

## СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИЛУЧЕННЯ АЗОТУ ЗІ СТІЧНИХ ВОД

О. М. Швед  
Р. О. Петріна  
О. Я. Карпенко  
В. П. Новіков

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

E-mail: [vnovikov@polynet.lviv.ua](mailto:vnovikov@polynet.lviv.ua)

Отримано 24.01.2014

Викладено результати аналізу сучасних технологій, а також тенденцій та напрямів їх розвитку в галузі очищення стічних вод в Україні та світі. Проаналізовано законодавчі документи і систему державного регулювання та контролю в галузі водовідведення й очищення стічних вод України. Наведено інформацію про урядові програми, спрямовані на захист природних водних об'єктів. Досліджено світові тенденції у розвитку біотехнологій в галузі очищення стічних вод від сполук азоту. Здійснено аналіз традиційних (нітрифікація-денітрифікація) та новітніх біотехнологій очищення стічних вод від неорганічних сполук азоту. Подано інформацію про основні технології видалення азоту зі стічних вод. Наведено основні переваги та недоліки цих біотехнологій. Визначено, що головна проблема в галузі водовідведення та очищення стічних вод в Україні — використання застарілих технологій та нормативної документації, що є наслідком відсутності достатнього фінансування галузі та низького рівня екологічної свідомості уряду і населення.

**Ключові слова:** стічні води, біогенні елементи, біологічне очищення.

*Сучасний стан галузі очищення стічних вод в Україні.* Система централізованого водовідведення України складається з майже 50 тис. км інженерних мереж, 3,2 тис. насосних станцій та 1,3 тис. каналізаційних очисних споруд. Водночас 12 міст, 345 селищ міського типу та 95% усіх сільських населених пунктів не оснащено централізованими системами каналізації, а у 187 міських населених пунктах очисні каналізаційні споруди працюють неефективно. Велику кількість каналізаційних очисних споруд (КОС) виведено з експлуатації, водночас системи каналізації та насосні станції, що транспортують забруднені стоки на ці КОС, досі функціонують. Як наслідок, стоки, що мають бути знешкожені, потрапляють у навколишнє природне середовище абсолютно або недостатньо очищеними, створюючи таким чином серйозну загрозу життю та здоров'ю населення [1–3].

Найбільш широко використовуваною технологією очищення стічних вод на українських комунальних КОС є технологія біологічного очищення в аеротенках з ви-

користанням асоціації мікроорганізмів — активного мулу. Переважну більшість споруд очищення зведено у радянський період (до 1990 р.), на базі технічних рішень 60–70-х років минулого століття. Проектуючи очисні споруди, відповідно до вимог нормативних документів, враховували лише два показники: біохімічне споживання кисню (БСК) та вміст завислих речовин [4]. Характерними недоліками більшості КОС України є низька енергоефективність, низький рівень очищення стоків, зокрема від біогенних елементів (азоту та фосфору) [5], а також невирішені питання утилізації осадів та біомаси активного мулу [6]. Недосконалим є нормативне забезпечення галузі водоочищення [7].

Попри незадовільний стан галузі позитивним фактом є створення та впровадження державних програм з фінансування заходів, спрямованих на захист природних водних об'єктів. Найбільш масштабними програмами у цій сфері є загальнодержавні цільові програми «Розвиток водного господарства та екологічне оздоровлення басейну річки Дніпро

на період до 2021 року» та «Питна вода України на 2011–2020 роки», які передбачають фінансування галузі у розмірі 46,4 млрд. грн. та 9,4 млрд. грн. відповідно [8–10].

Урядова «Концепція програми розвитку та реконструкції централізованих систем водовідведення населених пунктів на 2012–2020 роки» визначає, що для забезпечення відповідного захисту природних водних об'єктів необхідними є реконструкція та будівництво 1 тис. каналізаційних очисних споруд [1].

Для уникнення існуючих в галузі проблем у майбутньому вкрай важливо під час проектування, реконструкції та спорудження нових систем очищення стічних вод використовувати новітні технології та сучасні стандарти.

*Сучасні підходи до біологічного очищення стічних вод від сполук азоту.* У побутові стічні води сполуки азоту надходять переважно з продуктами життєдіяльності людини. У неочищених міських стічних водах міститься в середньому від 15 до 60 мг/л азоту, в основному в мінеральній ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) та органічній (амінокислоти, протеїни та інші органічні сполуки) формах. Близько 80–90% усіх азотовмісних сполук у побутових стічних водах міститься у вигляді аміаку та сечовини [11, 12]. Таким чином, перед комунальними господарствами постає проблема видалення амонійного азоту зі стічних вод.

