

Дегтяр М.В.

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

Галкіна О.П.

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ОЧИЩЕННЯ ФІЛЬТРАТУ ПОЛІГОНІВ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

У статті оцінені масштаби проблеми, пов'язані з експлуатацією полігонів твердих побутових відходів. Проведений аналіз нормативно-технічної бази в галузі відходоповодження.

Оцінений реальний стан та кількість полігонів твердих побутових відходів в Україні, проведений моніторинг масштабів впливу на території, які знаходяться під об'єктами накопичення відходів.

Полігони твердих побутових відходів (далі, ТПВ) є причиною відчуження земель і значним негативним фактором, що впливає на об'єкти довкілля.

Сім відсотків території України становлять сміттєзвалища, з яких менше 20% можна віднести до полігонів. Абсолютна більшість полігонів побудовані та експлуатуються без комплексу заходів, що знижують негативний вплив на навколишнє середовище.

Досліджено фактори, що впливають на ефективність очищення фільтрату полігонів ТПВ, запропонована технологічна схема очищення фільтраційних вод полігонів. Особлива увага приділена біологічній стадії очищення.

При очищенні специфічних, концентрованих стічних вод, особливу увагу слід приділити використанню екологічно безпечних, безреагентних методів очищення, зокрема методам біофільтрації. Апаратурним оформленням методу є біофільтри з різними модифікаціями, зокрема використання занурених біодисків.

У статті оцінена ефективність запропонованої схеми, та ступінь її універсальності.

В Україні очищення дренажних стоків полігонів фактично не відбувається. Вони або акумулюються у спеціальних накопичувачах, або перекачуються на очисні споруди для спільної обробки з комунальними стоками (після розведення), і лише в деяких випадках очищення здійснюється на локальних очисних спорудах.

Основним завданням досліджень є розробка технології очищення, з врахуванням коливань якісного складу та нерівномірності утворення, для сприятливого санітарного стану прилеглих територій і, власне, об'єктів накопичення відходів.

Ключові слова: полігон твердих побутових відходів, фільтрат, біодіски, коагулянт сульфат алюмінію, гідравлічна крупність.

Постановка проблеми. На даний момент 7% території України займають сміттєзвалища, з яких менше 20% можна віднести до полігонів. Тобто абсолютна більшість об'єктів накопичення відходів побудовані та експлуатуються без комплексу заходів, що знижують негативний вплив на навколишнє середовище.

За офіційними даними [1] в Україні експлуатується п'ять тисяч полігонів (звалищ), загальною площею більше 10 тисяч гектар.

Для здійснення оперативної інвентаризації звалищ в Україні (легальних та стихійних) та нанесення інформації щодо них на інтерактивну мапу з геолокацією запущено електронний сервіс Ecomapa.gov.ua [2].

На рисунку 1 наведено масштаби проблеми [2], цифри на мапі дозволяють зробити аналіз про наявність катастрофічного стану в деяких регіонах України.

Більше 95% відсотків обсягу сміття, що утворюється, захоронюють на полігонах, біля 2% спалюють і лише 3% переробляють.

Об'єкти накопичення відходів є значними забрудниками. Відходи, розміщені на полігонах зазнають складних біохімічних та фізико-хімічних змін під впливом зовнішніх та внутрішніх чинників. Основними негативними факторами експлуатації полігонів є виділення фільтраційних вод.

З 1 січня 2018 року в Україні запрацювала норма закону «Про відходи» [3], яка забороняє

біохімічної деструкції органічних речовин та комбінуються з фізико-хімічними процесами – коагуляції-флотації, фільтрації, ультрафільтрації, адсорбції, зворотного осмосу [7, с. 72, 75–77; 8, с. 177, 178, 188].

Фільтрат, як правило, очищають за допомогою біохімічних методів, застосовуючи аеробне чи анаеробне очищення. Для доочищення використовують адсорбційні методи з різними сорбентами [9, с. 50, 56, 76].

Використання анаеробних методів більш характерне для фільтрату в стадії ацетогенезу.

Основними перевагами анаеробного очищення в порівнянні з аеробним є наступні [10, 1, с. 109–112]:

- відсутність потреби подачі кисню;
- скорочення витрати електроенергії;
- збільшення мінералізації анаеробного осаду при видаленні важких металів, що підвищує цінність його як добрива;

До недоліків анаеробного очищення можна віднести наступні:

- необхідність високих (більш 30°C) температур для досягнення ефективної кінетики процесу;
- застосування аеробних методів для очищення фільтрату буде більш ефективними в стадії метаногенезу.

