

Р. В. Петрук¹
В. В. Файчук¹

ОГЛЯД МЕТОДІВ АНАЛІЗУ ІНФІЛЬТРАТУ МІСЦЬ ВИДАЛЕННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

¹Вінницький національний технічний університет

Розглянуто методи аналізу інфільтрату місць видалення твердих побутових відходів. Проаналізовано, що в цьому напрямку найдоцільнішим є розроблення систем сортування й утилізації побутових відходів, але необхідно зважати на те, що в реаліях сучасної України використання цих систем досить важко впровадити, а їх реалізація може тривати певний час, протягом якого вже наявні сміттєзвалища будуть отруювати ґрунти, поверхневі та підземні води і атмосферу. Визначено, що на практиці найефективнішим є вживання заходів для зменшення кількості відходів, що утворюються, а також мінімізація шкоди від вже розміщених на полігонах і сміттєзвалищах відходів та зменшення впливу на ґрунтово-водне середовище. Очевидним є те, що необхідно розробляти певні способи поводження з інфільтратом, його очищенням тощо. Проте передувати таким дослідженням має дослідження властивостей інфільтрату та його утворення, адже крім відносно безпечних для природи компонентів інфільтрату сміттєзвалищ у ньому можуть бути й досить токсичні компоненти, які не піддаються зниженню токсичності та завдають непоправних збитків і шкоди і довкіллю, і здоров'ю людей. Оскільки інфільтрат це багатокомпонентна суміш, то для якісного очищення варто використовувати як біологічні так і фізико-хімічні методи. За результатами дослідження запропоновано характеристику проб фільтрату за 13 показниками. Виділено найефективніші методи аналізу інфільтрату місць видалення твердих побутових відходів: рН, електропровідність, окисно-відновний потенціал, амоній сольовий, сульфат-іони, хлорид-іони, катіони Ni, Mn, Zn. Визначальним критерієм для виділення найефективніших методів аналізу інфільтрату місць видалення твердих побутових відходів визначено можливість і доцільність здійснення повного аналізу інфільтрату, які впливали б на загальну ефективність процесу.

Ключові слова: побутові відходи, сортування, утилізація, інфільтрат.

Вступ

Індустріалізація, зростання населення та зміни в структурі споживання призводять до збільшення кількості побутових та промислових відходів. В Україні, як і в інших країнах, спостерігається тенденція до зростання обсягів утворення та накопичення побутових відходів. Найдоцільнішим є розроблення систем сортування й утилізації побутових відходів за прикладом Швейцарії, проте в реаліях сучасної України ці системи досить важко реалізувати, а їхнє впровадження може тривати певний час. Протягом цього часу наявні сміттєзвалища будуть отруювати ґрунти, поверхневі та підземні води і атмосферу.

Щодня в Україні утворюється близько 30 тис. тонн побутового сміття, що еквівалентно 70...100 тис. м³ відходів. За даними Державної служби статистики України, у 2022 році в Україні утворилося 14,7 млн т. твердих побутових відходів, що становить 365 кг на 1 людину. З цих відходів організовано переробляється менше 5 %. Ще частину переробляють та утилізують певними способами самі жителі. Кінцевим місцем накопичення мільйонів тонн побутових відходів є сміттєзвалища та полігони, на яких сміття піддається окисненню, процесам бродіння та гниття, біорозкладання, гідролізу та ін. Така органічна і неорганічна суміш піддається впливу атмосферних опадів та може потрапляти в ґрунтові та підземні води. Крім відносно безпечних для природи компонентів інфільтрату сміттєзвалищ у ньому можуть бути і досить токсичні компоненти, які не піддаються зниженню токсичності, до прикладу, важкі метали, мікропластик, та ін., які завдають

непоправної шкоди і збитків довкіллю і здоров'ю людей.

Тому потрібно вжити заходів для зменшення кількості відходів, що утворюються, а також мінімізувати шкоду від вже розміщених на полігонах і сміттєзвалищах відходів та зменшити вплив на ґрунтово-водне середовище.

Очевидним є те, що необхідно розробляти певні способи поводження з інфільтратом, його очищення тощо. Проте передувати таким дослідженням має дослідження фізико-хімічних властивостей інфільтрату та його утворення.

Метою роботи є встановлення та класифікація найраціональніших методів аналізу інфільтрату місць видалення твердих побутових відходів.