Через недосконалість технологій на більшості українських КОС відсутні стадії очищення від біогенних елементів (фосфору та азоту), що спричинює потрапляння сполук цих елементів у великих кількостях у довкілля. У разі надходження азоту та фосфору в надмірних кількостях у природні водойми відбувається їх евтрофікація, що призводить до загибелі флори і фауни. У результаті інфільтрації неочищених стічних вод у ґрунт відбувається забруднення ґрунтових вод. На забруднених ділянках у сільськогосподарських районах концентрація іонів амонію у ґрунтових водах може досягати 300, а в промислових районах — до 3000 мг/л [13], що робить ці води непридатними до споживання без спеціального попереднього очищення. Тому для запобігання забрудненню довкілля потрібно ефективно очищати стічні води.

У вирішенні проблем очищення стоків на особливу увагу заслуговують біотехнологічні методи. Очищення з використанням мікроорганізмів є основою зовні простого, але насправді високоорганізованого процесу біологічного перетворення забруднювальних речовин на нетоксичні продукти, а стічної

води, відповідно, на екологічно безпечну та біологічно повноцінну [14]. Біотехнологічні методи здатні забезпечити потрібний рівень очищення, не потребують значних економічних затрат і можуть бути застосовані у великому масштабі [15].

Традиційним методом вилучення неорганічних сполук азоту зі стічних вод є біологічна нітрифікація-денітрифікація. Цей метод полягає у послідовному біохімічному окисненні амонійного азоту до нітратів з наступним відновленням нітратів до вільного азоту з використанням органічного субстрату. Існують такі технологічні схеми цього процесу: одноступінчаста одномулова; з ендогенним субстратом; з попередньою денітрифікацією; Альфа; Bardenpho; Phoredox. Проте традиційні методи очищення стічних вод не завжди гарантують достатній рівень очищення від сполук азоту і при цьому потребують надзвичайно високих капітальних та експлуатаційних затрат, внесення додаткових субстратів і високих енергозатрат. І це закономірно, адже, для прикладу, біотехнологію очищення стічних вод активним мулом вперше було запропоновано й реалізовано в Англії ще в 1914 р. і відтоді вона принципово не змінилася [16].

Світові тенденції в розвитку біотехнологій у галузі очищення стічних вод від неорганічних сполук азоту полягають у розробленні нових низькозатратних та високоефективних технологій очищення, що реалізуються згідно з принципами сталого розвитку [17]. Фактором, що стимулює розвиток і впровадження нових технологій у розвинених країнах, є встановлення вищих законодавчих норм щодо якості очищення стічних вод, а також збільшення навантаження на вже існуючі споруди, що потребує їх реконструкції або оптимізації.

До найбільш відомих новітніх технологій очищення стічних вод від сполук азоту належать такі:

- анаеробне окиснення амонію (ANAMMOX<sup>®</sup>);
- нітрифікація-денітрифікація (SHARON<sup>®</sup>);
- часткова нітрифікація, поєднана з анаеробним окисненням амонію в двох окремих реакторах (SHARON<sup>®</sup> — ANAMMOX<sup>®</sup>);
- часткова нітрифікація, поєднана з анаеробним окисненням амонію в одному реакторі (CANON);
- нітрифікація-денітрифікація з лімітованою аерацією (OLAND);
- поєднання денітрифікації та анаеробного окиснення амонію (DEAMOX);

- поєднання часткової нітрифікації, анаеробного окиснення амонію та денітрифікації (SNAD);
- стимуляція нітрифікації (BABE);
- денітрифікація з використанням метану як донора електронів (N-DAMO);
- нітрифікація-денітрифікація у мікробних паливних елементах;
- нітрифікація у мембранних біореакторах.

Останнім відкриттям у мікробному азотному циклі є процес анаеробного окиснення амонію (anaerobic ammonium oxidation) — анамокс (ANAMMOX)-процес, який полягає в анаеробному окисненні амонію до вільного азоту з використанням нітриту як акцептора електронів [18]. Відкриття голландськими вченими анамокс-процесу та анамокс-бактерій у 1999 р. стало передумовою для розвитку новітніх сталих технологій очищення стічних вод від сполук азоту [19].

