

*Н.Ю. Голець, М.С. Мальований, д-р техн. наук, професор, Ю.О Малик, канд. техн. наук, доцент
(Національний університет «Львівська політехніка»)*

РОЗРАХУНОК КЛАСУ НЕБЕЗПЕКИ ФІЛЬТРАТУ ГРИБОВИЦЬКОГО ПОЛІГОНУ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

Проведено моніторинг стану Грибовицького полігону твердих побутових відходів (ТПВ), на який вивозять відходи з міста Львова. Проаналізовано негативний вплив полігону твердих побутових відходів на довкілля, а особливо негативний вплив дренажних вод полігону на ґрунтові та підземні води. Проведено розрахунок класу небезпеки фільтрату ТПВ за величинами розрахованих індексів токсичності (небезпеки) окремих хімічних інгредієнтів стічних вод полігонів, використовуючи значення їх ГДК у ґрунті. Зроблено основні висновки за виконаними розрахунками.

Ключові слова: полігон, сміттєзвалище, ТПВ, фільтрат, дренажні води, стічні води, інгредієнти, індекси небезпеки (токсичності), клас небезпеки

Вступ. Усі побутові відходи м. Львова вивозяться на міське сміттєзвалище, яке розташоване в с. Грибовичі і експлуатується з 1969 року. Загальний об'єм накопиченого сміття на полігоні твердих побутових відходів (ТПВ) м. Львова (площа міста – 171 км², кількість мешканців - 756 тис. осіб) протягом останніх 3 років становив 1 млн м³/рік, що дорівнює 1,15 м³/рік на 1 мешканця (0,77 кг/(день·особу) [1].

За різними даними його площа дорівнює від 33,3 га до 45,3 га, максимальна висота накопичених відходів – 45 м, середньорічне вивезення відходів дорівнює 1,050 тис. м³ [2, 3]. Львівське сміттєзвалище потрапило до переліку ста екологічно найнебезпечніших об'єктів України. В тілі полігону знаходиться (приблизно) 12-15 мільйонів тонн відходів, з яких, за офіційними даними, – 2 мільйони тонн небезпечних (токсичних) відходів 1 - 4 класів небезпеки. До 1990 р. на сміттєзвалище вивозилися і захоронялися токсичні відходи 1 - 3 класів небезпеки. Починаючи з 1990 р. (офіційно, за дозволом СЕС) вивозяться тільки промислові відходи 3 - 4 класів небезпеки.

ТПВ в процесі недосконалої утилізації виділяє продукти своєї життєдіяльності. Це токсичні речовини, які атмосферними опадами змиваються під сміттєзвалище і там накопичуються. Отже, основним чинником впливу полігонів ТПВ на навколишнє середовище є фільтрат. Фільтрат – це стічні води, що виникають в результаті інфільтрації атмосферних опадів у тіло полігону, які концентруються в його «підшві». Це складна за хімічним складом рідина з яскраво вираженим неприємним запахом біогазу. Пізніше вона стікає в спеціальні відстійники. Власне кажучи, токсична вода має пройти повний цикл біологічного очищення, після чого її мають скидати ріку Західний Буг. Мають, але, як правило, цього не роблять, і вода потрапляє на поля, підземні та поверхневі води і, відповідно, негативно впливає на всі види живих організмів – рослини, тварини та мікроорганізми.

Постановка проблеми. Питання складування твердих побутових відходів є актуальними і результати їх детального вивчення вказують на значний негативний вплив полігонів ТПВ на довкілля. Нехтування вимогами з утилізації відходів призводить до того, що такі об'єкти стають джерелом інтенсивного екологічного навантаження на природне середовище.

Аналіз стану Грибовицького ТПВ щодо його впливу на навколишнє середовище свідчить про те, що саме сміттєзвалище, а особливо, його інфільтрати, дуже негативно впливають на довкілля, на ґрунтові та підземні води.

Фільтрат, після проходження через товщу відходів, збагачується токсичними речовинами, важкими металами, органічними, неорганічними сполуками тощо, що входять до складу відходів, або є продуктами їх розкладання. На звалищах, споруджених без дотримання правил охорони навколишнього середовища (вони не мають протифільтраційного екрана,

системи відведення та очищення фільтрату), стічна вода вільно стікає рельєфом, потрапляє в ґрунт, ґрунтові та підземні води.