Результати дослідження

Сміттєзвалища. Сміттєзвалища визнані найдешевшим способом утилізації твердих відходів порівняно з іншими методами, такими як компостування, спалювання та газифікація. Розміщення відходів на сміттєзвалищах не потребує значних витрат. Для розміщення відходів вилучається з використання певної ділянки земель, сплачуються податки за розміщення відходів, які не покривають збитків довкіллю. На великих і середніх сміттєзвалищах необхідне залучення персоналу для догляду за відходами і благоустрою. На сміттєзвалищах вплив інфільтрату на ґрунтово-водне середовище є значним.

Полігони. Для мінімізації впливу інфільтрату на довкілля доцільно використовувати полігони, які вже під час будівництва облаштовуються спеціальним захистом проникнення води в надра. Це можуть бути плівки чи водонепроникні шари ґрунтового профілю, наприклад глина, та ін. Проте навіть на полігонах неможливо досягнути абсолютної безпеки від проникнення інфільтрату в ґрунт і воду.

До екологічних проблем місць видалення відходів відноситься і така, що під час розкладання органічних речовин на сміттєзвалищах утворюється біогаз, що складається з метану (CH_4) та вуглекислого газу (CO_2). Метан є потужним парниковим газом, який у 25 разів шкідливіший для довкілля ніж вуглекислий газ.

Інші проблеми, пов'язані зі сміттєзвалищами:

1. Забруднення ґрунтових вод. Просочування зі сміттєзвалищ може забруднювати ґрунтові води та робити їх непридатними для пиття та, навіть, зрошення.

2. Забруднення повітря. Біогаз, що виділяється зі сміттєзвалищ, може спричиняти неприємні запахи та забруднювати повітря. Основна небезпека для атмосферного середовища проявляється у разі тління глибинних шарів відходів.

3. Загроза бактеріологічного забруднення. Сміттєзвалища можуть стати місцем розмноження шкідників та переносників хвороб, диких та свійських тварин, птахів.

Очевидним є те, що варто шукати альтернативні методи утилізації твердих відходів, вдосконалювати експлуатацію наявних сміттєзвалищ, підвищувати обізнаність населення про проблему відходів та заохочувати до переробки та компостування.

Не існує універсального методу утилізації твердих відходів. Найкращий метод для конкретної країни або регіону буде залежати від низки факторів, таких як доступність ресурсів, економічні фактори та екологічні норми.

Утворення та склад фільтрату на сміттєзвалищах

Утворення фільтрату на сміттєзвалищах відбувається внаслідок просочування опадів через відходи. Цей фільтрат містить значну кількість органічних речовин, таких як розчинені органічні речовини, фенол, амонійний азот, фосфати, важкі метали, сульфіді, а також інші небезпечні хімічні сполуки. У інфільтраті сміттєзвалищ можуть бути більше 30 хімічних елементів у формі різних неорганічних сполук та понад 200 органічних з'єднань, в залежності від складу відходів сміттєзвалища. Цей факт робить процес управління та поводження з фільтратом вкрай складним завданням.

У разі потрапляння фільтрату у водні об'єкти буде спостерігатися перевищення нормативів за кольоровістю, зваженими твердими речовинами, БПК, ХПК, амонієм та сульфатами [1].

Способів зменшення утворення інфільтрату є декілька, і всі вони пов'язані з певним поводженням та переробкою відходів, до яких відноситься:

1. Компостування — перетворення органічних відходів на компост, який можна використовувати як добриво. Компостуванню підлягає органічна складова відходів, зокрема, рослинні і харчові рештки. В залежності від населеного пункту складової, яка підлягає компостуванню, може бути

від 5 до 35 відсотків.

2. Спалювання — перетворення відходів на енергію. Досить дорогий метод переробки відходів, проте дозволяє зменшити обсяги відходів та кінцеву токсичність, отримати теплову чи навіть електричну енергію. Середня вартість будівництва сміттєспалювального заводу у ЄС коштує €70 млн. Через це метод спалювання широко не застосовується в Україні. Спалюють в Україні лише деякі медичні відходи та деякі високотоксичні органічні відходи. Спалювання супроводжується утворенням викидів у атмосферу та утворенням золи, яка так само розміщується на полігоні.

3. Газифікація — перетворення відходів на синтетичний газ, який можна використовувати як паливо. Такий метод застосовується на деяких великих сміттєзвалищах і полігонах. Суть методу зводиться до пропарювання свердловин в товщі відходів і викачування звалищного газу, який на 60 % складається з метану. Очевидно, що така технологія поводження з відходами супроводжується утворенням інфільтрату сміттєзвалищ.