Традиційна технологія нітриденітрифікації (рис. 1) з використанням хемолітоавтотрофів складається з трьох стадій: 1) окиснення аміаку до нітриту (нітрифікація); 2) окиснення нітриту до нітрату (нітратація); 3) трансформація нітратів до вільного азоту з додаванням органічних сполук (денітрифікація).

Анамокс-процес полягає у прямому окисненні аміаку нітритами до вільного азоту (рис. 2). Лише половину амонію попередньо необхідно окиснити до нітритів. Процес проходить в анаеробних умовах у широкому діапазоні температур. Кінцевим продуктом є інертний газоподібний азот, що легко видаляється з реакційного середовища.

Перевагами застосування технології ANAMMOX<sup>®</sup> є:

- зниження енергетичних затрат порівняно з традиційною нітрифікацією-денітрифікацією до 60–90% [19];
- відсутність потреби у додатковому джерелі вуглецю;

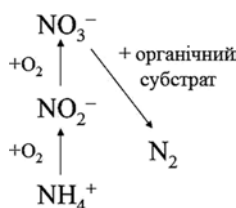


Рис. 1. Схема традиційного процесу видалення сполук азоту

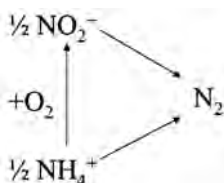


Рис. 2. Схема анамокс-процесу

- зниження рівня утворення CO<sub>2</sub> до 90% ;
- зменшення кількості надлишкового активного мулу;
- висока ефективність усунення азоту;
- менший водний відбиток процесу.

Інша альтернативна технологія, що її було розроблено в Нідерландах у 1998 р., — нітрифікація-денітрифікація в одному реакторі — SHARON<sup>®</sup> (single reactor high activity ammonia removal over nitrite). Процес полягає в окисненні амонійного азоту стічних вод до нітриту з подальшим відновленням нітриту до вільного азоту в одному реакторі. Процес ґрунтується на різниці швидкостей росту бактерій, які окиснюють амоній (*Nitrosomonas* і *Nitrosococcus*), та тих, що окиснюють нітрит (*Nitrobacter*) за високих температур (> 26 °C). Процес нітрифікації вдається зупинити на першій стадії шляхом контролю часу перебування активного мулу в біореакторі на рівні, нижчому за необхідний для розвитку бактерій роду *Nitrobacter*, але достатньому для розвитку *Nitrosomonas* і *Nitrosococcus*. Після окиснення амонію до нітриту в реактор додають органічний субстрат (метанол) і вимикають аерацію, що забезпечує трансформацію нітриту денітрифікуючими гетеротрофними бактеріями у вільний азот. Система працює без рециркуляції активного мулу [20].

Для забезпечення анамокс-процесу необхідним є попереднє окиснення половини амонійного азоту до нітритів. Із цією метою часто поєднують модифікований процес нітрифікації-денітрифікації з анамокс-процесом — технологія SHARON<sup>®</sup> — ANAMMOX<sup>®</sup>. Процес проводять послідовно у двох окремих реакторах. При цьому в реакторі SHARON<sup>®</sup> відбувається окиснення половини амонію стічних вод до нітриту, внаслідок чого утворюються розчини зі співвідношенням концентрації амонію до нітриту 1:1. Це досягається завдяки тому, що за окиснення 50% амонію значення рН зростає до 6,7, унаслідок чого подальше окиснення амонію припиняється. Наступна стадія полягає в перекачуванні одержаного розчину в анаеробний анамокс-реактор, де відбувається анаеробне окиснення нітритами амонію до вільного азоту [21].

Часткову нітрифікацію та анаеробне окиснення амонію можна також проводити в одному реакторі, така технологія отримала назву CANON (completely autotrophic nitrogen removal over nitrite) — повне автотрофне видалення азоту через нітрит. При цьому аеробні бактерії, що окиснюють амоній до нітриту, утворюють разом з анамокс-бактеріями спільну культуру. Це можливо за об-

меженої аерації (0,2 мг розчинного кисню — РК л<sup>-1</sup>), що лімітує нітрифікацію і утворення нітратів. Спільні культури формують гранулярний мул, що забезпечує одночасне проходження аеробних та анаеробних амоній-окиснювальних реакцій — окиснення амонію до вільного азоту через проміжний продукт нітрит. У середовищі, що оточує гранули мулу, існують аеробні умови, що сприяє розвитку нітрифікуючих бактерій, тимчасом як у центрі гранул існують анаеробні умови і відбувається анамокс-процес [21, 22].

