

А. О. Мельник¹
С. М. Кватернюк¹
С.В. Мандебура²
Д.Р. Латуша¹
М. П. Максименко¹
В.О. Шевченко¹

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОЇ УТИЛІЗАЦІЇ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД

¹Вінницький національний технічний університет

²Уманський державний педагогічний університету ім. Павла Тичини

Анотація

Проблема екологічно безпечної утилізації осадів стічних вод є актуальною у зв'язку зі збільшенням обсягів стоків та ризиком забруднення навколишнього середовища. Аналізуються основні екологічні та технологічні аспекти обробки осадів, зокрема біологічні та хімічні методи їх переробки. Розглядаються сучасні підходи до утилізації, спрямовані на мінімізацію негативного впливу на природу та повторне використання цінних компонентів осадів. Особлива увага приділяється впровадженню інноваційних технологій, що забезпечують безпечно та ефективно управління осадами стічних вод.

Ключові слова: осади стічних вод, утилізація, екологічна безпека, біологічна обробка, хімічна обробка, повторне використання, інноваційні технології, охорона навколишнього середовища.

Abstract

The issue of environmentally safe disposal of sewage sludge is relevant due to the increasing volume of wastewater and the associated risk of environmental pollution. The main ecological and technological aspects of sludge treatment are analyzed, including biological and chemical methods of processing. Modern approaches to disposal are considered, aimed at minimizing the negative impact on nature and promoting the reuse of valuable sludge components. Special attention is given to the implementation of innovative technologies that ensure safe and efficient management of sewage sludge.

Keywords: sewage sludge, disposal, environmental safety, biological treatment, chemical treatment, reuse, innovative technologies, environmental protection.

Вступ

На сучасному етапі розвитку суспільства проблема дефіциту чистих водних ресурсів набуває глобального масштабу, що зумовлює необхідність перегляду державної водної політики у напрямку раціонального водокористування та відтворення водних об'єктів. Відповідно до положень Водної рамкової директиви ЄС, пріоритетною метою є досягнення доброго екологічного та хімічного стану водойм. Проте критичний стан вітчизняних водопровідно-каналізаційних мереж, їхня висока амортизаційна зношеність та технологічна недосконалість очисних споруд створюють суттєві ризики для навколишнього середовища.

Одним із найбільш гострих аспектів очищення стічних вод є управління значними обсягами осадів, що утворюються в процесі обробки стоків. Накопичення у таких осадах важких металів (зокрема ртуті, свинцю, кадмію), токсичних органічних сполук та патогенних мікроорганізмів ускладнює їхню подальшу утилізацію та створює довгострокові токсикологічні ризики для ґрунтів, підземних вод та атмосферного повітря. Потрапляючи у харчові ланцюги, ці забруднювачі становлять пряму загрозу здоров'ю населення.

Сучасна наукова думка розглядає широкий спектр методів обробки осадів, серед яких виділяють реагентні, електрохімічні, біологічні та сорбційні технології. Особлива увага дослідників прикута до використання природних сорбентів – цеолітів, глинистих матеріалів та гумінових речовин, які дозволяють ефективно стабілізувати важкі метали [1, 2]. Світовий досвід підтверджує доцільність переходу від захоронення осадів до їхнього повторного використання у сільському господарстві, енергетиці (виробництво біогазу) та будівельній індустрії.

Метою даного дослідження є комплексний аналіз екологічно безпечних методів утилізації осадів стічних вод, оцінка їхньої технологічної ефективності та обґрунтування перспективних напрямків перетворення небезпечних відходів на корисні вторинні ресурси.

Результати дослідження

Результати проведеного дослідження демонструють, що розв'язання проблеми екологічно безпечного управління осадами стічних вод вимагає відмови від однокомпонентних підходів на користь комплексної технологічної схеми, яка інтегрує хімічні, сорбційні та біологічні методи. У ході аналізу встановлено, що хімічна обробка є критично важливою для первинної стабілізації осадів, оскільки застосування коагулянтів та окислювачів дозволяє не лише згортати дрібнодисперсні частки у великі флокули для їх подальшого відокремлення, а й здійснювати глибоку дезінфекцію та нейтралізацію агресивних хімічних сполук перед їх потраплянням у доквілля. Особливу увагу приділено сорбційним методам, які визнані найбільш перспективними завдяки їхній високій вибірконості та економічній доцільності: використання активованого вугілля, а також природних матеріалів, таких як цеоліти, бентоніти та глинисті мінерали, забезпечує ефективне утримання важких металів (ртуті, свинцю, кадмію) та токсичних органічних домішок, запобігаючи їхній міграції у ґрунти та підземні горизонти.

