повітрі населених пунктів.

Відповідно до гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць, **максимально разова ГДК** для окису вуглецю становить  $5 \text{ мг/м}^3$  (дивись таблицю 8).

Звідси:

$$\text{Кратність перевищення ГДК} = 32,7 : 5 = 6,5 \text{ разів.}$$

5) Висновки.

Отримані результати розрахунку свідчать, що навіть короточасна пожежа на звалищі твердих побутових відходів за несприятливих метеорологічних умов може призводити до формування **небезпечних рівнів** забруднення атмосферного повітря на значних відстанях від осередку загоряння. Так, максимальна приземна концентрація **оксиду вуглецю** на відстані **1000 м** перевищує максимальну разову ГДК для повітря у **6,5 разів**, що становить реальну загрозу для здоров'я населення, навіть за відносно нетривалого впливу.

Результати моделювання підтверджують, що пожежі на звалищах є джерелом не лише локального, а й територіально поширеного забруднення атмосферного повітря, наслідки якого можуть виходити далеко за межі самого об'єкта. У зв'язку з цим ефективним і екологічно обґрунтованим шляхом зниження таких ризиків є не ліквідація наслідків пожеж, а їх **попередження**, що можливе лише за умови мінімізації утворення відходів, впровадження їх роздільного збирання, сортування та переробки. За реалізації принципів циркулярної економіки утворення великих мас горючих відходів і, відповідно, пожеж на звалищах стає малоімовірним або практично неможливим.

### 2.3. Завдання на практичну роботу

1. Визначити масу неорганізованого викиду  $Mi^{викид}$  шкідливих речовин під час пожежі з урахуванням коефіцієнтів викидів за АР-42 (у тонах).

2. Визначити інтенсивність викиду  $Vi^{викид}$  шкідливих речовин (у г/с).

3. Розрахувати максимальну приземну концентрацію  $C_{max}(x)$  (у мг/м<sup>3</sup>) за моделлю Гаусса для однієї шкідливої речовини на певній відстані під час визначених погодних умов.

4. Порівняти максимальну приземну концентрацію вищезазначеної шкідливої речовини із її максимально разовою ГДК у повітрі населених пунктів.

5. Зробити висновки відносно наявності або відсутності екологічного ризику для здоров'я для людини від забруднення повітря.

Вихідні дані для розрахунку представлені нижче в таблиці 11. Номер варіанту студент обирає відповідно до свого номеру у журналі академічної групи.

Таблиця 11. Вихідні дані для розрахунку

Номер варіанту	Тривалість пожежі, год	Площа пожежі, га	Шкідлива речовина	Відстань від звалища м	Погодні умови
1	24	1,5	тверді речовини	500	Ніч, дуже стійка атмосфера
2	20	2,4	оксиди сірки	500	День, сонячно, слабка хмарність, легка турбулентність
3	15	2,3	окис вуглецю	1000	День, суцільна хмарність або сильніша швидкість вітру
4	25	1,8	тверді речовини	1000	Ніч, дуже стійка атмосфера
5	12	2,9	оксиди сірки	200	День, сонячно, слабка хмарність, легка турбулентність
6	23	1,2	окис вуглецю	500	День, суцільна хмарність або сильніша швидкість вітру
7	17	1,6	тверді речовини	500	Ніч, дуже стійка атмосфера
8	8	5	оксиди сірки	500	День, сонячно, слабка хмарність, легка турбулентність
9	20	2	окис вуглецю	500	День, суцільна хмарність або сильніша швидкість вітру
10	22	2,1	тверді речовини	1000	Ніч, дуже стійка атмосфера
11	23	5,2	оксиди сірки	200	День, сонячно, слабка хмарність, легка турбулентність
12	19	1,5	окис вуглецю	500	День, суцільна хмарність або сильніша швидкість вітру
13	17	1,4	тверді речовини	500	Ніч, дуже стійка атмосфера

### Контрольні питання

1. Які основні екологічні та санітарно-гігієнічні загрози виникають під час пожеж на звалищах і полігонах твердих побутових відходів?
2. Що таке неорганізований викид і чим він принципово відрізняється від організованого джерела викидів?
3. Які вихідні дані необхідні для розрахунку маси неорганізованого викиду шкідливих речовин під час пожежі за методикою АР-42?
4. У чому полягає відмінність між масою викиду ( $M^{викид}$ , т) та інтенсивністю викиду ( $B^{викид}$ , г/с) і як виконується перехід між цими величинами?
5. Які припущення та спрощення використовуються при застосуванні гауссової моделі розсіювання до пожежі на полігоні ТПВ?
6. Які метеорологічні параметри найбільше впливають на величину максимальної приземної концентрації забруднюючих речовин?
7. Як клас стійкості атмосфери (A–F) впливає на значення коефіцієнтів розсіювання  $\sigma_y$  та  $\sigma_z$ ?
8. Де в просторі, згідно з гауссовою моделлю, формується максимальна приземна концентрація шкідливої речовини і чому вона не обов'язково виникає безпосередньо над осередком пожежі?
9. З якою метою виконується порівняння розрахованої концентрації із максимально разовою ГДК і що показує кратність перевищення?
10. Чому попередження утворення відходів, їх сортування та переробка є найбільш ефективним способом зниження екологічних ризиків, пов'язаних із пожежами на звалищах?

## 10 КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Навчальні досягнення здобувачів вищої освіти за результатами вивчення курсу оцінюватимуться за шкалою, що наведена нижче:

Рейтингова шкала	Інституційна шкала
90–100	відмінно
74–89	добре
60–73	задовільно
0–59	незадовільно

Здобувачі вищої освіти можуть отримати підсумкову оцінку з навчальної дисципліни на підставі поточного оцінювання знань за умови, якщо набрана кількість балів складатиме не менше як 60 балів.