Для підвищення ефективності бажане попереднє фізико-хімічне чи хімічне очищення, тому що стоки мають високий солевміст та наявність хлорорганічних сполук [11, с. 107–110, 12, с. 4–5].

Аналіз та систематизація результатів наведених результатів досліджень [13, с. 111, 112–116] дозволяє зробити висновок, що:

- при використанні біохімічного очищення на стадії метаногенезу рекомендується предочищення;
- використання сорбційного очищення на стадії метаногенезу
- рекомендується для низькоконцентрованих фільтраційних вод;
- при використанні реагентної коагуляції на стадії ацетогенезу
- досягається зниження БПК до 60%, кольоровості до 85%;
- при використанні мембранних технологій очищення на стадіях ацето-і
- метаногенеза без предочищення відбувається швидко засмічення мембран і утворення концентрату. Метод може бути використаний у якості доочищення на будь-якому етапі життєдіяльності полігона ТПВ.

Таким чином, універсальної технології очищення фільтраційних вод полігонів ТПВ не існує,

набір технологічних прийомів та кількість ступенів очищення залежать від «віку» фільтрату, морфології відходів та вимог до кінцевого продукту.

Формулювання цілей статті. Метою проведених досліджень є теоретичне та дослідно-промислове обґрунтування використання реагентного методу очищення, зокрема розчину коагулянту сульфату алюмінію.

Для досягнення поставленої мети виконаний аналіз існуючих методів очищення дренажних вод полігонів ТПВ з оцінкою їх ефективності, розглянута можливість застосування на різних полігонах ТПВ, стадіях експлуатації полігона.

В ході досліджень обґрунтовані технологічні прийоми і параметри роботи обладнання; досліджений вплив розчину сульфату алюмінію на структурно-механічну гідратацію коагульованих домішок, зміну сил зчеплення контактної середовища; досліджені основні фактори, які впливають на очищення дренажних вод при використанні розчину сульфату алюмінію;

Виклад основного матеріалу. Дослідження з ефективності застосування технології очищення дренажних вод полігонів ТПВ проводилися як у лабораторних умовах, так і на пілотній установці.

Закономірності очищення стічної води при використанні розчину реагенту були досліджені на модельній воді та дренажних водах, що утворюються на полігоні ТПВ.

Якісна характеристика дренажних стічних вод наведена в табл. 1.

У процесах очищення стічних вод найбільше поширення одержав коагулянт сульфат алюмінію. Одним з його недоліків є чутливість до температури оброблюваної води, в основі чого лежить висока гідратація гідроксиду алюмінію при низьких температурах. Збільшенню ступеня гідратації в умовах низьких температур сприяє стабілізація золю гідроксидів алюмінію, внаслідок чого процес коагуляції може протікати недостатньо повно [12].

Для ефективного аналізу механізму очищення стічних вод полігонів необхідно виявити взаємозв'язок факторів, що визначають хід процесу Прогнозування значень факторів впливу – найбільш важливий аспект процесу очищення та дозволяє налагодити роботу блоків очищення з урахуванням параметрів вихідної води. Прогнозування здійснюється на основі експериментальних даних, для одержання більш точних даних експеримент проводиться з урахуванням сезонного коливання якісних показників дренажних вод полігонів ТПВ.

Якісна характеристика дренажних вод полігона ТПВ

Найменування показника	Період досліджень			Примітка
	Зимовий	Весняний	Осіньний	
Сухий залишок, мг/дм ³	19132,5	21760,5	20512,6	Усереднені якісні показники за 3 місяця спостережень по кожному сезону за 2013-2015 р.
БПК ₅ , мгО/дм ³	186,67	175,6	181,4	
ХПК, мг/дм ³	1213,6	990	1004,5	
Кольоровість, град.	161	152	158,0	
Завислі речовини, мг/дм ³	271,07	234,7	260,4	
pH	7,2	7,4	7,4	
Азот, мг/дм ³	241,5	86,4	60,7	
Нітрати, мг/дм ³	119,2	102,8	109,3	
Сульфати, мг/дм ³	1995,6	2114,5	1490,7	

