

1. Trus, I. Comprehensive Saltwater Clearing Technology / I. Trus, H. Fleisher, M. Gomelya, V. Halysh, Y. Radovenchik // Metallurgical and Mining Industry. – 2018. – №2. – P. 17-21.
2. Гомеля М.Д. Оцінка впливу хлоридів на іонообмінне очищення води від нітратів / М.Д. Гомеля, В.М. Грабітченко, І.М. Трус // Экология и промышленность. – 2015. – № 1 (45). – С. 61–65.
3. Грабітченко В.М. Розділення сульфатів і нітратів під час іонообмінного знесолення води / В.М. Грабітченко, І.М. Трус, М.Д. Гомеля // Вісник національного технічного університету України «КПІ» Серія «Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження». – 2014. – № 2 (13). – С. 72-76.
4. Trus I. Effectiveness nanofiltration during water purification from heavy metal ions / I. Trus, M. Gomelya // Journal of Chemical Technology and Metallurgy. – 2021. – № 56(3). – P. 615–620.
5. Trus I. Low-Waste Technology for Water Purification from Iron Ions / I. Trus, V. Halysh, M. Gomelya, V. Radovenchik // Ecol. Eng. Environ. Technol. – 2021. – № 22(4). – P.116–123.
6. Гомеля М.Д. Очистка води від іонів важких металів відстоюванням, нанофільтруванням та флотацією / М.Д. Гомеля, І.М. Трус, О.В. Глушко // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І.Вернадського. – 2019. – Том 30 (69). – № 2. – С. 204-213.
7. Trus I. Ion-exchange separation of anions for the development of low-waste technologies for water demineralization / I. Trus, H. Fleisher, V. Vorobyova, O. Hlushko, M. Gomelya // Metallurgical and Mining Industry. – 2017. – №6. – P. 8-13.

НОВІТНІ БІОТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ВІД БІОГЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ, ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ВПРОВАДЖЕННЯ

Гриневич А.О., Саблій Л.А.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна.
abarabaha@gmail.com*

Біогенні елементи завжди присутні у певній мірі у стічних водах міста, а в деяких промислових стоках їх концентрація може сягати десятків грамів на дм^3 . Проте існуючі очисні споруди міст не здатні до видалення їх у потрібній мірі. Збільшення концентрації сполук азоту та фосфору, що відносяться до біогенних елементів, призводить до деградації водних екосистем, що полягає у надмірному розвитку водоростей, бактерій та пригніченні життєдіяльності риб.

Метою даної роботи є проведення аналізу сучасних біотехнологій очищення стічних вод від сполук азоту, визначення їх ефективності, особливостей, основних переваг та недоліків.

Найбільш поширеною біотехнологією, що дозволяє видалити до 90% азотовмісних сполук, є технологія нітрифікації/денітрифікації, яка була запатентована у 70-х роках 20-го сторіччя [1]. Це двоетапний процес, що виконується у двосекційних проточних реакторах. У аеробній секції відбувається повна нітрифікація, у анаеробній – денітрифікація. Реактори проточного типу виявились найбільш економічно доцільними, оскільки обидва процеси проходять паралельно у одному реакторі. Для запобігання інгібуванню анаеробів/аеробів контролюється рівень розчиненого кисню близько 2 мг/дм^3 .

Технологія А/О – є широко відомим прикладом застосування процесу нітрифікації. Реактор проточного типу складається з двох зон - аноксидної, де відбувається денітрифікація, та оксидної (аеробної), у якій проходить нітрифікація. Відповідно до даних дослідження [2], ефективність процесу складає 68% за ХСК, 93% за нітрогеном та 45% за фосфором. Потреба в електроенергії на аерацію та необхідність до використання додаткових джерел вуглецю складають основні витрати на утримання такої очисної споруди.

Після відкриття процесу ANAMMOX (anaerobic ammonium oxidation) наприкінці XIX ст. почалось інтенсивне його дослідження. Особливість процесу полягає у використанні бактеріями, що відносяться до типу *Planctomycetes*, аміаку як донору електрону та нітриту як його акцептору з утворення газоподібного азоту. Першою очевидною перевагою процесу є відсутність потреби у джерелах вуглецю, також, процес є анаеробним, що знижує витрати на експлуатацію установки. Проте, задля ефективного проходження процесу анамокс необхідне попереднє переведення частини азоту у форму нітритів, оскільки концентрація нітритів у стічних водах у більшості випадків є незначною, з огляду на те, що нітрити здатні легко окиснюватись до нітратів. Це може бути забезпечено процесом часткової нітрифікації.

Нітрифікація – основа технології SHARON (Single reactor High activity Ammonia Removal Over Nitrite). Процес нітрифікації зупиняють на стадії утворення нітриту, додаючи джерело вуглецю, для початку денітрифікації. Ефективність процесу за видаленням загального азоту досягає 75% [1].