Мета роботи. Визначити клас небезпеки (токсичності) дренажних вод Грибовицького полігону ТПВ.

Виклад основного матеріалу. На полігоні ТПВ протягом його експлуатації потрібно проводити поточний державний санітарний нагляд за благоустроєм та дотриманням правил експлуатації, а також контроль, не рідше 2 разів на рік, за вмістом токсичних інгредієнтів у всіх об'єктах навколишнього природного середовища: ґрунтових водах та водах водойм, ґрунті, рослинах а також в атмосферному повітрі.

Відповідно до чинного Податкового кодексу [4], суб'єкт господарювання проводить регулярні платежі в бюджет, розмір платежів є пропорційним до об'єму скидів та класу небезпеки відходів. Визначення класу небезпеки здійснюється двома способами:

- експериментальним шляхом на дослідних тваринах, згідно з ГОСТом 12.1.007-76 в установах, які акредитовані на цей вид діяльності;
- розрахунковим способом [5], коли встановлений фізико-хімічний склад відходів, LD_{50} (середня смертельна доза хімічного інгредієнта у випадку потрапляння в шлунок), або ГДК екзогенних хімічних речовин у ґрунті.

Методика визначення класу небезпеки складного відходу (фільтрату) описана в нормативному документі [5]. Її зміст полягає в тому, що для окремого хімічного інгредієнта, що входить до складу відходу, визначають індекс токсичності (небезпеки) за таким рівнянням:

$$K_i = \frac{\lg(LD_{50})_i}{(S + 0,1F + C_{\sigma})_i}, \quad (1)$$

де S – коефіцієнт, який відображає розчинність хімічного інгредієнта у воді; F - коефіцієнт леткості хімічного інгредієнта; C_{σ} – кількість цього інгредієнта в загальній масі відходу, т/т, (його частка); i – порядковий номер інгредієнта.

Після розрахунку індексів токсичності всіх компонентів відходу, вибирають не більше трьох, але не менше двох визначальних компонентів, які мають найменші індекси токсичності K_i , і виконується умова $K_1 < K_2 < K_3$. Крім того потрібно витримати ще і таке співвідношення: $2 + K_1 > K_3$.

Сумарний індекс токсичності визначають за рівнянням:

$$K_{\sigma} = \frac{1}{2} \cdot \sum_{i=1}^n K_i, n \leq 3 \quad (2)$$

Після таких нескладних розрахунків звертаються до таблиці 1, згідно з якою визначають клас небезпеки відходу.

Однак в джерелі [5] методика розрахунку середньої смертельної дози для деяких конкретних хімічних інгредієнтів дренажних вод відсутня. Вона також відсутня і в інших відкритих джерелах інформації.

Таблиця 1

Класифікація небезпек відходів за LD_{50}

Величина K_{σ} , отриманої на основі LD_{50}	Клас небезпеки	Ступінь токсичності
Менше 1.3	I	Надзвичайно небезпечні
1.3 – 3.3	II	Високонебезпечні
3.4 – 10	III	Помірно небезпечні
Більше 10	IV	Малонебезпечні

В цьому випадку вказана методика рекомендує використовувати в розрахунках умовні величини LD₅₀, які орієнтовно визначаються за показниками класу небезпеки у повітрі робочої зони. Такі дані наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Показники класу небезпеки (токсичності) в повітрі робочої зони

Клас небезпеки у повітрі робочої зони	Еквівалент LD ₅₀	Lg(LD ₅₀)
I	15	1.176
II	150	2.176
III	5000	3.699
IV	>5000	3.778

В нашому конкретному випадку, для деяких складників дренажних вод (фільтратів) полігонів твердих побутових відходів не існує розроблених і впроваджених схем утилізації, знешкодження чи оброблення, а основна частина дренажних вод після часткового їх очищення скидається у природні водойми.

В цьому випадку буде мати місце безпосередній контакт дренажних вод з об'єктами навколишнього природного середовища.

