

УДК 628.5.053

**Скиба Е. Е., д.т.н., доцент, Кулик М. П., к.т.н., доцент** (Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ.), **Голець Н. Ю., к.т.н., доцент** (Національний університет “Львівська політехніка”, м. Львів), **Чабан В. Й., к.т.н., доцент, Богданенко О. В., асистент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

## **ВИБІР ПОКАЗНИКА ЯКОСТІ ДЛЯ ОЦІНКИ РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ СТІЧНИХ ПРОМИСЛОВИХ ТА ДРЕНАЖНИХ ВОД**

**Наведені результати досліджень рівня забруднення стічних промислових та дренажних вод. Виконана комплексна оцінка забруднення стічних вод від сміттєзвалища з використанням індексів токсичності інгредієнтів.**

**Ключові слова:** рівень забруднення, клас небезпеки, гранично-допустима концентрація, індекс токсичності.

**Вступ.** Визначення рівня забруднення стічних промислових та поверхневих і дренажних вод відіграє вирішальну роль для вибору методів очищення та тих інгредієнтів, що мають переважаючий внесок в комплексний показник забруднення води. Це дозволяє при мінімальних затратах на очищення досягти необхідної якості забруднених вод, при якій їх можна без суттєвої шкоди для природного середовища скидати у природні водні об'єкти або чинити мінімальний вплив на ті об'єкти, в котрі проходить скид (водні об'єкти чи різноманітні ґрунти).

**Аналіз існуючих методик.** Відомі методики [1, 2] комплексної оцінки рівня забруднення води базуються на використанні різноманітних показників, зокрема простого, модифікованого та комплексного індексу забруднення води (*ІЗВ*, *КІЗВ*), коефіцієнта забрудненості ( $\chi$ ), комплексний показник екологічного стану (*КПЕС*) та узагальнений екологічний індекс ( $I_E$ ). В основі вказаних показників лежить гранично допустима концентрація у середовищі, якість якого оцінюється, кратність її перевищення, масова доля шкідливого інгредієнта.

По величині перевищення ГДК, або кратності перевищення проводять поділ на класи, інтегральну оцінку ступеня забруднення водного середовища проводять [3, 4] на основі обчислення по відомим залежностям коефіцієнта забруднення, який враховує перевищення ГДК та

масову долю забруднюючих інгредієнтів. Подібний чином проводять класифікацію водних об'єктів за обчисленими комплексними показниками екологічного стану. Однак, згадані методики мають ряд недоліків, які проявляються при спробі їх використання для оцінки стану забруднення промислових стічних вод, поверхневих та дренажних вод сміттєзвалищ, а також розроблення стратегії їх очищення при мінімальних матеріальних затратах з врахуванням їх небезпеки для живого світу, представники якого мають споживати чисту воду, або споживати сільськогосподарську продукцію, вирощену на чистих ґрунтах.

**Постановка задачі.** Забруднені промислові стічні води, води поверхневі та дренажні можна розглядати як складні промислові та побутові відходи класу небезпеки яких регламентується [5] нормативним документом – санітарними правилами ДСанПіН 2.27.029-99 “Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення”. Методика загалом стосується твердих промислових і побутових відходів, тому вельми цікавим є спроба застосувати її для рідких відходів. Адже зміна агрегатного стану речовин від твердого тіла до рідини не повинен суттєво звужувати сферу її застосування.

Другим важливим аргументом стосовно спроби обчислити класу небезпеки забруднених вод є те, що із введенням в практику діючого Податкового кодексу суб'єкт господарювання проводить регулярні платежі в бюджет за скид забруднених вод. При цьому розмір платежів має бути пропорційним до об'єму скидів та класу небезпеки складних відходів. Таке визначення може здійснюватися двома способами: експериментальним шляхом на дослідних тваринах згідно з ГОСТом системи ССБП 12.1.007-76 в установах, які акредитовані на цей вид діяльності; розрахунковим способом, коли встановлений фізико-хімічний склад,  $LD_{50}$  (середня смертельна доза хімічного інгредієнта при попаданні в шлунок), або ГДК екзогенних хімічних речовин у воді та ґрунті.