Паралельно з цим, впровадження біологічних методів із використанням аеротенків та активного мулу дозволяє природним шляхом трансформувати складні органічні забруднення у безпечні компоненти, що є оптимальним рішенням для очищення як господарсько-побутових, так і специфічних промислових стоків. Дослідження підкреслює, що ігнорування комплексного підходу призводить до катастрофічних екологічних наслідків: накопичення токсинів у рослинах, зниження родючості ґрунтів, евтрофікації водойм та виділення в атмосферу метан-аміачних сумішей, що в кінцевому підсумку вражає людський організм через харчові ланцюги. Обґрунтовано, що завдяки стабілізації осадів за допомогою гумінових речовин та сорбентів, ці відходи втрачають статус небезпечних і стають цінною сировиною для циклічної економіки. Зокрема, ідентифіковано такі пріоритетні вектори утилізації, як виробництво біогазу для енергетичних потреб, використання знезаражених залишків як органіко-мінеральних добрив у агросекторі, а також їх застосування як наповнювачів у виробництві будівельних матеріалів та дорожнього покриття, що поєднує екологічний захист із високою економічною ефективністю.

Висновки

Проведене дослідження методів очищення та утилізації осадів стічних вод свідчить, що найбільш ефективним інструментом забезпечення екологічної безпеки та сталого водокористування є комплексний підхід, який поєднує хімічні, сорбційні та біологічні технології. У ході роботи встановлено, що хімічна обробка дозволяє нейтралізувати токсичні сполуки та дезінфікувати стоки, тоді як сорбційні методи з використанням природних матеріалів забезпечують селективне видалення важких металів (ртуті, свинцю, кадмію) та надійну стабілізацію осадів, запобігаючи їх міграції у ґрунти та водойми. Біологічні методи очищення гарантують природне перетворення органічних забруднень на безпечні компоненти, що у сукупності з іншими методами мінімізує ризики для здоров'я населення та біорізноманіття. Обґрунтовано, що впровадження таких інноваційних підходів дозволяє трансформувати небезпечні відходи у корисні ресурси, відкриваючи перспективні напрямки для виробництва біогазу, використання осадів як добрив у сільському господарстві або як вторинної сировини у будівельній та дорожній галузях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Запорожська Р. В., Васильківський І. В., Петрук В. Г., Кватернюк С. М. Можливі напрямки утилізації осадів стічних вод на КП «Вінницяоблводоканал». Наука. Молодь. Екологія : матеріали міжнар. наук.-практ. конф в рамках I Всеукраїнського молодіжного з'їзду екологів з міжнародною участю. (м. Житомир, 21–23 травня 2014 р.). Житомир, 2014. С. 60-65.
2. Васильківський І. В., Петрук В. Г., Запорожська Р. В., Кватернюк С. М. Можливі напрямки утилізації осадів стічних вод. IV-ий Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю : зб. наук. стат. (м. Вінниця, 25–27 вересня 2013 р.). Вінниця, 2013. С. 139–141.

Мельник Анастасія Олександрівна – студентка групи ТЗД-23б, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: anastasiamelnyk1203@gmail.com.

Кватернюк Сергій Михайлович – д.т.н., професор, професор кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: serg.kvaternuk@gmail.com.

Мандебура Святослав Васильович – викладач кафедри хімії, екології та методики їх навчання Уманського державного педагогічного університету ім. Павла Тичини, м. Умань, e-mail: eko14b.mandebura@gmail.com.

Латуша Дмитро Русланович – аспірант кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: dima.latusha27@gmail.com.

Максименко Максим Павлович – аспірант кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: obzzorator@gmail.com.

Шевченко Валентин Олександрович – аспірант кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: raptor.sad77@gmail.com.

Melnyk Anastasiia O. – student of group TZD-23b, Faculty of Civil Engineering, Civil and Ecological Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: anastasiamelnyk1203@gmail.com.

Serhii M. Kvaterniuk – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Department of Ecology, Chemistry and Environmental Protection Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: serg.kvaternuk@gmail.com.

Sviatoslav V. Mandebura – Lecturer of the Department of Chemistry, Ecology and Methods of their teaching, Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University, Uman, e-mail: eko14b.mandebura@gmail.com.

Dmytro R. Latusha – Postgraduate of the Department of Ecology, Chemistry and Environmental Protection Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: dima.latusha27@gmail.com.

Maxim P. Maksimenko – Postgraduate of the Department of Ecology, Chemistry and Environmental Protection Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: obzzorator@gmail.com.

Valentyn O. Shevchenko – Postgraduate of the Department of Ecology, Chemistry and Environmental Protection Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: raptor.sad77@gmail.com.