

¹О. Р. Попович, ¹Н. Ю. Вронська, ²С. О. Гнатуш, ²О. Д. Масловська, ¹В. Т. Слюсар

¹Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра екології та збалансованого природокористування,
²Львівський національний університет імені Івана Франка,
кафедра мікробіології

ОЧИЩЕННЯ ІНФІЛЬТРАТІВ СМІТТЄЗВАЛИЩА ТА ВИВЧЕННЯ ПЕДОТРОФНИХ МІКРООРГАНІЗМІВ ОЗЕР ІНФІЛЬТРАТІВ ЛЬВІВСЬКОГО ПОЛІГОНУ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

© Попович О. Р., Вронська Н. Ю., Гнатуш С. О., Масловська О. Д., Слюсар В. Т., 2018

Проаналізовано технології очищення інфільтратів сміттєзвалища в аеробному середовищі. Досліджено стадії попереднього очищення інфільтратів у статичних і динамічних умовах. Педотрофні мікроорганізми – унікальна група організмів, які розщеплюють органічні речовини, зокрема токсичні, та є стійкими до впливу сполук важких металів та інших токсичних речовин. Внаслідок стійкості до іонів важких металів та здатності деградувати широкий спектр органічних речовин педотрофні мікроорганізми характеризуються значним біотехнологічним потенціалом.

Ключові слова: інфільтрат, споруди, педотрофні мікроорганізми, очищення.

O. R. Popovych, N. Yu. Vronska, S. O. Gnatush, O. D. Maslovska, V. T. Sliusar

CLEANING INFILTRATES OF INTERNATIONAL MICROORGANISMS OF INTERNATIONAL COMPANIES INFILTRATES AND INVESTIGATION OF PEDOTROPHIC MICROORGANISMS OF THE LIFE OF THE INFILTRATES OF THE LVIV REGION OF SOLID WASTEWATER

© Popovych O. R., Vronska N. Yu., Gnatush S. O., Maslovska O. D., Sliusar V. T., 2018

Research is an actual scientific task about purification of landfill infiltrates in municipal pollution contro-facilities. Pedotrophic microorganisms have formed a unique group of microorganisms that metabolize organic matter, including toxic, and are resistant to the compounds of heavy metals and other toxic compounds. Due to resistance to heavy metal ions and the ability to degrade a wide range of organic substances, pedotrophic microorganisms are characterized by significant biotechnological potential.

Key words: infiltrate, facilities, pedotrophic microorganizms, purification.

Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими завданнями. У тілі Львівського полігону твердих побутових відходів (ТПВ) знаходиться величезна кількість відходів – порядку 14–18 млн. т [8]. У 90-ті роки на полігоні складували не лише побутові, але й промислові токсичні відходи 1–3 класів небезпеки. Від 1990 р. почали складувати виробничі відходи 3–4 класів небезпеки. Особливо негативно впливають на стан довкілля в районі Львівського полігону ТПВ чотири ставки-накопичувачі кислих гудронів загальною площею близько 5 га [10].

Фільтрат Львівського полігону ТПВ формується в тілі сміттєзвалища. Дренажними комунікаціями фільтрат потрапляє в накопичувальні стави.

На об'єм фільтрату, що утворюється протягом року, значно впливають кліматичні умови. На 1 га сміттєзвалища фільтрату збирається у середньому від 2000 до 4000 м³.

Для запобігання переповненню ставків-накопичувачів фільтрат витратою від 100 до 400 м³/добу перекачують на звалище. Частина фільтрату витрачається на зволоження сміття, частина випаровується, а основний об'єм фільтрується в тіло звалища [11].

Ми досліджували фільтрат, відібраний біля підніжжя сміттєзвалища.

За стандартними методиками визначено хімічний склад фільтрату. Сам фільтрат темно-коричневого кольору з дуже різким запахом. У фільтраті велика кількість завислих речовин (6–8 мг/дм³), високий вміст органічних речовин (БСК – 8840 мгО₂/дм³), нітратів (10783 мг/дм³), хлору (5000–8000 мг/дм³), високий вміст іонів важких металів, індекс ЛКП – 2,4·10⁵ КУО/дм³, індекс E-coli – 2,4·10⁹ КУО/дм³, колі-фаги – 1,6·10⁵ БУО/дм. Великий вміст важких металів зумовлений наявністю в тілі сміттєзвалища відходів, що містять метали [3, 5].

За аналізом складу фільтрату Львівського полігону ТПВ віднесено до I класу небезпеки [8, 9].