До методу газифікації ще можна віднести технології піролізу пластиків з утворенням синтез нафти. Проте такі методи не мають поки широкого застосування.

4. Переробка — повторне використання відходів для виготовлення нових продуктів. Найраціональніший і екологічніший метод поводження з відходами — це їхнє використання. Зазвичай для цього варто розробити дієву систему збору й сортування відходів, з яких виділяються корисні компоненти. В нашій державі цей метод частково реалізуються за рахунок збору макулатури, ПЕТ пляшок, скла, чорних і кольорових металів, відходів тканин, деяких видів плівки і пластику. Окрім цього частково збираються автопокришки, батарейки, лампи ртутні, відходи електроніки (підприємствами). Загалом ефективність збору вторсировини коливається в межах від 5 до 25 %, а решта так чи інакше потрапляє на звалище чи полігон. Також в нашій державі є невелика кількість сміттєсортувальних станцій, де також здійснюється часткове сортування відходів.

Найкращий метод утилізації твердих відходів для конкретної країни чи регіону буде залежати від таких факторів, як доступність ресурсів, економічні фактори та екологічні норми. Найефективніший метод поводження з відходами має поєднувати всі перераховані методи у певному співвідношенні, з акцентом на сортування й спалювання.

Фактори, що впливають на хімічний склад інфільтрату

Характеристики фільтрату, який утворюється на сміттєзвалищах, можуть істотно відрізнятися як за обсягом утворення, так і за хімічним складом [8]. Ці параметри залежать від таких факторів:

1. Склад відходів: різні типи відходів (побутові, промислові, будівельні) розкладаються по-різному, що впливає на склад та концентрацію забруднювальних речовин у фільтраті [3].

2. Вік сміттєзвалища: з часом склад фільтрату змінюється. На нових сміттєзвалищах фільтрат має вищий вміст органічних речовин, а на старих — вищий вміст неорганічних речовин.

3. Гідрогеологія: тип ґрунту та рівень ґрунтових вод впливають на те, як вода просочується через сміттєзвалище і як це впливає на склад фільтрату.

4. Клімат: кількість опадів та температура впливають на швидкість розкладання відходів та на склад фільтрату.

5. Переміщення вологи: спосіб, яким вода просочується через сміттєзвалище, впливає на те, які забруднювальні речовини вимиваються з відходів. Цей фактор залежить від кута нахилу поверхні звалища, наявності каналів, ровів, пересипання звалища ґрунтом, густини відходів та ін.

6. Конструкція та експлуатація: конструкція сміттєзвалища, разом з типом покриття та системою дренажу, може впливати на якість фільтрату.

Методи очищення фільтрату:

1. *Біологічне очищення* — використання активного мулу для розкладання органічних речовин у фільтраті [2].

2. *Фізико-хімічні методи* — використання таких методів, як осадження, фільтрація та знезараження, для видалення забруднювальних речовин з фільтрату [4].

3. *Мембранні технології* — використання мембран для видалення забруднювальних речовин з фільтрату.

4. *Метод поливу сміттєзвалища фільтратом* — цей метод використовується для боротьби з тлінням звалища. Для поливу використовується інфільтрат. В процесі хімічний склад фільтрату змінюється, переважно за рахунок концентрування компонентів.

Вибір методу очищення залежить від складу фільтрату та бажаного рівня очищення. Зазвичай він ніяк не очищається, лише збирається в спеціальних ставках чи резервуарах, або просто просо-

чується в поверхневі та підземні води [7].

Оскільки інфільтрат це багатокомпонентна суміш, то для якісного очищення варто використовувати як біологічні так і фізико-хімічні методи. Мембранні методи недоцільні.

Характеристики фільтрату зі сміттєзвалищ різного віку. Фільтрат сміттєзвалища містить велику кількість забруднювальних речовин, з такими типовими характеристиками: ХПК, БПК₅, амоній сольовий, завислі речовини, важкі метали, феноли та фосфор [6].

Три основні групи сміттєзвалищ поділяються на молоді (менше п'яти років), середні (5—10 років) та старі або стабілізовані (більше 10 років).

У табл. 1 подані типові характеристики фільтрату в залежності від віку сміттєзвалища.

Таблиця 1

Типові характеристики фільтрату в залежності від віку сміттєзвалища [12]

Вік сміттєзвалища	ХПК, мг/л	БПК ₅ , мг/л	Амоній сольовий, мг/л	Завислі речовини, мг/л
Молодий (менше 5 років)	2000...6000	1000...3000	500...2000	1000...5000
Середній (5—10 років)	1000...3000	500...1500	200...1000	500...2000
Старий (більше 10 років)	500...1500	200...500	50...200	200...500

Матеріали та методи.