Склад фільтрату залежить від етапу життєвого циклу полігона. Кожному етапу відповідає певна стадія біохімічного розкладання відходів, яка лежить в основі формування кількісних і якісних характеристик дренажних вод. Аналіз процесів біодеструкції показав, що фільтраційні води, які утворюються в ацетогенній фазі характеризуються середнім значенням рН 6, високими значеннями ХПК (до 60000 мгО₂/дм³) і БПК (іноді до 40000 мгО₂/дм³), високим вмістом амонійного азоту та заліза (у середньому по 750 мг/л). Склад органічних домішок представлений летючими органічними кислотами жирного ряду. Фільтрат, що формується на стадіях метаногенеза має рН 8, значно знижуються величини ХПК до 3000-4000 мгО₂/дм³ і БПК – до 180 мгО₂/дм³, характеризується високим вмістом амонійного азоту (750 мг/л) і низьким вмістом заліза. Слід зазначити, що для полігонів України характерно акумулювати «змішаний» фільтрат, коли фільтрат стадії метаногенезу постійно розбавляється фільтратом з стадії ацетогенезу.

Таким чином, пропонується використання комбінації фізичних, хімічних та біологічних методів із застосуванням розчину коагулянту сульфату алюмінію.

У процесі дослідження визначалися наступні показники очищених стічних вод: вміст завислих речовини, кольоровість, БПК₅, ХПК.

Запропонована технологічна схема наведена на рисунку 2.

Дренажні води надходять у збірник для забезпечення рівномірної та безперебійної подачі фільтрату. У змішувачі 2 відбувається перемішування розчину коагулянту зі стічними водами, далі самопливом по трубопроводу стічна вода направляє в блок споруд 3–5, який являє собою первинний відстійник 3, ванну із заглибними біодисками 4 і секцію вторинного відстійника 5. Осад

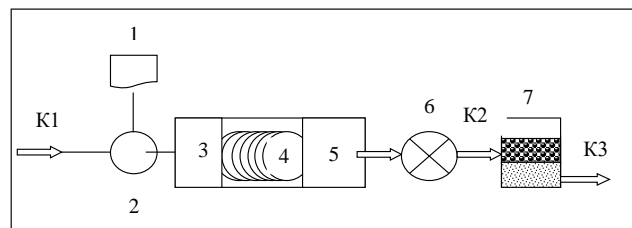


Рис. 2. Технологічна схема очищення фільтрату полігонів ТПВ

1 – реактентне господарство; 2 – змішувач; 3 – первинний відстійник; 4 – блок біологічного очищення (занурені біодиски); 5 – вторинний відстійник; 6 – блок знезараження (у/ф випромінювання); 7 – механічний фільтр. K1 – здача дренажних вод; K2 – здача очищеного стоку на фільтри; K3 – скид очищеного стоку.

та мул, що утворювався у первинному та вторинному відстійниках, періодично відводиться. Блок споруд застосовується для скорочення площ, прискорення та інтенсифікації процесів відстоювання й біологічного очищення. Після вторинного відстійника встановлений блок бактерицидних ламп 6. Далі вода самопливом направляє на механічний фільтр завантажений кварцовим піском. Скидання знешкоджененого стоку здійснюється по трубопроводу у промислову каналізацію.

Основним етапом очищення стічних вод з високим показником БПК є біологічне очищення, яке відбувається на заглибних біодискових фільтрах, що представляють собою резервуари із днищем увігнутої форми (ванни), заповнені стічною водою. Уздовж резервуара, на 15-20 мм вище рівня оброблюваної стічної рідини, установлений вал, на який насаджені пластмасові диски діаметром 200-250 мм. Відстань між дисками становить 6-8 мм, частота обертання вала з дисками 1-10 об/хв.

При роботі в заглибному біофільтрі не відбувається відкладання осаду, а товщина біоплівки

Ефективність очищення запропонованої схеми очищення

Серія експериментів	Дата	Показники вихідної стічної води				Доза коагулянту сульфату алюмінію, мг/дм ³	Показники очищеної стічної води			
		Завислі речовини, мг/дм ³	Кольоровість, град.	XПК, мгО ₂ /дм ³	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³		Завислі речовини мг/дм ³	Кольоровість, град.	XПК, мгО ₂ /дм ³	БПК ₅
I	2.09.16-15.09.16	255,4-267,5	150-165	994,7-1006,5	172,3-184,5	210	16,5	38	28,9	9,3
II	30.09.16-13.10.16	242,6-269,3	157-172	1010,4-1021,5	166,2-174,5	210	15,4	40	26,4	9,1
III	28.10.16-10.11.16	251,8-262,4	161-169	997,2-1005,4	181,3-192,4	210	14,9	35	25,2	8,9

залежить від надходження живильних речовин і споживання кисню. Ефективність очищення залежить від кількості щаблів біофільтра та визначається тривалістю перебування стічних вод у заглибному біофільтрі.