Аналіз попередніх досліджень та публікацій. Для очищення стічних вод використовують біологічні методи [5]. Сучасні біологічні технології дозволяють вилучати з промислових вод різноманітні політанти [1]. Для глибокого очищення стічних вод використовують біомасу (активного мулу), яка знаходиться у завислому стані або ж з використанням прикріпленої (імобілізованої) біомаси.

Аналізували проблеми екологічної безпеки гідросфери, вивчали технології очищення господарсько-побутових вод. Важливо впроваджувати перспективні технології очищення інфільтратів сміттєзвалищ, а також вивчення мікроорганізмів біоценозу, що виділений із інфільтрату Грибовицького сміттєзвалища.

Дослідження проводили в два етапи. Перший крок досліджували склад фільтрату та його вплив на технологію біоочищення. Для цього використовували лабораторну установку. Нами вибрано концентрації фільтрату у діапазоні розбавлення від 1:10 до 1:1500. Час експерименту становив 6 годин з постійною аерацією.

Досліджено водомулову суміш з аеротенків каналізаційно-очисних споруд № 2 (КОС-II). У цьому випадку ми не додавали фільтрат.

Важливо було проаналізувати хімічний склад води стічної і як змінюються показники до і після лабораторної установки [6].

Під час подальших досліджень аналізували вплив фільтрату Львівського полігону ТПВ на процес біологічного очищення. Поєднували суміші стічних вод Львівських КОС-II з фільтратом, для очищення використовували активний мул аеротенків КОС-II і визначали ефективність очищення промислових вод.

Мета роботи – проаналізувати технології очищення інфільтратів сміттєзвалища в аеробному середовищі. Дослідити стадії попереднього очищення інфільтратів у статичних і динамічних умовах. Виділити мікроорганізми з озера інфільтратів Львівського полігону ТПВ та визначити їхню приналежність до еколого-трофічних груп.

Експериментальна частина. В періодичному режимі попередньо визначали допустимі концентрації фільтратів, які не порушуватимуть процес біологічного очищення стічних вод, на дослідній установці, яку схематично зображено на рисунку. Подавали повітря від компресорної станції. Концентрацію розчиненого кисню приймали таку, як і в натурній споруді та контролювали за допомогою електронного киснеміра [2]. Регулювали кількість повітря за допомогою вентиля 3.

Для проведення досліджень у лабораторних умовах ми відбирали зі ставка на полігоні фільтрат у кількості 1 м³ і привозили на Львівські КОС-I, де було розташовано пілотну установку.

Протягом 10 днів до лабораторії привозили суміш стічних вод з активним мулом, відібрану з аеротенка Львівських КОС-II. Щодня зранку в установку періодичної дії заливали суміш стічних вод і активного мулу та додавали розрахункову кількість фільтрату для отримання сумішей, які

відповідали таким ступеням розбавлення: 1:10; 1:500; 1:1000; 1:1250; 1:1500. До ємності додавали суміш стічних вод з активним мулом. Необхідний загальний об'єм мав становити $1,64 \text{ м}^3$. Для визначення показників відбирали проби.

Проаналізовано технології очищення інфільтратів сміттєзвалища в аеробному середовищі. Збирання та очищення інфільтратів є пріоритетними проблемами, які необхідно вирішити для Грибовицького сміттєзвалища.

На стадії формування і спорудження сміттєзвалища не було геологічного бар'єру та системи збирання фільтратів, що спричиняє забруднення ґрунтових вод.

Було досліджено стадії попереднього очищення інфільтратів у статичних і динамічних умовах. Для статичного режиму враховували залежність процесу очищення від витрати повітря на аерацію, зміну кінетики параметрів процесу та динаміка очищення від забруднень, додавання свіжих порцій активного мулу для інтенсифікації процесу. Для динамічного режиму досліджували залежність ефективності очищення інфільтратів від часу перебування в реакторі, від температури, від кількості насадок для іммобілізації біоценозу [4].

Дослідження першого режиму аеробного очищення виконували на лабораторній установці. Навіть незначні концентрації витрати повітря для аерації інтенсифікують процес біологічного окиснення забруднень [5]. Також експериментально встановлено: якщо до інфільтрату додати активний мул КОС на початку процесу, біологічна культура, яка бере участь у процесі, відрізнятиметься від складу біоплівки очисних споруд. Процес очищення починається після інактивації нового біоценозу. Велике значення має дослідження розвитку біоценозу. Для цього виділяли мікроорганізми із інфільтрату Грибовицького сміттєзвалища.

Дослідження показали, що перспективним є використання цих біоценозів для біологічних технологій очищення промислових вод.

