

ПРОБЛЕМИ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД І ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

Саблій Л.А.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна, Київ, larisasabliy@ukr.net

Колектив науковців кафедри біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології за останні роки виконав наукові дослідження з очищення стічних вод, відповідно до наукових проєктів у співпраці з Інститутом прикладних наук Хоф (Німеччина), договорів з ТОВ «ФІБЕРІКА», продовжує спільні розробки з Інститутом технічної теплофізики НАН України, з шкіряним заводом ТзОВ «Світ шкіри» (м. Болехів, Івано-Франківська область), з проєктною організацією ТОВ «ОСТВА» (м. Рівне).

В Україні існують значні проблеми очищення стічних вод міст, сіл, промислових підприємств, об'єктів сезонної роботи тощо. Багато очисних станцій застарілі, неефективні або взагалі відсутні, що залишає приблизно 20 мільйонів людей без доступу до централізованих послуг з очищення стічних вод. Згідно із статистикою, лише 50 відсотків населення України має доступ до централізованих послуг зі збору та очищення стічних вод, тоді як у сільській місцевості цей показник значно нижчий. Більшість промислових підприємств не мають локальних очисних споруд або у них є лише споруди механічного очищення й усереднення стічних вод та скидають сильно забруднені виробничі стічні води на міські очисні станції, ускладнюючи їх роботу. Курорти, бази відпочинку, санаторії та інші об'єкти сезонної роботи характеризуються значними коливаннями витрат та концентрацій забруднюючих речовин в стічних водах протягом року, що ускладнює використання традиційних технологій біологічного очищення в аеротенках у зв'язку з труднощами управління їх роботою. Погано очищені або неочищені стічні води становлять серйозну загрозу для здоров'я населення та довкілля, призводять до забруднення поверхневих та ґрунтових вод, особливо в густонаселених та промислово розвинених регіонах.

Військові дії ще більше загострили описані проблеми, зокрема, руйнувань та пошкоджень зазнали інфраструктури систем водовідведення та очисні станції стічних вод в багатьох регіонах. Понад 230 очисних споруд для стічних вод були пошкоджені або зруйновані, що значно знижує здатність України ефективно очищати стічні води. Більшість діючих систем збору та транспортування стічних вод в Україні побудовано понад 50 років тому, і вони занадто потужні для сучасних демографічних та економічних реалій. Ця невідповідність потужності призвела до зниження ефективності, частих збоїв у мережі та неадекватної роботи очисних станцій. У невеликих містах руйнування очисних споруд залишило багато громад повністю залежними від тимчасових або імпровізованих рішень, що створило нагальну потребу в реконструкції систем водовідведення та очищення стічних вод. Міська влада стикається з такими проблемами, як обмежені фінансові ресурси, брак технічної експертизи та географічні обмеження, що роблять масштабні інфраструктурні проєкти неможливими.

Проблемою також є суворий зимовий клімат в Україні, що перешкоджає ефективності традиційних біологічних методів очищення (зокрема, з активним мулом), що важко функціонують в холодних умовах. Це призводить до неповного очищення та збільшення ризиків для довкілля та здоров'я населення.

Враховуючи ці проблеми, в Україні потрібні інноваційні, економічно ефективні та стійкі до клімату рішення для очищення стічних вод — системи, які можуть ефективно працювати за високих концентрацій забруднень, мінусових температур, ефективно очищати виробничі стічні води промислових підприємств, вимагають мінімальних затрат та можуть бути швидко впроваджені на об'єктах із змінним навантаженням стічних вод.

Дослідження, що проводяться нами, спрямовані на одержання перспективних, ефективних та економічних рішень щодо очищення стічних вод міст, сіл, промислових підприємств, об'єктів сезонної роботи тощо для подолання вищеперерахованих проблем. Враховуючи зобов'язання України щодо інтеграції з ЄС та відновлення довкілля, доцільність отриманих рішень для очищення стічних вод перевіряється на відповідність екологічним стандартам України та ЄС.

Напрямки наших досліджень:

- удосконалення технології біологічного очищення міських і промислових стічних вод від сполук азоту та фосфору з використанням активного мулу та процесів нітрифікації, денітрифікації;

- розробка технологій локального очищення промислових стічних вод;
- розробка технологій біологічного очищення стічних вод з використанням носіїв з іммобілізованими мікроорганізмами [1];

- використання вищих водних рослин для очищення стічних вод від азоту, фосфору, йонів металів та інших забруднюючих речовин [2].

Одним із напрямків є розробка та впровадження технологій локального очищення стічних вод промислових підприємств ряду галузей:

- легкої (шкіряних заводів, хутряних фабрик, шерстяних фабрик тощо);
- деревообробної (картонно-паперових фабрик [3]);
- харчової (м'ясопереробних заводів, молокозаводів, олійних, солодових заводів тощо);
- фармацевтичної (виробництво антибіотиків, різних фармпрепаратів тощо) та ін.