Максимальне оцінювання:

Теоретична частина	Практична частина		Разом
	При своєчасному складанні	При несвоєчасному складанні	
60	40	30	<b>100</b>

Практичні роботи приймаються за контрольними запитаннями до кожної з роботи.

### Критерії оцінювання практичної роботи

За кожну практичну роботу здобувач вищої освіти може отримати наступну кількість балів:

**5 балів:** отримано правильну відповідь (згідно з еталоном), використано формулу з поясненням змісту окремих її складових, зазначено одиниці виміру.

**4 бали:** отримано правильну відповідь з незначними неточностями згідно з еталоном, відсутня формула та/або пояснення змісту окремих складових, або не зазначено одиниці виміру.

**3 бали:** отримано неправильну відповідь, проте використано формулу з поясненням змісту окремих її складових, зазначено одиниці виміру.

**2 бали:** отримано неправильну відповідь, проте використано формулу без пояснень змісту окремих її складових та не зазначено одиниці виміру.

**1 бал:** наведено неправильну відповідь, до якої не надано жодних пояснень.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України «Про управління відходами» № 2320-IX від 20.06.2022, Відомості Верховної Ради (ВВР), 2023, № 17, ст.75). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text>. Загол. з екрана.
2. Державні будівельні норми України. ДБН В.2.4-2-2005. Полігони твердих побутових відходів. Основні положення проектування. URL: [https://e-construction.gov.ua/laws\\_detail/3200370846212294438?doc\\_type=2](https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3200370846212294438?doc_type=2). Загол. з екрана.
3. Управління побутовими відходами. Сайт Міністерства розвитку громад та територій України. URL: <https://mindev.gov.ua/diialnist/napriamy/sfera-komunalnykh-poslugh/upravlinnia-pobutovymy-vidkhodamy>. Загол. з екрана.
4. Попович, В. В.; Кучерявий, В. П. Вплив продуктів горіння полігонів твердих побутових відходів на організм людини та біоту. *Пожежна безпека*, 2012, 20: 60-66.
5. Пожежа на Дергачівському полігоні твердих побутових відходів. URL: <https://kh.dsns.gov.ua/news/nadzvicaini-podiyi/1791>. Загол. з екрана.
6. В Ужгороді третій день гасять пожежу на сміттєзвалищі. URL: <https://news.obozrevatel.com/ukr/politics/31254-v-uzhgorodi-tretij-den-gasyat-pozhezhu-na-smittezvalischi.htm>. Загол. з екрана.
7. Пожежу на сміттєзвалищі під Ужгородом гасили аж до ранку. URL: <https://news.obozrevatel.com/ukr/politics/31254-v-uzhgorodi-tretij-den-gasyat-pozhezhu-na-smittezvalischi.htm>. Загол. з екрана.
8. Трагедія Грибовицького сміттєзвалища. Хронологія подій. URL: <https://portal.lviv.ua/news/2016/05/31/tragediya-gribovitskogo-smittyezvalishha-hronologiya-podiy>. Загол. з екрана.
9. Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України № 175 від 13.04.2022. «Методика розрахунку неорганізованих викидів забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану та визначення розмірів завданої шкоди». URL: <https://surl.lt/pifilf>. Загол. з екрана.
10. AP-42. Compilation of Air Pollutant Emission Factors from Stationary Sources. URL: <https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification/ap-42-compilation-air-emissions-factors-stationary-sources>. Загол. з екрана.
11. ОНД-86. Методика розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, що містяться у викидах підприємств URL: <https://zakon.isu.net.ua/norm/27001-metodika-rozrakhunku-koncentraciy-v-atmosfernomu-povitri-shkidlivikh-rechovin-scho>. Загол. з екрана.
12. Методичні вказівки до виконання практичних завдань з дисципліни "Моделювання та прогнозування стану довкілля" : у 2 ч. Частина 1 / В. В. Благодатний, Н. І. Магась. – Миколаїв : Видавництво НУК, 2011. – 50 с.
13. Наказ Міністерства охорони здоров'я України № 52 від 14.01.2020 р. «Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0156-20>. Загол. з екрана.

## ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	3
ПРАКТИЧНА РОБОТА .....	4
1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА.....	4
1.1 Вплив звалищ та полігонів твердих побутових відходів на довкілля .....	4
1.2. Вплив продуктів горіння твердих побутових відходів на організм людини та біоту.....	7
1.3 Пожежі на сміттєзвалищах та полігонах ТПВ .....	11
1.4 Розрахунок максимальних приземних концентрацій шкідливих речовин під час пожежі на на сміттєзвалищах та полігонах ТПВ.....	14
2. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА .....	19
2.1. Умови завдання .....	19
2.2. Приклад рішення .....	19
2.3. Завдання на практичну роботу.....	23
Контрольні питання .....	24
КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ .....	25
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	26

Навчальне видання

**Борисовська** Олена Олександрівна  
**Ломазов** Павло Костянтинович

## **ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА**

**Методичні рекомендації до виконання практичної роботи**  
на тему: «Розрахунок викиду небезпечних речовин під час пожежі на полігоні  
твердих побутових відходів» для здобувачів ступеня бакалавра  
освітньо-професійних програм «Екологія» та «Технології захисту  
навколишнього середовища» зі спеціальностей Е2 Екологія та G2 Технології  
захисту навколишнього середовища

Видано в авторській редакції.

Електронний ресурс.  
Підписано до видання 10.02.2026. Авт. арк. 1,2.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка».  
49005, м. Дніпро, просп. Дмитра Яворницького, 19.