Відбір проб фільтрату. Відбір проб здійснювався з інтервалом в один тиждень протягом приблизно перших трьох місяців дослідження, і надалі інтервал збільшувався до двох та трьох тижнів після першого півріччя.

Збір та зберігання проб здійснювалося відповідно до Стандартних методів дослідження води та стічних вод [5].

Зібрані зразки зберігалися в приміщенні з температурою 11...12 °С без доступу до світла для використання в експериментальних цілях, щоб мінімізувати біологічні та хімічні реакції.

Характеристика проб фільтрату

Проби фільтрату охарактеризовано за такими показниками (табл. 2).

Таблиця 2

Показники вмісту компонентів у фільтраті

№	Показник	Метод	Методика	Переваги використання методу
1	pH	вимірювання за допомогою pH-метра	[14]	За даними pH можна побічно визначати утворення кислот у воді
2	Електропровідність	вимірювання за допомогою кондуктометра	[13]	Можна визначати ступінь мінералізації розчину
3	Окисно-відновний потенціал (ОВП)	вимірювання за допомогою ОВП-метра	[17]	Зміна в розчині концентрації OH ⁻ та H ⁺
4	Мутність	вимірювання за допомогою нефелометра	[15]	Показує кількість завислих речовин, стадію переходу відходів у водну фазу
5	Колір	вимірювання за допомогою спектрофотометра	[18]	Насиченість кольору показує концентрацію розчину та кумуляцію речовин у водній фазі
6	Вміст зважених речовин	визначення шляхом фільтрації та висушування	[16]	Вміст домішок розміром більше 100 нм
7	БПК ₅	визначення вимірюванням споживання кисню протягом 5 діб	[19]	Характеризує вміст певних органічних речовин, що розкладаються організмами
8	ХПК	визначення шляхом хімічного окиснення	[10]	Характеризує вміст всіх органічних речовин
9	БПК ₅ /ХПК	співвідношення БПК ₅ до ХПК	[20]	Показує співвідношення між стійкими і нестійкими ОР
10	Амоній сольовий	визначення колориметричним методом	[21]	Продукт розпаду органічних речовин в складі відходів, що вказує на стадію перетворення азоту у інфільтраті
11	Сульфат	визначення за допомогою іонної хроматографії	[9]	
12	Хлорид	визначення за допомогою титрування	[11]	Високі концентрації свідчать про наявність у відходах решток добрив, стоків, речовин для посипання доріг та ін.
13	Fe, Cu, Ni, Mn, Zn	визначення за допомогою атомно-абсорбційної спектроскопії	[22]	Наявність катіонів металів у інфільтраті свідчить про їх вимивання з відходів, а концентрація про інтенсивність цього процесу

Окрім зазначених параметрів також у дослідній установці визначалася температура проб фільтрату за допомогою цифрового термометра з виносним датчиком.

У табл. 2 подано понад 13 параметрів, які можна аналізувати, проте не завжди є можливість (і доцільність) здійснити повний аналіз інфільтрату, тому можна обмежитися лише такими: рН, електропровідність, окисно-відновний потенціал, амоній сольовий, сульфат-іони, хлорид-іони, катіони Ni, Mn, Zn.

Висновки

Розглянуто та проаналізовано наявні методи аналізу інфільтрату місць видалення твердих побутових відходів. Досліджено, що на практиці сміттєзвалища визнані найдешевшим способом утилізації твердих відходів порівняно з іншими методами, такими як компостування, спалювання та газифікація. Проте виділено низку проблем, пов'язаних з використанням сміттєзвалищ: забруднення ґрунтових вод, забруднення повітря, загроза бактеріологічного забруднення. Проаналізовано, що для мінімізації впливу інфільтрату на довкілля доцільно також використовувати полігони, проте навіть на полігонах неможливо досягнути абсолютної безпеки від проникнення інфільтрату в ґрунт і воду. Зазначено декілька способів зменшення утворення інфільтрату, таких як: компостування, спалювання, газифікація, переробка. Визначено, що найкращий метод утилізації твердих відходів для конкретної країни чи регіону буде залежати від низки факторів, таких як доступність ресурсів, економічні фактори та екологічні норми. Проаналізовано, що найефективніший метод поводження відходів має поєднувати всі перераховані методи у певному співвідношенні, з акцентом на сортування і спалювання. Зазначено основні фактори, що впливають на хімічний склад інфільтрату: склад відходів, вік сміттєзвалища, гідрогеологія, клімат, переміщення вологи, конструкція та експлуатація. Визначено такі методи очищення фільтрату: біологічне очищення, фізико-хімічні методи, мембранні технології, метод поливу сміттєзвалища фільтратом. Вибір методу очищення залежить від складу фільтрату та бажаного рівня очищення. Зазвичай він ніяк не очищається, лише збирається в спеціальних ставках чи резервуарах, або просто просочується в поверхневі та підземні води. Оскільки інфільтрат це багатокомпонентна суміш, то для якісного очищення варто використовувати як біологічні так і фізико-хімічні методи.