**Методика проведення досліджень.** В якості модельної забрудненої води нами взятий фільтрат, тобто дренажні води, що проникають з території сміттєзвалища у підземні води. Аналізувалось типове сміттєзвалища, що функціонує поблизу одного обласного центра Західної України. У відходах, що тривалий час накопичувалися, знаходяться бактерії, що можуть викликати черевний тиф, дизентерію, холеру, туберкульоз та інші небезпечні хвороби. Проникнення дренажних вод у підземні горизонти може призвести до значного поширення цих мікроорганізмів. Крім того, з цими водами у природне водне середовище потрапляє широкий спектр неорганічних речовин – за приблизними

підрахунками з 300 тонн твердих побутових відходів за досить тривалий період всмоктується 1,5 тонн натрію та калію, по тонні кальцію та магнію, тонна хлоридів, чотири тонни кислих карбонатів, 200 кг сульфатів. Фільтрат – це органічні рештки, які утворюються внаслідок перегнивання сміття та хімічні речовини, найшкідливішими з яких є солі важких металів. Фільтрати за своїм канцерогенним вмістом можна прирівняти до отруйних гербіцидів (адже у смітті при змішаному збиранні потрапляють шкідливі хімічні елементи, джерелами яких є ртутні лампи, посуд із залишками мастил, отрутохімікати, тощо). Важливим показником забруднених вод є хімічне та біологічне споживання кисню (ХСК, БСК), яке собою представляє необхідну кількість кисню, що використовується за певний проміжок часу в процесі хімічного чи біологічного окислення органічних речовин, що містяться в забрудненій досліджуваній воді.

Гранично допустимі значення концентрацій деяких забруднюючих інгредієнтів, що найбільш часто зустрічаються в дренажних водах сміттєзвалища, приведені нижче в таблиці 1.

Таблиця 1

Гранично допустимі концентрації забруднюючих інгредієнтів дренажних вод сміттєзвалища

№ з/п	Назва інгредієнта	ГДК (мг/л, г/м <sup>3</sup> )
1	Сухий залишок	1000.0
2	Іони магнію	40.0
3	Хлориди	350.0
4	Фосфати	3.5
5	Амонійний азот	2.0
6	Нітрати	45.0
7	Нафтопродукти	0.3
8	Сполуки заліза	0.3
9	Сполуки свинцю	0.03
10	Сполуки нікелю	0.1
11	Сполуки хрому	0.05
12	Сполуки кадмію	0.001
13	БСК <sub>5</sub>	20.0
14	ХСК	80.0

Фактичні значення забруднюючих інгредієнтів, експериментально виявлені в дренажних водах одного сміттєзвалища, яке знаходиться на околиці одного із обласних центрів Західної України, приведені в табл. 2 (для спрощення та покращення розуміння отриманих результатів в таблиці приведені відносні дані – кратність перевищення ГДК).

Вказане сміттєзвалище вичерпало свій нормативний термін експлуатації, його згідно нормативних документів слід законсервувати та почати роботи по рекультивації зайнятих земельних площ. При цьому слід зауважити також, що експериментальні дані узагальнені (тобто аналізи проводилися на декількох дренажних колодязях, а у відповідному стовпчику приведені усереднені дані).

Для візуальної ілюстрації перевищення вмісту шкідливих домішок в стічних дренажних водах сміттєзвалища слід побудувати гістограму, але для кращого розуміння графічну залежність бажано представити в напівлогарифмічному масштабі (адже логарифмічна функція дозволяє стиснути діапазон зміни досліджуваного параметра), тільки тоді на одному графіку можна помістити експериментальні дані, які відрізняються між собою в десятки та сотні разів. Дані для побудови такої гістограми в десяткових логарифмах представлені в таблиці 3.