Але, оскільки тверді відходи скидають на ґрунт (контрольовані або неконтрольовані звалища, полігони тощо) або захороняють у ґрунті, то важливе значення мають нормативи гранично допустимих концентрацій токсичних речовин у ґрунті (ГДК_і), мг/кг. Ця кількість речовин не повинна прямо або опосередковано негативно впливати на ґрунт та інші компоненти навколишнього середовища, а найважливіше – на здоров'я людей. Водночас гранично допустимі величини шкідливих речовин мають сприяти самоочищенню ґрунту. У випадку відсутності ГДК_і оцінка забрудненості проводиться порівнянням вмісту хімічних речовин у забруднених (досліджуваних) і контрольних зразках ґрунту.

В такому випадку для визначення класу небезпеки (токсичності) таких відходів слід застосовувати ГДК_і їх хімічних складників у ґрунті.

Значення ГДК_і в ґрунті для різних речовин, що знаходяться в промислових відходах, наведені у [6].

Якщо ГДК_і токсичних речовин у ґрунті відома, то можна розрахувати індекси їх токсичності (небезпеки) за виразом 3.

Вказана методика рекомендує для спрощення розрахунків з метою визначення класу небезпеки рідких відходів використовувати ГДК у ґрунті, а індекс токсичності для окремого складника визначати за таким рівнянням

$$K_i = \frac{ГДК_i}{(S + 0,1F + C_v)_i} \quad (3)$$

де S – коефіцієнт, який відображає розчинність хімічного інгредієнта у воді; F – коефіцієнт леткості хімічного інгредієнта; C_v – кількість даного інгредієнта в загальній масі відходу, т/т (його частка); i – порядковий номер інгредієнта.

Відповідно до методики, коефіцієнт леткості отримують таким чином:

- за допомогою відповідних довідників визначають тиск насичених парів в мм рт. ст. інгредієнтів відходу за температури 25 °С, що мають температуру кипіння при 760 мм рт. ст. не вище 80 °С; одержану величину ділять на 760 і отримують безрозмірну величину F, яка знаходиться в інтервалі від 0 до 1.

Коефіцієнт, що відображає розчинність хімічного інгредієнта у воді, визначають за аналогічною схемою:

- за допомогою довідників знаходять розчинність хімічного інгредієнта у воді у грамах на 100 г води за температури не вище 25⁰С, цю величину також ділять на 100 і отримують безрозмірний коефіцієнт S , який в більшості випадків знаходиться в інтервалі від 0 до 1.

Спроба віднайти у відомих довідниках параметри всіх компонентів дренажних вод (розчинність інгредієнтів у воді та тиск їх насичених парів), необхідних для розрахунку вище вказаних коефіцієнтів, не привели до успішного результату. Тому у випадку відсутності для деяких інгредієнтів однієї або двох характеристик із тих, що містяться у знаменнику виразу (3), замість конкретного її значення слід записувати цифру 0.

Таблиця 3

Зведена таблиця розрахунку індексу токсичності

№з/п	Назва інгредієнта	ГДК у ґрунті, мг/кг	C_b , т/т	Індекс токсичн. K_i	Безрозмірний індекс
1	Сухий залишок	Не встат.	$1.76 \cdot 10^{-2}$		
2	Сполуки магнію	Не встан.	$1.96 \cdot 10^{-4}$		
3	Хлориди	560	$3.78 \cdot 10^{-3}$	$1.48 \cdot 10^5$	0.148
4	Фосфати	200	$4.20 \cdot 10^{-4}$	$4.76 \cdot 10^5$	0.476
5	Амонійний азот	130	$7.20 \cdot 10^{-4}$	$1.80 \cdot 10^5$	0.18
6	Нітрати	130	$1.10 \cdot 10^{-4}$	$1.30 \cdot 10^6$	1.3
7	Нафтопродукти	Не встан.	$4.23 \cdot 10^{-5}$		
8	Сполуки заліза	Не встан.	$1.14 \cdot 10^{-6}$		
9	Сполуки свинцю	32	$9.00 \cdot 10^{-7}$	$3.60 \cdot 10^8$	355
10	Сполуки нікелю	4	$1.47 \cdot 10^{-7}$	$2.70 \cdot 10^7$	2.7
11	Сполуки хрому	6	$4.90 \cdot 10^{-7}$	$1.20 \cdot 10^7$	12.2
12	Сполуки кадмію	1	$2.70 \cdot 10^{-8}$	$3.70 \cdot 10^7$	37