Вище вказані промислові стічні води відрізняються високими концентраціями органічних речовин за БСК і ХСК, завислих речовин різної природи та ступеня дисперсності, містять токсичні та інгібуючі домішки (іони важких металів – шкірзаводи, барвники – шерстяні фабрики, антибіотики – фармзаводи та ін.), синтетичні поверхнево-активні речовини, жири та ін. забруднення, чимала кількість яких важко розкладається біологічно і потребує видалення перед біологічною стадією на спорудах локального очищення.

Нами розроблено технології локального очищення з отриманням очищеної води, яка за концентраціями забруднень відповідає нормам скиду в міську систему водовідведення і може в подальшому проходити спільне очищення з міськими стічними водами на очисних спорудах міста.

Розроблені технології локального очищення стічних вод впроваджено в проекти очисних станцій та розпочато їх будівництво (низка промислових підприємств міста Харкова: фармзавод, олійний завод, м'ясопереробний завод, машинобудівний завод, шерстяна фабрика).

Так, було розроблено технологію локального очищення стічних вод підприємства по виробництву антибіотиків. Технологія включає усереднення стічних вод, коагулювання сульфатом заліза з підлучуванням, відстоювання, окиснення органічних забруднюючих речовин, в тому числі антибіотика, пероксидом водню та фільтрування. Профільтровану воду можна відводити в систему водовідведення міста для подальшого спільного очищення. Ступінь видалення антибіотика – цефуроксиму, досягає 94-96%. Для доочищення стічної води від залишків антибіотика можна використовувати вищі водні рослини, зокрема, рясків [4].

Для локального очищення стічних вод м'ясопереробного заводу було розроблено технологію фізико-хімічного очищення з відведенням очищеної води в систему водовідведення міста Харкова [5] та комплексну технологію фізико-хімічного та двоступеневого біологічного очищення стічних вод, впроваджену на м'ясопереробному

підприємстві в Рівненській області. В останній стічні води проходять повне очищення зі скидом очищеної води в річку Горинь. Технологія включає реагентну напірну флотацію на попередній стадії, двоступеневе аеробне біологічне очищення в аеротенках та знезараження. Використання технології дозволило очистити стічну воду від високих концентрацій органічних речовин, зависі, сполук азоту та фосфору до допустимих значень для скиду в річку. Ступінь очищення за органічними речовинами досягає 99%.

Другий напрямок досліджень пов'язаний з глибоким видаленням із стічних вод сполук азоту та фосфору. Прикладом розробки є надзвичайно ефективна технологія біологічного очищення стічних вод шкіряного заводу з глибоким видаленням сполук азоту [6], що було впроваджено на шкіряному заводі в місті Болехів Івано-Франківської області. Технологія включає (після попереднього механічного та фізико-хімічного очищення) біологічну стадію із зонами – анаеробною та аеробною, з рециркуляцією нітратного потоку з кінця аеробної зони в анаеробну для здійснення в останній процесу денітрифікації. Це дозволило значно знизити концентрацію амонійного азоту - з 200 мг/дм^3 на вході в анаеробну зону до $1,5 \text{ мг/дм}^3$ на виході з аеротенка при нормі скиду в річку - 2 мг/дм^3 .

Наступний напрямок досліджень пов'язаний з використанням для біологічного процесу іммобілізованих на синтетичних носіях мікроорганізмів. Мета досліджень – підвищити ефективність очищення стічних вод в аеротенках, анаеробних та інших біореакторах за рахунок збільшення біомаси мікроорганізмів в одиниці об'єму споруди, а отже, збільшити швидкість біохімічних процесів деструкції органічних речовин, вихід біогазу в анаеробних умовах, зменшити капітальні та експлуатаційні витрати на очищення. Досліджували різні типи носіїв: пластмасові носії – блочні, дисперсні, волокнисті капронові носії, біоплівку на носіях, представників мікроорганізмів [1]. Як показали результати, найкращим носієм є волокнистий з площею поверхні $4000 \text{ м}^2/\text{м}^3$. Проте недоліком його є складність індустріального виготовлення елементів носія, очистки поверхні тощо. Ці недоліки усуваються при використанні пластмасових носіїв.

Останнім часом все більше уваги приділяється в Україні і світі об'єктам сезонної роботи, до яких належать курорти, санаторії, бази відпочинку та ін., водовідведення і очищення стічних вод яких відрізняється від міст та підприємств. В цьому напрямку були проведені дослідження для Шацького національного природного парку Волинської області і розроблені технології очищення стічних вод. Стічні води від таких об'єктів містять значні концентрації сполук азоту (амонійний - до 40 мг/дм^3) та фосфору (фосфати - до 17 мг/дм^3), характеризуються сезонною нерівномірністю з невеликим припливом стічних вод в осінньо-весняний період та значним припливом – в літній.