Таблиця 2

Перевищення концентрацій речовин  
(усереднені значення) фільтратів

№ з/п	Показники	Кратність перевищення ГДК, разів
1	Сухий залишок	18
2	Сполуки магнію	5
3	Хлориди	11
4	Фосфати	120
5	Амонійний азот	360
6	Нітрати	2.5
7	Нафтопродукти	140
8	Сполуки заліза	4
9	Сполуки свинцю	3
10	Сполуки нікелю	1.5
11	Сполуки хрому	10
12	Сполуки кадмію	27
13	БСК <sub>5</sub>	320
14	ХСК	290

В таблиці 3 відсутні два компоненти, зокрема БСК<sub>5</sub> та ХСК, які дають уявлення про комплексну оцінку забруднення стічних вод, але така оцінка отримується чисто експериментальним шляхом, а для теоретичних досліджень така інформація не може бути використана. Таким чином, за даними таблиці побудована гістограма, яка представлена на рисунку.

Таблиця 3

Перевищення вмісту шкідливих інгредієнтів

№ з/п	Логарифм перевищення	№ з/п	Логарифм перевищення	№ з/п	Логарифм перевищення
1	1.246	5	2.556	9	0,477
2	0.69	6	0.393	10	0,17
3	1.033	7	2.149	11	0,99
4	2.079	8	0.58	12	1,43

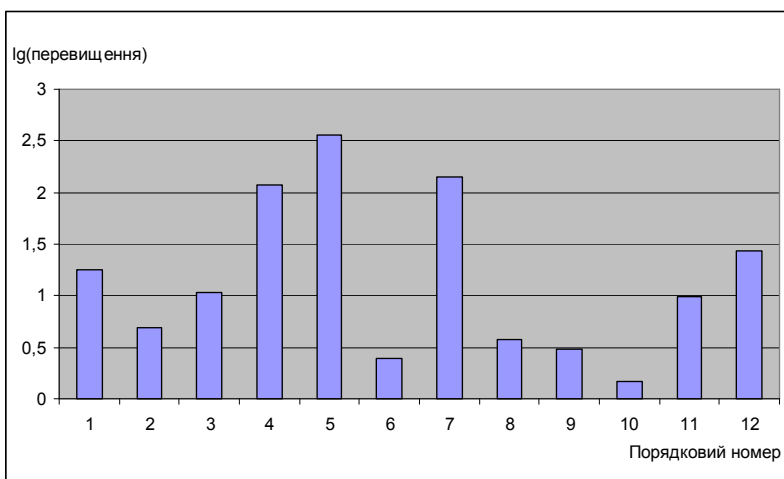


Рисунок. Гістограма перевищення вмісту шкідливих інгредієнтів

Методика визначення класу небезпеки складного відходу, в нашому випадку – фільтрату, описана в нормативному документі – ДСанПіН 2.27.029 – 99 “Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров’я населення”. Суть її полягає в тому, що для окремого хімічного інгредієнта, що входить до складу відходу визначають індекс токсичності за таким виразом

$$K_i = \frac{\lg(LD_{50})i}{(S + 0,1F + C_e)i} \quad (1)$$

де  $S$  – коефіцієнт, який відображає розчинність хімічного інгредієнта у воді,  $F$  – коефіцієнт летючості хімічного інгредієнта,  $C_e$  – кількість даного інгредієнта в загальній масі відходу (його доля).

Після розрахунку індексів токсичності всіх компонентів відходу,

вибирають не більше трьох, але не менше двох ведучих (визначальних компонентів), які мають найменші індекси токсичності  $K_i$ , при цьому повинна виконуватись умова  $K_1 < K_2 < K_3$ , крім того, повинно витримуватись ще і таке співвідношення  $2 + K_1 > K_3$ , та визначають сумарний індекс токсичності,

використовуючи наступний вираз

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

Після таких нескладних розрахунків звертаються до наступної таблиці 4, згідно якої визначають клас небезпеки відходу

Таблиця 4

Класифікація рівня небезпеки відходів за  $LD_{50}$

Величина $K_{\sigma}$ , отримана на базі $LD_{50}$	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

Однак, для деяких інгредієнтів дренажних вод в рекомендованих авторами методики середньої смертельної дози конкретних хімічних інгредієнтів відсутня. Вона теж відсутня і в інших відкритих джерелах інформації.