Певною модифікацією технології CANON є OLAND (oxygen-limited autotrophic nitrification-denitrification)-процес — автотрофна нітрифікація-денітрифікація з лімітованою аерацією. Існують дві технології, що ґрунтуються на цьому процесі: одностадійна система з використанням обертового біореактора (Rotating biological contactor — RBC) та двостадійна система із застосуванням мембранних біореакторів (MBR) [21–23]. У результаті здійснення процесу амоній переходить у вільний азот [24].

Технологія, що передбачає поєднання анамокс-процесу з денітрифікацією, дістала назву DEAMOX (denitrifying ammonium oxidation). Її можна використовувати для очищення стічних вод з високою концентрацією азотних та органічних забруднень. Поєднання анамокс-процесу з денітрифікацією забезпечує подолання притаманних першому незначних недоліків: відновлення нітратів, що в невеликій кількості утворюються під час анамокс-процесу завдяки денітрифікуючим бактеріям, до вільного азоту. При цьому нітрити, утворювані за денітрифікації, можуть використовуватися для окиснення амонію. Технологія не передбачає аерації, що зумовлює незначні експлуатаційні затрати [24, 25].

Нещодавно було розроблено нову технологію очищення стічних вод, що поєднує процеси денітрифікації з частковою нітрифікацією та анамокс-процесом, — SNAD (simultaneous partial nitrification, anammox and denitrification) [25, 26].

Технологія ВАВЕ (bio-augmentation batch enhanced) полягає у стимулюванні нітрифікації в головному реакторі шляхом встановлення невеликого реактора для культивування нітрифікуючих бактерій. У реактор ВАВЕ подається частина зворотного активного мулу, а також висококонцентровані амонійні стоки. Процес відбувається за вищих температур, ніж у головній системі очищення, що забезпечує більшу ефективність. Застосування цієї технології дає змогу одержати повну нітрифікацію за незначного

часу перебування активного мулу в основному реакторі (аеротенку) [25, 27].

Технологія денітрифікації з використанням метану як донора електронів — N-DAMO (nitrite-dependent anaerobic methane oxidation) полягає в анаеробному відновленні нітриту до вільного азоту. У поєднанні з анамокс-процесом її можна застосовувати для очищення стоків з анаеробних дайджестерів, які містять велику кількість амонійного азоту та розчиненого метану [28, 29].

Перспективною є технологія усунення азоту зі стічних вод, що базується на проведеної нітрифікації-денітрифікації в мікробних паливних елементах з одержанням електроенергії. Ця технологія передбачає використання подвійного (аеробного і анаеробного) катоду, що уможливило отримання більшої кількості електроенергії та підвищення ефективності очищення стічних вод від азоту та органічних сполук [30].

Набуває також поширення застосування технології очищення стічних вод у мембранних біореакторах (Membrane bioreactors — MBR), що ґрунтується на використанні біодеградабельних властивостей активного мулу та мембран для відділення твердих частинок (активного мулу) від рідини. Її застосовують для вторинного очищення стічних вод від біодеградабельних речовин, переважно органічних. Ця технологія також здатна забезпечити повну нітрифікацію амонійних сполук навіть за наднизьких температур. Прийнятні показники очищення досягаються завдяки вирішенню проблеми осадження активного мулу, яка характерна для традиційної технології очищення в аеротенках. Це дає змогу підвищити вік активного мулу до 15 діб. Недоліком її є вищі капітальні й експлуатаційні витрати порівняно з традиційною технологією очищення в аеротенках, при цьому існує проблема передчасного засмічення мембран. Проте ця технологія набуває дедалі ширшого застосування, а тому вартість таких систем стабільно знижується. Враховуючи невеликий водний відбиток (кількість безпосередньо чи опосередковано використаної чистої води, що є необхідною для забезпечення певного процесу або виготовлення продукту) і високу якість очищеної води, технологія очищення стічних вод у мембранних біореакторах може бути застосована для систем повторного використання води [31].

*Наведені вище технології є найбільш перспективними до застосування на сучасному етапі розвитку науки. Проте для вибору оптимальної технології очищення під*

час проектування очисних споруд у кожному окремому випадку слід розглядати такі параметри, як склад стічних вод об'єкта,

наявність вільних площ для зведення очисних споруд, клімат території, наявність економічних ресурсів тощо.