Відсутність цих характеристик пояснюється перш за все тим, що інгредієнти стічних вод можуть знаходитись у різних агрегатних станах (у вигляді твердого тіла чи рідини), і таке розуміння призводить до зміни виразу (3), який після спрощення набуде вигляду

$$K_i = \text{ГДК}_i / C_b \quad (4)$$

Індекси токсичності складників фільтрату, які обчислені з використанням їх характеристик, що містяться у таблиці [6], наведені нижче у таблиці 3.

Велика розрядність числових значень наведених величин – кількості конкретного інгредієнта в масі відходу C_b , а також індексу токсичності K_i (від – (4-8) до + (5-8)) робить результати досить незручними для аналізу.

Враховуючи розмірності ГДК_i інгредієнтів у ґрунті, мг/кг, і частки окремого інгредієнта в масі відходу, т/т, доцільно перейти до безрозмірних індексів токсичності (небезпеки), значення яких приведені в останній колонці таблиці 3.

Після розрахунку K_i для окремих інгредієнтів відходу, розташовуємо отримані індекси K_i в ряд за збільшенням значень цих коефіцієнтів і вводимо нову нумерацію: $K_1 < K_2 < K_3 < K_4 < K_5$. Вибираємо 3 компоненти, що мають мінімальне значення K_i , за умови $K_1 < K_2 < K_3$, крім того повинна виконуватися умова $2K_1 \geq K_2$ або K_3 . Якщо ця умова не виконується, то вибирають 2 компоненти. Комплексну оцінку забруднення фільтрату сміттєзвалища отримують, просумувавши індекси токсичності інгредієнтів. Сумарний індекс токсичності (небезпеки) визначають за таким рівнянням:

$$K_{\Sigma} = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n K_i, \quad n \leq 3, \quad (5)$$

де n – кількість обраних інгредієнтів. K_{Σ} розраховують за двома або трьома вибраними індексами токсичності відходу.

На основі сумарного індексу небезпеки визначають клас токсичності (небезпеки) й ступінь небезпеки відходу за таблицею 4.

Таблиця 4
Класифікація небезпеки відходів на основі ГДК хімічних речовин у ґрунті (ГДК_г)

Сумарний індекс токсичності K_{Σ}	Клас токсичності (небезпеки)	Ступінь небезпеки
менше 2	I	Надзвичайно небезпечні
2-16	II	Високонебезпечні
16.1 – 30	III	Помірнонебезпечні
> 30	IV	Малонебезпечні

Проведений розрахунок індексів токсичності (небезпеки) окремих хімічних речовин – складників інфільтратів полігону дає змогу за отриманими результатами визначити сумарний індекс токсичності та клас небезпеки дренажних вод полігону. Таким чином, для нашого випадку (визначення класу небезпеки фільтрату Грибовицького полігону ТПВ) за таблицею 3 вибираємо інгредієнти дренажних вод з найменшим індексом токсичності і перевіряємо умови виконання вище вказаних нерівностей. Відповідно до вказаної методики вибираємо для розрахунку такі інгредієнти з найменшими K_i , а саме: хлориди $K_1 = 0,148$, амонійний азот $K_2 = 0,18$, фосфати $K_3 = 0,476$ і перевіряємо умови виконання відповідної нерівності.

Таким чином,

$$2 \cdot 0.148 = 0.296 > 0.18, \text{ але } < 0.476.$$

Отже, умови нерівності виконуються, тоді для розрахунку сумарного індексу небезпеки вибираємо два компоненти: хлориди та амонійний азот.

$$K_{\Sigma} = \frac{1}{2^2} (0.148 + 0.18) = 0.082.$$

За таблицею 4 встановлюємо, що клас токсичності (небезпеки) дренажних вод Грибовицького полігону є – I, а ступінь небезпеки – надзвичайно небезпечні.