Характеристика біодискових фільтрів, прийнятих при виконанні досліджень:

- кількість біодисків-6;
- матеріал біодисків – пластмаса (з перфорацією);
- діаметр біодисків – 200 мм;
- відстань між дисками – 6 мм;
- товщина дисків – 1,5 мм;
- частота обертання вала – 4 про/хв;
- час перебування – 60 хвилин;

У технології очищення води велике значення мають фізичні властивості та параметри суспензії контактного середовища: сили взаємного притягання та зчеплення суспензії, об'ємна та масова концентрація, щільність, гідравлічна крупність часток.

Суспензія контактного середовища складається з часток різного розміру. При відстоюванні суспензії з невеликою об'ємною концентрацією, більш крупні часточки осідають значно швидше дрібних, внаслідок чого у завислому шарі залишається менше крупних і значно більше дрібніших часток. Концентрація зависі в завислому шарі зменшується.

При дослідженні механізму дії контактного середовища необхідно звернути увагу на сили зчеплення між частками суспензії. У результаті молекулярної взаємодії відбувається агрегація часток і затримка на них домішок, що виділяються з води, з формуванням контактного середовища. При цьому на межі зіткнення поверхневих шарів часток відбувається зчеплення (адгезія), яке вимірюється силою відриву на одиницю площі контакту.

Явище адгезії та сили зчеплення, що виникають внаслідок цього визначають більшою мірою ефективність дії контактного середовища та фізичні властивості суспензії. Дослідження ущільнення шару суспензії надає можливість використання результатів спостережень для визначення величини сил зчеплення. Зокрема, дослідження впливу розчину коагулянту на сили зчеплення становить особливий інтерес, тому що безпосередньо впливає на ефективність очищення на біодисках. Зважаючи на те, що основний елемент – диски перебувають у постійному русі, важливим є забезпечення надійного зчеплення органічних забруднень з біоплівкою, що перебуває в прикріпленому стані. Біомодулі, створюючи велику поверхню, забезпечують гідродинамічні умови, при яких відірвана біоплівка продовжує працювати, перебуваючи у завислому стані. У міру збільшення товщини біоплівки нижні шари її відмирають, а верхні змиваються

з поверхні дисків, що обертаються і тому забезпечення високого ступеня зчеплення є важливим завданням.

Таким чином, комбінуючи стадію реагентного очищення (коагулянт сульфат алюмінію), біологічне очищення (занурених біодисках) та доочищення на механічних фільтрах отримуємо якість фільтрату, наведену в таблиці 2.

Слід зазначити, що дослідження проводилися на модельній воді, якість якої приближена до фільтрату, характерного стадії метаногенезу.

Для оцінки ефективності запропонованого методу фіксували зміну якісних показників у віді-

браних пробах: вміст завислих речовин, кольоровість, показники ХПК, БПК_{повн}.

Слід зазначити, що ефективність очищення фільтрату за наведеними показниками склала, %: вміст завислих речовин – 85-88%; кольоровість – 70-75%; ХПК та БПК повн – до 95%.

Завдяки запропонованому методу відбулося біологічне очищення зі зниженням контролюючих показників до нормативних значень.

Висновки. Таким чином, очищений фільтрат може використовуватися для зрошення тіла полігону, а для скиду до водного об'єкту необхідно враховувати існуючі обмеження на скид та рекомендації щодо категорії водокористування.