### REFERENCES

1. The concept of "State Program for Development and Reconstruction of the Centralized Sewage Systems for Settlements in the Years 2012-2020" Available at: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1004-2011-p> (accessed 5 January 2013). (In Ukrainian).
2. Gaichenko V. A., Koval H. M., Buravlov Ye. P. Basics of human vital functions safety. *Kyiv: MAUP*. 2006, 440 p. (In Ukrainian).
3. Shved O. M., Petrina R. O., Stadnytska N. Ye., Hubrii Z. V., Novikov V. P. Complex biological treatment of polluted water and bioremediation of environment. *Proceedings of the VIII International Conference daRostim 2012. Microbial biotechnology: activities and future*. *Kyiv: Nichlava*. 2012, P. 349–350. (In Ukrainian).
4. Schetinina A. I., Meshengisser Yu. M., Esin M. A., Malbiev B. Yu., Regotun A. A. Experience of reconstruction of treatment facilities by application of technology of nitrification-denitrification. *Vodopostachannia ta vodovidvedennia*. 2011, N3, P. 41–49. (In Russian).
5. Ivanova I. M., Shevchenko O. O. Application of nitrification-denitrification technology for effective wastewater treatment. *Chernihivskiyi Naukovyi Chasopys. Seriya 2: Technika i pryroda*. 2011, 2(2), P. 108–112. (In Ukrainian).
6. Oliferchuk V. P., Matviienko M. T. Biogas production by anaerobic digestion of sewage sludge at wastewater treatment plants. *Naukovyi visnik NLTU Ukrainy*. 2012, 22(11), P. 114–119. (In Ukrainian)
7. Regulation of surface water protection from pollution by return waters. Available at: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/465-99-p> (accessed 5 January 2013). (In Ukrainian).
8. National Target Program of water management development and environmental rehabilitation of the Dnipro River basin for the period until 2021. Available at: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4836-17> (accessed 5 January 2013). (In Ukrainian).
9. National Target Program «Drinking Water of Ukraine» for 2011-2020. Available at: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2455-15> (accessed 5 January 2013). (In Ukrainian).
10. Regional program «Drinking Water of Ukraine» in Lviv region for 2012 — 2020. Available at: [www.oblrada.lviv.ua/programs/2014/Rishennya/546.doc](http://www.oblrada.lviv.ua/programs/2014/Rishennya/546.doc) (accessed 5 January 2013). (In Ukrainian).
11. Kovalchuk V. A. Wastewater treatment: Textbook for students. *Rivne: VAT Rivnenska drukarnia*. 2002, 622 p. (In Ukrainian).
12. Zhmur N. S. Technological and biochemical processes of wastewater treatment at treatment plants with aeration tanks. *Moscow: Akvaros*. 2003, 512 p. (In Russian).
13. Zakutin V. P., Chugunova N. N., Fetisenko D. A., Panteleeva Z. N. Ammonium-containing ground water. *Vodnyie resursy*. 1995, 22(6), P. 729–737. (In Russian).
14. Shved O. V., Mykoliv O. B., Komarovska-Porokhniavets O. Z., Novikov V. P. Environmental biotechnology: Textbook. Book I. *Lviv: Vydavnytstvo Natsionalnoho universytetu Lvivska politechnika*. 2010, 424 p. (In Ukrainian).
15. Novikov V., Sydorov Yu., Shved O. Trends in the development of commercial biotechnology. *Visnyk NAN Ukrainy*. 2008, N 2, P. 25–39. (In Ukrainian).
16. Gvozdiak P. By the principle of Biological pipeline. *Visnyk NAN Ukrainy*. 2003, N 3, P. 29–36. (In Ukrainian).
17. Van der Vleuten-Balkema A. J. Sustainable wastewater treatment, developing a methodology and selecting promising systems (Doctoral dissertation). Available at: <http://alexandria.tue.nl/extra2/200312971> (accessed 14 October 2014)
18. Ward B. B., Capone D. G., Zehr J. P. What's New in the Nitrogen Cycle? *Oceanography*. 2011, V. 20, P. 101–109.
19. Op den Camp H. J. M., Kartal B., Guven D., van Niftrik L. A. M. P., Haaijer S. C. M., van der Star W. R. L., van de Pas-Schoonen K. T., Cabezas A., Ying Z., Schmid M. C., Kuypers M. M. M., van de Vossenberg J., Harhangi H. R., Picioroanu C., van Loosdrecht M. C. M., Kuenen J. G., Strous M., Jetten M. S. M. Global impact and application of the anaerobic ammonium-oxidizing (anammox) bacteria. *Biochemical Society Transactions*. 2006, V. 34, P. 174–178.
20. Schmidt I., Sliemers O., Schmid M., Bock E., Fuerst J. A., Kuenen J. G., Jetten M. S. M., Strous M. New concepts of microbial treatment processes for the nitrogen removal in wastewater. *FEMS Microbiology Reviews*. 2003, V. 27, P. 481–492.
21. Li A., Sun G., Xu M. Recent Patents on Anammox Process. *Recent Patents on Engineering*. 2008, 2, P. 189–194.
22. Shivaraman N., Shivaraman G. Anammox — a novel microbial process for ammonium removal. *Current science*. 2003, 84(12), 1507–1508.
23. Brandes J. A., Devol A. H., Deutsch C. New developments in the marine nitrogen cycle. *Chemical Reviews*. 2007, 107, P. 577–589.
24. Sablii L. A., Zhukova V. S. Modern biotechnologies of ammonium removal from wastewater. *Visnyk NUVHP*. 2010, 1(49), 25–31. (In Ukrainian).