В такому випадку вказана методика рекомендує використовувати умовні величини  $LD_{50}$ , яка орієнтовно визначається за показниками класу небезпеки у повітрі робочої зони. Такі дані наведені в таблиці 5.

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 маси дренажних вод видаляється після часткового очищення скиданням у природні водойми. В такій ситуації буде мати місце безпосередній контакт з об'єктами навколишнього природного середовища. Вказана методика рекомендує для спрощення розрахунків при визначенні класу небезпеки рідких відходів використовувати ГДК у ґрунті, а індекс токсичності для окремого складника визначати за наступним формульним виразом:

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

Таблиця 5

Допоміжна таблиця для визначення  $LD_{50}$

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

Також варто зауважити, що у випадку відсутності по деяким інгредієнтам однієї або двох характеристик із тих, що містяться у знаменнику виразу (3) замість конкретного значення слід записувати цифру 0.

Крім того, коефіцієнт летючості отримується наступним чином: - за допомогою відповідних довідників визначають тиск насичених парів в мм рт. ст. інгредієнтів відходу при температурі  $25^{\circ}\text{C}$ , що мають температуру кипіння при 760 мм рт. ст. не вище  $80^{\circ}\text{C}$ ; 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 по аналогічній схемі: - за допомогою довідників знаходять розчинність хімічного інгредієнта у воді у грамах на 100 г води при температурі не вище  $25^{\circ}\text{C}$ , цю величину ділять теж на 100 і отримують безрозмірний коефіцієнт  $S$ , який в більшості випадків знаходиться в інтервалі від 0 до 1.

Спроба віднайти вказані величини для вказаних інгредієнтів забруднювачів фільтратів стічних вод полігонів твердих побутових відходів у відомих довідниках не привели до успішного результату.

Це пояснюється перш за все різними агрегатними станами твердого тіла та рідини, але таке розуміння приводить до зміни виразу (3), який після спрощення прийме наступний вигляд

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

Індекси токсичності складників фільтрату, які обраховані з використанням характеристик, що містяться у вищенаведених таблицях, приведені нижче у таблиці 6.

Велика розрядність числових значень наступних величин - кількості конкретного інгредієнта в масі відходу  $C_{\theta}$ , а також індексу токсичності  $K_i$  (від  $-(4-8)$  до  $+(5-8)$ ) робить результати досить незручними для аналізу.

Враховуючи розмірності ГДК інгредієнтів у ґрунті (мг/кг) і долі інгредієнта в масі відходу (т/т) доцільно перейти до безрозмірного інде-

ксу токсичності, значення яких приведені в останньому стовпчику таблиці 6.

Таблиця 6

Зведена таблиця розрахунку індексу токсичності

№ з/п	Інгредієнт	ГДК у ґрунті, (мг/кг)	$C_v$ т/т	Індекс токсичності, $K_i$	Безрозмірний індекс
1	Сухий залишок		$1.76 \cdot 10^{-2}$		
2	Сполуки магнію		$1.96 \cdot 10^{-4}$		
3	Хлориди	560	$3.78 \cdot 10^{-3}$	$1.48 \cdot 10^5$	0.148
4	Фосфати	200	$4.2 \cdot 10^{-4}$	$4.76 \cdot 10^5$	0.476
5	Амонійний азот	130	$7.2 \cdot 10^{-4}$	$1.8 \cdot 10^5$	0.18
6	Нітрати	130	$1.1 \cdot 10^{-4}$	$1.3 \cdot 10^6$	1.3
7	Нафтопродукти		$4.23 \cdot 10^{-5}$		
8	Сполуки заліза		$1.14 \cdot 10^{-6}$		
9	Сполуки свинцю	32	$9 \cdot 10^{-7}$	$3.6 \cdot 10^8$	355
10	Сполуки нікелю	4	$1.47 \cdot 10^{-7}$	$2.7 \cdot 10^7$	2.7
11	Сполуки хрому	6	$4.9 \cdot 10^{-7}$	$1.2 \cdot 10^7$	12.2
12	Сполуки кадмію	1	$2.7 \cdot 10^{-8}$	$3.7 \cdot 10^7$	37