Виділено три основні групи сміттєзвалищ, які поділяються на молоді (менше п'яти років), середні (5—10 років) та старі або стабілізовані (більше 10 років). За результатами дослідження запропоновано характеристики проб фільтрату за 13 показниками. Виділено найефективніші методи аналізу інфільтрату місць видалення твердих побутових відходів: рН, електропровідність, окисно-відновний потенціал, амоній сольовий, сульфат-іони, хлорид-іони, катіони Ni, Mn, Zn. Визначальним критерієм для виділення найефективніших методів аналізу інфільтрату місць видалення твердих побутових відходів визначено можливість і доцільність здійснення повного аналізу інфільтрату, що впливало на загальну ефективність процесу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] N. A. Zainol, H. A. Aziz, and M. S. Yusoff, "Characterization of Leachate from Kuala Sepetang and Kulim Landfills: A Comparative Study," *Energy and Environment Research*, vol. 2, no. 2, 2012. <https://doi.org/10.5539/eer.v2n2p45>.
- [2] Ilhami Firiya Imtihan S., P. Purwanto, and B. Yulianto, "The biological treatment method for landfill leachate," *E3S Web of Conferences*. 2020, vol. 202, pp. 06006. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020206006>.
- [3] Q. Jin, et al. "New insight on occurrence of liquid crystal monomers: A class of emerging e-waste pollutants in municipal landfill leachate," *Journal of Hazardous Materials*, vol. 423, pp. 127146, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127146>.
- [4] R. Misra, N. Gedam, S. Waghmare, S. Masid, and N. R. Neti, "Landfill leachate treatment by the combination of physico-chemical and electrochemical methods," *J Environ Sci Eng.*, no. 51(4); 315-20, 2009. PMID: 21117425.
- [5] ДСТУ ISO 5667-13:2005, *Якість води. Відбирання проб. Частина 13. Настанови щодо відбирання проб мулу на спорудах для очищення стічних вод і для водоготування* (ISO 5667-13:1997, IDT). [Електронний ресурс] Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=52416.
- [6] Temel F. Aydın, and A. Kuleyin, "Ammonium removal from landfill leachate using natural zeolite: kinetic, equilibrium, and thermodynamic studies," *Desalination and Water Treatment*, vol. 57, no. 50. pp. 23873-23892, 2016. <https://doi.org/10.1080/19443994.2015.1136964>.
- [7] Chunying Teng, Kanggen Zhou, Changhong Peng, and Wei Chen, "Characterization and treatment of landfill leachate: A review," *Water Research*, vol. 203, 117525, 2021. ISSN 0043-1354. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117525>.
- [8] Javier Rivas, F. Beltrán, F. Carvalho, F. Gimeno, and O. J. Frades, "Study of different integrated physical-chemical + adsorption processes for landfill leachate remediation," *Industrial & Engineering Chemistry Research*, no. 44(8), pp. 2871-2878. 2005. <https://doi.org/10.1021/ie049066j>.
- [9] ДСТУ ISO 10304-3:2003, *Якість води. Визначання розчинених аніонів методом рідинного іонного хроматографування. Частина 3. Визначання хромату, йодиду, сульфиту, тіоціанату і тіосульфату* (ISO 10304-3:1997, IDT). [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=72878 ISO.
- [10] ДСТУ ГОСТ 31859:2018, *Вода. Визначення хімічного поглинання кисню* (ГОСТ 31859-2012, IDT; ISO 15705:2002, NEQ). [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=80093.