Технологія SHARON є більш ефективною, за використання разом з ANAMMOX процесом. У цьому випадку її застосування обмежується частковою нітрифікацією. На прикладі станції Raques, Роттердам, ефективність даної технології сягає 90-95% по амонійному азоту, та 85% по загальному нітрогену [1,3]. Також, безсумнівною перевагою є економія 250 тон метанолу та 275000 кВт електроенергії щорічно.

Серед альтернативних технологій, близько 50% існуючих сьогодні очисних споруд із технологією анамокс припадає на реактори SBR (Sequencing batch reactors). Це циклічна система, що загалом включає механічну очистку, біологічну аерацію та відстійник. Найпоширеніший приклад – реактор DEMON, що був започаткований у Австрії. Його перевагою є контроль процесу за показником рН. Окрім того, селективне утримання біомаси (бактерій анамокс), що повільно розвивається, дозволяє своєчасно видалити частину, що відповідає за утворення нітриту, невеликими частинками, тим самим забезпечуючи високу ефективність процесу - близько 93% по видаленню загального азоту [1].

Важливо відмітити технології часткової нітрифікації/анамоксу з використанням біоплівки у MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor). Прикладами їх впровадження є DeAmmon (Німеччина) та ANITAMox (Швейцарія). Перша станція складається з відстійника, трьох реакторів із плаваючою плівкою та кінцевою дегазацією. Використання інтегрованої конфігурації фіксованого плівкового активного мулу (IFAS) у технології ANITAMox є особливістю, що дозволила збільшити продуктивність у 3-4 рази. IFAS дозволяє одночасно розвиватись обом популяціям бактерій як аеробним, так і анаеробним, при тому забезпечуючи додаткову біомасу на одиницю об'єму реактору за рахунок фіксованого середовища (плівки). Ефективність видалення загального азоту за технологією DeAmmon складає 86%, за технологією ANITAMox – 90% за амонійним азотом на нітратами [1,4].

Близькою технологією до IFAS є TERRANA (Німеччина). Особливість її полягає у використанні бентонітової глини як субстрату для іммобілізації культур мікроорганізмів. Невеликі шматочки глини додаються до завислого мулу, для покращення процесів осадження та іммобілізації бактерій анамокс [5]. Окрім того, використання глини

призводить до підлучування середовища, що полегшує очистку буферизованих систем. Ефективність очищення досягає 90% по загальному нітрогену [1].

Технологія NAS (New activated sludge) є гібридним поєднанням процесу нітрифікації та часткової нітритації/анамокс. Установа складається з аеробного та анаеробного відсіків. У першому частина амонійного азоту окиснюється до нітриту, інша до нітрату, одночасно знижуючи ХСК. У безкисневому відсіку проходить денітрифікація нітратів. А залишок нітритів та амонію перетворюється бактеріями анамокс у газоподібний азот. Весь азот, що залишився у процесі, денітрифікується під час внутрішньої циркуляції [1,6]. Ефективність даного процесу досягає 98% видалення азоту із стічних вод [1].

Велика кількість різноманітних біотехнологій були вдало впроваджені для очищення стоків від сполук азоту. Ефективність критичної більшості з них більше 90%, а такі концепції як NAS, DEMON та SHARON/ANAMMOX досягають показників 93-98% видалення нітрогену. Можливість очищення стоків із дуже низьким співвідношенням C:N, низький ступінь енерговитрат відносяться до безсумнівних переваг. Однак, проблеми що стосуються більшості технологій, накопичення певних сполук азоту, випадки піноутворення, накип на комунікаціях, та проблеми осадження та відділення твердих часток потребують подальших досліджень та оптимізації умов експлуатації очисних споруд.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Full-scale partial nitritation/anammox experiences – An application survey / Susanne Lackner, Eva M.Gilbert, Siegfried E.Vlaeminck та ін.]. // WATER RESEARCH. – 2014. – №55. – С. 292–303.
2. Bacterial community analysis of anoxic/aeration (A/O) system in a combined process for gibberellin wastewater treatment / Erming Ouyang, Yao Lu, Jiating Ouyang та ін.]. // PLoS ONE. – 2017. – №12. – С. 10.
3. U. van Dongen. The SHARON®-Anammox® process for treatment of ammonium rich wastewater / U. van Dongen, M.S.M. Jetten, M.C.M. van Loosdrecht. // Water Science and Technology. – 2014. – №1. – С. 153–160.
4. Swedish Experience of the Deammonification Process in a Biofilm System / Elzbieta Plaza, Sara Stridh, Jannice Örnmark та ін.]. // Proceedings of the Water Environment Federation. – 2011. – №1. – С. 1067–1079.
5. K. John. Kläranlage Rinteln setzt auf SB-Reaktor mit TERRANA®. / K. John. // Wasserlinse. – 2010. – С. 4–5.
6. Floc-based sequential partial nitritation and anammox at full scale with contrasting N₂O emissions / J. Desloover, J. Colsen, H. De Clippeleir та ін.]. // WATER RESEARCH. – 2011. – №45. – С. 2811–2821.