Список літератури:

1. Міністерство розвитку громад та територій України. [Електронний ресурс <http://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/zhkh/terretory/use-bilshe-ukrayinskih-teritorialnih-gromad-vprovadzhuuy-sortuvannya-smittyu/>] (дата звернення: 10.08.2019);
2. Міністерство екології та природних ресурсів України Інтерактивна мапа // режим доступу [Електронний ресурс: <https://ecomapa.gov.ua/>] (дата звернення: 20.09.2019);
3. S. Baig, I.Coulomb, P. Courant Treatment of landfill leachates: Lapeyrouse and Satrod case studies. Ozone science and engineering 1999. P. 1–22.
4. Mersiowsky L. Stegmann R. Long-term Behavior of PVC Products and fate of Phthalate Plasticizers under Landfill Conditions. VII International waste management and landfill symposium. Sardinia. 1999. Vol. I. P. 193–199.
5. Щербина Г.П. Исследование фильтрационных стоков полигона ТПВ для установления возможности утилизации его с использованием фермента класса оксигедаз. Інформаційно-аналітичний збірник «Санітарна очистка міст та комунальний автотранспорт». Вип. 4. К, 2002. С. 51–56.
6. Canziani R, Cossu R. Landfill hydrology and leachate production. Land filling: Process, Technology and Environmental Impact. London. 1994. P. 122–123.
7. Степняк С.В. Методи очистки стоків зі сміттєзвалищ. Інформаційно-аналітичний збірник «Санітарна очистка міст та комунальний автотранспорт». Вип. 4. К, 2002. С. 72–77.
8. Seçen, F. Aktas O. Effect of PAC addition in combined treatment of landfill leachate and domestic wastewater in semi-continuously fed-batch and continuous-flow reactors. Water SA. 2001. 27 (2). P. 177–188.
9. Душкин С.С., Коваленко А.Н., Дегтярь М.В., Шевченко Т.А Ресурсосберегающие технологии очистки сточных вод : монография Харьк. нац. акад. городского хоз-ва. Харьков : ХНАГХ, 2011. 168 с.
10. Спосіб очищення стічних вод полігонів твердих побутових відходів: пат. № 45190 Україна, МПК⁵¹ (2009) CO2F 1/48 / Душкін С.С, Корінько І.В., Солодовник М.В., Ткачов В.О.; заявник та правовласник ХНАМГ. № 45190; заявл. 09.06.2009; опубл. 26.10.2009, Бюл. № 20.
11. Кашковський В.І., Кухар В.П. Способи знешкодження високотоксичних стоків звалищ твердих побутових відходів. Наука та інновації. 2005. № 6, Т. 1. С. 107–116.
12. Degtyar M. Intensification of wastewater purification of municipal solid waste landfills. Technology audit and production reserves. № 2/3(46), 2019, DOI: 10.15587/2312-8372.2019.166312.
13. М.В. Дегтяр. Інтенсифікація процесів очищення висококонцентрованих стічних вод. Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Зб. наукових праць. Вип. 1 (69). Рівне: НУВГП, 2015. С. 111–116.

Degtyar M.V., Galkina H.P. RESEARCH OF MAIN FACTORS AFFECTING THE EFFICIENCY LEACHATE TREATMENT

The article assesses the magnitude of the problems associated with the operation of solid waste landfills. The analysis of the regulatory and technical base in the field of waste management has been carried out. Estimated real status and amount of landfills in Ukraine, monitored the extent of impact in the areas with solid domestic waste. Solid domestic waste (SDW) are the caused of land alienation and a significant negative factor affecting environmental assets.

Currently, 7% of the Ukraine territory is landfills, of which less than 20% can be attributed to landfills. The vast majority of landfills are built and operated without a set of measures that reduce the environmental impact.

The factors affecting the efficiency of the leachate filtration of solid household waste landfills have been investigated, the technological scheme of landfill filtration water treatment has been proposed. Particular attention is paid to the biological stage of purification.

In the treatment of specific, concentrated wastewater, special attention should be paid to the use of non-reactive wastewater treatment methods, in particular biofiltration methods. The hardware design of the method – there are biofilters with various modifications, including the use of immersed biodisks.

The effectiveness of the proposed scheme and the degree of its versatility are evaluated in the article.

In Ukraine, leachate clearing does not actually occur. They either accumulate in special stores or are pumped to treatment facilities for joint treatment with municipal sewage (after dilution). And only in some cases the cleaning is carried out at local treatment facilities.

The main task of the research is to develop a technology of purification, taking into account fluctuations in the quality composition and uneven formation, for the favorable sanitary condition of the surrounding territories and, in fact, the objects of waste accumulation.

Key words: *solid waste landfill, leachate, biodisks, coagulant aluminum sulfate, hydraulic size.*