- [11] ДСТУ ISO 5664:2007, *Якість води. Визначення амонію. Метод дистилювання та титрування* (ISO 5664:1984, IDT). [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=50531.
- [12] В. Г. Петрук, І. В. Васильківський, В. А. Іщенко, і Р. В. Петрук, *Управління та поводження з відходами. Частина 3. Полігони твердих побутових відходів*, навч. посіб. Вінниця, Україна: ВНТУ, 2013, 139 с.
- [13] ДСТУ 9020:2020, *Метрологія. Кондуктометри і аналізатори рідини кондуктометричні. Методика повірки*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://metrology.kiev.ua/files/metodik_povir/MP_konduktometr_analizator.pdf.
- [14] ДСТУ 9021:2020, *Метрологія. pH-метри та іоніметри лабораторні. Методика повірки*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://metrology.kiev.ua/files/metodik_povir/MP_PH_metr_ionometr.pdf.
- [15] ДСТУ 9207:2022, *Метрологія. Аналізатори рідин турбідиметричні та нефелометричні. Методика повірки*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://metrology.kiev.ua/files/MP_analizat_turbidimetr.pdf.
- [16] ДСТУ 8691:2016, *Стічні води. Настанови щодо встановлення технологічних нормативів відведення дощових стічних вод у водні об'єкти*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=67545.
- [17] ДСТУ 9092:2021, *Метрологія. Аналізатори якості води. Методика повірки*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=94788.
- [18] ДСТУ 8948:2019, *Метрологія. Спектрофотометри. Методика повірки*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://metrology.kiev.ua/files/metodik_povir/MP_spektrofotometr.pdf.
- [19] МВВ 081/12-0014-01, *Поверхневі води. Методика виконання вимірювань біохімічного споживання кисню (БСК5)*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=76349.
- [20] Мінрегіон України, Наказ, Рекомендації від 20.08.2012 № 421. *Про затвердження Методичних рекомендацій із збирання, утилізації та знешкодження фільтрату полігонів побутових відходів*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0421858-12#Text>.
- [21] ДСТУ ISO 7393-2:2004, *Якість води. Визначення нез'язаного та загального хлору. Частина 2. Колориметричний метод із застосуванням N,N-діетил-1,4-фенілендіаміну для поточного контролювання* (ISO 7393-2:1985, IDT). [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=73279.
- [22] ДСТУ ISO 15586:2012, *Якість води. Визначення мікроелементів методом атомно-абсорбційної спектроскопії з графітовою пічкою* (ISO 15586:2003, IDT). [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=50947.

Рекомендована кафедрою екології, хімії та технологій захисту довкілля ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 14.12.2024

Петрук Роман Васильович — д-р техн. наук, професор, професор кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля, e-mail: prrom07@gmail.com ;

Файчук Володимир Валерійович — аспірант кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля, e-mail: fajjchuk@gmail.com .

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

R. V. Petruk¹

V. V. Faichuk¹

Review of the Methods for Analyzing Site Infiltration of Solid Waste Disposal

¹Vinnitsia National Technical University

Methods of analyzing the infiltrate of solid waste disposal sites are considered. It is analyzed that in this area it is most appropriate to develop systems for sorting and recycling household waste, but it should be borne in mind that in the realities of modern Ukraine the use of these systems is quite difficult to implement and their implementation may take some time, during which the existing landfills will poison the soil, surface and groundwater and atmosphere. It has been determined that in practice, it is most effective to take measures to reduce the amount of waste generated, as well as to minimize the damage from waste already disposed at landfills and dumpsites and reduce the impact on the soil and water environment. It is obvious that certain methods of infiltrate management, treatment, etc. need to be developed. However, such research should be preceded by a study of the properties of the infiltrate and its formation, because in addition to the relatively environmentally friendly components of landfill leachate, it may contain quite toxic components that cannot be reduced and, in addition to environmental damage, cause irreparable damage to human health. Since the infiltrate is a multicomponent mixture, both biological and physicochemical methods should be used for high-quality treatment. Based on the results of the study, the characterization of leachate samples by 13 indicators is proposed. The most effective methods for analyzing the infiltrate of solid waste disposal sites have been identified: pH, electrical conductivity, redox potential, salt ammonium, sulfate ions, chloride ions, Ni, Mn, Zn cations. The determining criterion for the selection of the most effective methods for analyzing the infiltrate of solid waste disposal sites was the possibility and feasibility of performing a complete analysis of the infiltrate, which affected the overall efficiency of the process.

Keywords: household waste, sorting, utilization, infiltrate.

Petrak Roman V. — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Chair of Ecology, Chemistry and Environmental Protection Technologies, e-mail: prrom07@gmail.com ;

Faichuk Volodymyr V. — Post-Graduate Student of the Chair of Ecology, Chemistry and Environmental Protection Technologies, e-mail: fajjchuk@gmail.com