Для очищення стічних вод запропоновано дві (паралельні) лінії очисних споруд, одна для населеного пункту з постійним надходженням стічних вод, а друга – для курорту, санаторіїв тощо. Біологічне очищення відбувається в аноксидній зоні – в денітрифікаторі, та аеробній зоні – нітрифікаторі, обидві зони устатковано носіями з іммобілізованими мікроорганізмами. Таке рішення дозволяє здійснити зупинку споруди біологічного очищення другої лінії на період осінь-зима-літо (за відсутності відпочиваючих). Носії з іммобілізованими мікроорганізмами у висушеному стані можна зберігати 9-10 місяців з подальшим відновленням активності мікроорганізмів в період запуску очисних споруд в роботу. Технологію впроваджено на очисних станціях в смт Шацьк та Світязь, очисні споруди збудовано та проведено їх налагодження, випробовування й запуск в експлуатацію з виведенням у робочий режим. Висока ступінь очищення стічних вод від забруднюючих речовин забезпечує їх видалення до нормативних вимог скиду в озеро Плотиччя.

Отже, розроблені технології показали після їх впровадження високу ефективність очищення стічних вод різного складу і концентрацій забруднюючих речовин як для локального очищення, так і в системах повного очищення стічних вод до вимог природних

водойм. Технологія з використанням іммобілізованих мікроорганізмів дає можливість значно збільшити концентрацію біомаси в одиниці об'єму очисної споруди, збільшити деструктивну потужність споруди, зменшити капітальні та експлуатаційні витрати на процес, особливо в умовах з недостатньою швидкістю росту біомаси мікроорганізмів (наприклад, в нітрифікаторі для нарощування автотрофних мікроорганізмів-нітрифікаторів) та показує перспективність її використання для очищення стічних вод з нерівномірним надходженням для об'єктів сезонної роботи.

Література

1. Sablii L., Zhukova V., Kozar M., Hrynevych A., Jaromin-Gleń K. Comparison of biofilm characteristics of different types of carriers for wastewater treatment / **Environmental Problems**. Lviv: Lviv Polytechnic National University, Vol. 10, No. 1, 2025. – P. 20-25. <https://doi.org/10.23939/ep2025.01.020>
2. Sablii L., Zhukova V., and Drewnowski J. (2024) The Strategies of Nutrient Removal Compounds from Wastewater by Using Higher Aquatic Plants in the Green Deal Implementation, Desalination and Water Treatment, 100954, ISSN 1944-3986 <https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100954>
3. Sablii L., Obodovych O., Sydorenko V. Efficiency of physical-chemical treatment of wastewater of the paper and cardboard factory / Journal of the Serbian Chemical Society, Belgrade, 2025. - V. 90, Issue 2. - P. 247-255. DOI: <https://doi.org/10.2298/JSC231206014S> ISSN - 2683-3867
4. Sablii L.A., Kika L.S. Efficiency of wastewater treatment from chloramphenicol using *Lemna minor*/Biotechnologia acta. T. 17, № 5, 2024. - P. 45-52. <https://doi.org/10.15407/biotech17.05.045>
5. Sabliy L., Zhukova V. Improvement of the technology of local wastewater treatment of the meat plants / Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування: колективна монографія / за ред. проф. Мальованого М.С. - Київ, Яроченко Я.В., 2022, 566 с. – С. 400 -410. ISBN 978-617-7826-23-0 (Online).
6. Sabliy L., Zhukova V., Kika L. Effective biological treatment of tannery wastewater from nitrogen compounds / ICAMS Proceedings of the 9th International Conference on Advanced Materials and Systems, (26th-28th October, 2022, Bucharest, Romania, Leather and Footwear Research Institute) – Bucharest 2022. - P. 213-218. ISSN: 2068-0783.

ТЕХНОЛОГІЯ ЗНЕЗАЛІЗНЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНОГО АПАРАТА

Саблій Л.А.¹, Ободович О.М.²

¹ Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна, м. Київ, e-mail: larisasabliy@ukr.net

² Інститут технічної теплофізики НАН України, Україна, м. Київ, e-mail: tdsittf@ukr.net

На більшості харчових підприємств для технологічного водопостачання використовують підземні води. Якість підземних вод в природних умовах по ряду показників не відповідає нормативним вимогам. Основною домішкою, яка впливає на якість підземних вод, являється залізо, збагачення яким проходить внаслідок вилужування залізовмісних порід [1].