Денітрифікувальні бактерії виявлено у біоценозі аерованої лагуни, а в інфільтраті не виявлено. Можливо, відбувається формування біоплівки бактеріями, які вже входять до складу цього біоценозу.

У результаті експериментальних досліджень було виділено педотрофні мікроорганізми з озера інфільтратів Львівського полігону ТПВ та визначено їхню приналежність до еколого-трофічних груп.

Для досліджень проби інфільтрату відбирали з поверхні озера та з глибин 0,5 та 1 м.

Педотрофні мікроорганізми з озера інфільтратів виділяли на агаризованому екстракті інфільтрату. Чисельність колонієтворних організмів (КУО) педотрофних мікроорганізмів у різних пробах була неоднаковою, що, ймовірно, зумовлено вмістом органічних речовин на досліджуваних глибинах водойми, режимом аерації та іншими чинниками. Серед виявлених педотрофних мікроорганізмів були такі, що утворюють спори, і такі, які їх не утворюють. Найбільшу кількість КУО неспоротвірних педотрофних мікроорганізмів виявлено в пробах, відібраних на глибині 0,5 м, а споротвірних – у пробах, відібраних з поверхні озера.

Отримані на екстракті інфільтрату штами педотрофних мікроорганізмів пересівали на селективні середовища для визначення їхньої приналежності до еколого-трофічних груп.

Найчисленнішою групою у всіх зразках інфільтрату були денітрифікувальні бактерії, які метаболізують нітроген органічних сполук.

Серед педотрофів також були оліготрофні мікроорганізми, які становили численну групу і були виявлені в усіх зразках інфільтрату, що говорить про їх невибагливість до вмісту поживних



Схема експериментальної установки періодичної дії: 1 – аераційна установка; 2 – аератор; 3 – вентиль

речовин. Чисельність олігонітрофільних мікроорганізмів, які метаболізують нітроген органічних сполук, нітрифікувальних педотрофних мікроорганізмів була найвищою у зразках, відібраних з поверхні озера. Серед педотрофної мікробіоти виявлено мікроорганізми, які метаболізують фосфат неорганічних сполук. Чисельність цих мікроорганізмів була найвищою у пробі, відібраній з глибини 1 м.

Серед виділених педотрофних мікроорганізмів були штами, які характеризуються резистентністю до впливу солей феруму, кадмію і хрому у концентраціях, які значно перевищують гранично допустимі (феруму – у 3,5 разу, хрому – у 9,9 разу, кадмію – у 26,6 разу). Колонії цих штамів змінювали свою морфологію та колір залежно від наявності у середовищі металу. Серед виділених мікроорганізмів були як грампозитивні, так і грамнегативні мікроорганізми. Бактерії мали форму паличок, утворювали ланцюжки.

З'ясування механізмів резистентності педотрофних мікроорганізмів має важливе фундаментальне значення, оскільки педотрофні мікроорганізми таких біотопів, як інфільтрати сміттєзвалищ є недослідженою групою мікроорганізмів.

Для подальшого застосування мультирезистентних педотрофних бактерій у системах біоремедіації інфільтратів Львівського полігону ТПВ необхідна ідентифікація цих штамів мікроорганізмів, встановлення граничних концентрацій солей важких металів, за яких клітини зберігають свою життєдіяльність, та встановлення механізмів стійкості цих мікроорганізмів до впливу інших токсичних речовин, зокрема, фенолу.

Педотрофні мікроорганізми сформували унікальну групу організмів, які розщеплюють органічні речовини, зокрема токсичні, та є стійкими до впливу сполук важких металів й інших токсичних речовин. Внаслідок стійкості до іонів важких металів та здатності деградувати широкий спектр органічних речовин педотрофні мікроорганізми характеризуються значним біотехнологічним потенціалом.

Виклад основного матеріалу і обговорення результатів. Результати узагальнення даних досліджень біологічного очищення інфільтратів в аерованій лагуні в першому режимі встановлено, що рН зростає до 9.47. Оптимальний час для аеробного очищення інфільтратів звалища від забруднень в реакторі 10 діб. Зміна концентрації амонійного азоту в інфільтраті залежить від температурного режиму, часу аерації, наявності кисню.

Оскільки мул, який використовують для очищення води, містить іони важких металів, його неможливо використовувати у сільському господарстві. Відпрацьований мул використовують для рекультивації земель. Попередньо необхідно зменшити вміст вологи в активному мулі. Надлишковий активний мул зберігають на спеціально відведених площадках.

Доцільно інтенсифікувати процес зберігання мулу, оскільки він має неприємний різкий запах, який створює некомфортні умови на підприємстві і може поширюватися на житлові масиви.