Комплексну оцінку забруднення стічних вод сміттєзвалища (фільтрату) можна отримати просумувавши індекси токсичності інгредієнтів.

$$K = \sum K_i. \quad (5)$$

**Висновки.** Проаналізувавши результати визначення індексу токсичності складових компонентів забруднених дренажних вод полігонів ТПВ (див. останній стовпчик таблиці 6), а також сумарний індекс токсичності окремої проби забрудненої стічної води із поверхні та товщі наваленого сміттєзвалища, можна зробити наступні основні висновки: абсолютна величина індексу токсичності окремого інгредієнта визначається його ГДК у ґрунті, а також кількістю в об'ємі кубометра дренажної води; чим менший індекс токсичності, тим більшу небезпеку він собою представляє; найбільш небезпечні компоненти потрібно видаляти, в першу чергу, використовуючи простіші технології.

1. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / Романенко В. Д., Жукинський В. М., Оксіюк О. П. та ін. – К. : Символ-Т, 1988. – 28 с. 2. Колісник А. В. Вдосконалення методики комплексної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / Колісник А. В.,



Юрасов С. Н. // Вісник Одеського державного екологічного університету. – 2009. – Вип. 7. – С. 192-202. 3. Скиба Е. Е. Оцінка якості ґрунтових вод Качанівського нафтового родовища / Скиба Е. Е., Семчук Я. М. // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування., науково-технічний журнал ІФН-ТУНіГ. – № 1(7), 2013. – С. 34-39. 4. Юрасов С. М. Комплексна оцінка якості вод за різними методиками і шляхи її вдосконалення / Юрасов С. М., Кур'янова С. М., Юрасов М. С. // Український гідрометеорологічний журнал. – 2009. – № 5. – С. 42-53. 5. ДСанПіН 2.2.7.029-99. Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення класу небезпеки для здоров'я населення.

Рецензент: д.т.н., професор Гіроль М. М. (НУВГП)

---

**Skyba E. E., Doctor of Engineering, Associate Professor, Kulyk M. P., Candidate of Engineering, Associate Professor (Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk), Holets N. Y., Candidate of Engineering, Associate Professor (National University "Lviv Polytechnic", Lviv), Chaban V. I., Candidate of Engineering, Associate Professor, Bohdanenko O. V., Assistant (National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne)**

## **SELECTION INDICATOR OF QUALITY FOR ASSESSMENTS INDUSTRIAL POLLUTION AND WASTE DRAINAGE WATER**

**The results of studies pollution industrial waste and drainage water. Performed comprehensive assessment of pollution of wastewater from landfills using indices toxicity ingredients.**

**Keywords: pollution, hazard class, maximum acceptable concentration, an index of toxicity.**

---

**Скиба Е. Е., д.т.н., доцент, Кулик М. П. к.т.н., доцент, (Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, г. Івано-Франківськ), Голец Н. Ю., к.т.н., доцент (Національний університет "Львівська політехніка", г. Львів), Чабан В. І., к.т.н., доцент, Богданенко А. В., асистент (Національний університет водного господарства та природопольовання, г. Ровно)**

## **ВЫБОР ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА ДЛЯ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СТОЧНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ И**

## **ДРЕНАЖНЫХ ВОД**

**Приведены результаты исследований уровня загрязнения сточных промышленных и дренажных вод. Выполнена комплексная оценка загрязнения сточных вод от свалки с использованием индексов токсичности ингредиентов.**

***Ключевые слова:* уровень загрязнения, класс опасности, предельно-допустимая концентрация, индекс токсичности.**

---