Висновок. Проаналізувавши результати розрахунку індексів токсичності (небезпеки) інгредієнтів забруднених дренажних вод полігонів ТПВ (див. останню колонку таблиці 3), а також сумарний індекс токсичності окремої проби забрудненої стічної води, відібраної з поверхні та товщі сміттєзвалища, можна зробити основні висновки: абсолютна величина індексу токсичності окремого інгредієнта визначається значенням його ГДК у ґрунті, а також його кількістю в об'ємі дренажної води; чим менший індекс токсичності, тим більшу небезпеку віг собою представляє; клас небезпеки фільтрату Грибовицького ТПВ – I, а ступінь небезпеки – надзвичайно небезпечний; найнебезпечніші компоненти фільтрату потрібно видаляти із нього в першу чергу, використовуючи найпростіші технології.

Література:

1. **Голець Н. Ю.** Проблеми твердих побутових відходів міста Львова та шляхи їх вирішення / Н. Ю. Голець, М. С. Мальований // Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування: I-ий Міжнар. конгрес, 28 – 29 травня 2009 р.: тези допов. – Львів, 2009. – С. 29-30.
2. **Крилюк В. М.** Екологічний аудит як дієвий засіб прийняття практичних рішень в сфері екологічної безпеки / В. М. Крилюк // Екологічна безпека. – 2012. - №1. – С. 31.
3. **Рибак С.** Стан та ступінь деградації природних комплексів під впливом існування львівського міського сміттєзвалища та еколого-економічна оцінка наслідків його діяльності на перспективу / С. Рибак, О. Томашівський // Проблеми та перспективи розвитку Української науки на початку третього тисячоліття: зб. наук. праць III Всеукраїнської науково-практичної інтернет – конференції. Переяслав – Хмельницький, 14-16 грудня 2011 р. - С. 9 – 12.
4. **Податковий кодекс України.** – м. Київ, Відомості Верховної ради України, 2011, № 13-14...: 2013.
5. **ДСанПіН 2.2.7.029-99.** Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення. – К.: 1999.
6. **Предельно допустимые концентрации химических веществ в почве (ПДК):** № 2546-82; № 32410-85 (v3210400-85); № 4433-87 (v4433400-87).
7. **Справочник химика.** Т. 1 // Глав. ред. Никольский Б.П. – Л.: Химия, 1966.
8. **Справочник химика.** Т. 2 // Глав. ред. Никольский Б.П. – Л.: Химия, 1964.

Н.Ю. Голец, М.С.Мальований, Ю.А. Малык

РАСЧЕТ КЛАССА ОПАСНОСТИ ФИЛЬТРАТА ГРИБОВИЦКОГО ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Проведен мониторинг состояния Грибовицкого полигона твердых бытовых отходов (ТБО), на который вывозят отходы из города Львова. Проанализировано отрицательное влияние полигона твердых бытовых отходов на окружающую среду, а особенно отрицательное влияние дренажных вод полигона на грунтовые и подземные воды. Проведено расчет класса опасности фильтрата ТБО по величине рассчитанных индексов токсичности (опасности) отдельных химических ингредиентов сточных вод полигонов, используя значения их ПДК в грунте. Сделано основные выводы по результатам расчетов.

Ключевые слова: полигон, свалка мусора, ТБО, фильтрат, дренажные воды, сточные воды, ингредиенты, индексы опасности (токсичности), класс опасности.

N.Yu. Holets, M.S. Malyovanyy, Yu.O. Malyk

CALCULATION OF LEACHATE HAZARD CLASS OF HRYBOVYCHI MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILL

A monitoring of Hrybovychi municipal solid waste landfill (MSW), where municipal waste is transported was carried out. Negative impact of landfill on the environment, and especially the negative impact of drainage water on landfill soil and groundwater were analyzed. The calculation of hazard class of MSW leachate according to values of the calculated toxicity indices of certain chemical ingredients of landfill wastewaters, using the value of their MPC in soil was conducted. Key conclusions on the basis of executed calculations were made.

Keywords: landfill, solid waste landfill, filtrate, drainage water, waste water, ingredients, toxicity hazard indices, hazard class