Багато територій сьогодні пустує. Як показує досвід інших країн, на цих землях доречно планувати господарства або підприємства.

Завдяки збалансованим властивостям активний мул можна використовувати для рекультивації земель. У Львівській області є багато кар'єрів, які потребують рекультивації. Прогнозується початок рекультивації Грибовицького сміттєзвалища, що є підставою для використання відпрацьованого мулу.

Перепланування територій, на яких розміщено станцію очищення, із виділенням значних площ, які можуть бути реалізовані чи використані для інших потреб, було б доцільним.

Висновки. Вивчено та проведено ідентифікацію джерел екологічної небезпеки в зоні впливу Грибовицького сміттєзвалища. Отримано на екстракті інфільтрату штами педотрофних мікроорганізмів і визначено їх приналежність до еколого-трофічних груп. Аналіз даних експериментальних досліджень дозволяє розробити та в подальшому впровадити двостадійний спосіб очищення інфільтратів сміттєзвалища.

Розроблено і запропоновано шляхи зменшення техногенного навантаження на очисні споруди, удосконалено процес видалення із муніципальних стоків сполук азоту шляхом оптимізації

аерації, використано денітрифікувальні мікроорганізми для зменшення поллютантів і воді, а виділено і вивчено педотрофні мікроорганізми з озера інфільтратів Львівського полігону ТПВ та визначено їхню приналежність до еколого-трофічних груп, досліджено стадії попереднього очищення інфільтратів в статичних і динамічних умовах.

1. *Ammonium removal from concentrated waste streams with the anaerobic ammonium oxidation (Anammox) process in different reactor configuration* / Strous M., Van Gerven E., Zheng P. [et al.] // *Water Research*. – 1997. – № 31(8). – p. 1955–1962. 2. Методика фотометричного визначення нітрит-іонів з реактивом Грісса в поверхневих та очищених стічних водах: КНД 211.1.4.023-95. – К., 1995. – 14 с. – (Керівний нормативний документ). 3. Якість води. Визначення нітрату. Частина 3: Спектрометричний метод із застосуванням сульфосаліцилової кислоти (ISO 7890-3:1988, MOD): ДСТУ 4078-2001. – [Чинний від 2001-12-28]. – К.: Держстандарт України, 2002. – 7 с. – (Національний стандарт України). 4. Якість води. Визначення розчиненого кисню. Йодометричний метод (ISO 5813:1983, IDT): ДСТУ ISO 5813:2004. – [Чинний від 2004-08-02]. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 7 с. – (Національний стандарт України). 5. Оцінювання здатності до повного аеробного біологічного розкладання органічних сполук у водному середовищі. Метод із застосуванням аналізу біохімічного споживання кисню (метод закритої склянки) (ISO 10707:1994, MOD): ДСТУ 4175:2003. – [Чинний від 2004-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2004. – 12 с. – (Національний стандарт України). 6. Якість води. Визначення хімічної потреби в кисні (ISO 6060:1989, IDT): ДСТУ ISO 6060:2003. – [Чинний від 2003-10-06]. – К.: Держспоживстандарт України, 2004. – 6 с. – (Національний стандарт України). 7. Шандрович В. Т. Застосування процесу Апаттох для очищення стічної води / В. Т. Шандрович, М. С. Мальований // *Матеріали XXI (щорічної) міжнародної науково-технічної конференції “Екологічна і техногенна безпека. Охорона водного і повітряного басейнів. Утилізація відходів”* (Харків, 21–22 листопада 2013 р.). – Харків, 2013. – 113 с. Іщенко В. А., Петрук Р. В.]. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 139 с. 8. Волошин П. Аналіз впливу Львівського сміттєзвалища на природне середовище / П. Волошин // *Вісник Львівського університету. Серія геологічна. Вип. 26*. – 2012. – С. 139–147. 9. Голець Н. Ю. Розрахунок класу небезпеки фільтрату Грибовицького полігону твердих побутових відходів / Н. Ю. Голець, М. С. Мальований, Ю. О. Малик // *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. – 2013. – № 7. – С. 219–224. 10. Хімічний склад фільтрату Львівського полігону твердих побутових відходів / А. М. Гайдін, В. О. Дяків, В. Д. Погребенник, А. В. Пашук // *Природа Західного Полісся та прилеглих територій: зб. наук. пр. / Волин. нац. ун-т ім. Лесі Українки*. – Луцьк, 2013. – № 10. – С. 43–49. 11. Гидравлический расчет сетей водоотведения: Расчетные таблицы / [Ю. М. Константинов, А. А. Василенко, А. А. Сапунин, Б. Ф. Батченко]. – К.: Будівельник, 1987. – 120 с.