25. Bertino A. Study on one-stage partial nitrification-anammox in moving bed biofilm reactors: a sustainable nitrogen removal (Master thesis). Available at: [http://www2.lwr.kth.se/Publikationer/PDF\\_Files/LWR\\_EX\\_11\\_05.pdf](http://www2.lwr.kth.se/Publikationer/PDF_Files/LWR_EX_11_05.pdf) (accessed 14 October 2014)
26. Xu Z. Y., Zeng G. M., Yang Z. H., Xiao Y., Cao M., Sun H. S., Ji L. L., Chen Y. Biological treatment of landfill leachate with the integration of partial nitrification, anaerobic ammonium oxidation and heterotrophic denitrification. *Bioresource Technology*. 2010, V. 101, P. 79–86.
27. Van Loosdrecht M. Innovative N-removal processes: Introduction. (I-learning course). Available at: <http://www.lifeleachate.com/docs/VanLoosdrecht.pdf> (accessed 14 October 2014).
28. Costa C., Dijkema C., Friedrich M., Garcia-Encina P., Fernández-Polanco F., Stams A. J. Denitrification with methane as electron donor in oxygen-limited bioreactors. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2000, 53(6), 754–762.
29. Luesken F. A., Sánchez J., van Alen T. A., Sanabria J., Op den Camp H. J., Jetten M. S., Kartal B. Simultaneous nitrite-dependent anaerobic methane and ammonium oxidation processes. *Appl. environ. microbiol.* 2011, 77(19), P. 6802–6807.
30. Zhang F., He Z. Simultaneous nitrification and denitrification with electricity generation in dual-cathode microbial fuel cells. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 2012, V. 87, P. 153–159.
31. Wastewater treatment best practices. Minnesota water sustainability framework. Available at: [http://wrc.umn.edu/prod/groups/cfans/@pub/@cfans/@wrc/documents/asset/cfans\\_asset\\_292046.pdf](http://wrc.umn.edu/prod/groups/cfans/@pub/@cfans/@wrc/documents/asset/cfans_asset_292046.pdf) (accessed 5 January 2013).

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ АЗОТА ИЗ СТОЧНЫХ ВОД

О. М. Швед, Р. О. Петрина,  
О. Я. Карпенко, В. П. Новиков

Национальный университет  
«Львовская политехника», Украина

E-mail: [vnovikov@polynet.lviv.ua](mailto:vnovikov@polynet.lviv.ua)

Изложены результаты анализа современных технологий, а также тенденций и направлений их развития в области очистки сточных вод в Украине и мире. Проанализированы законодательные документы и система государственного регулирования и контроля в области водоотведения и очистки сточных вод Украины. Приведена информация о правительственных программах, направленных на защиту природных водных объектов. Исследованы мировые тенденции в развитии биотехнологий в области очистки сточных вод от соединений азота. Осуществлен анализ традиционных (нитрификация-денитрификация) и новейших биотехнологий очистки сточных вод от неорганических соединений азота. Представлена информация об основных технологиях удаления азота из сточных вод. Приведены основные преимущества и недостатки этих биотехнологий. Определено, что главной проблемой в области водоотведения и очистки сточных вод в Украине является использование устаревших технологий и нормативной документации, что является следствием отсутствия достаточно финансирования отрасли, а также низкого уровня экологического сознания правительства и населения.

**Ключевые слова:** сточные воды, биогенные элементы, биологическая очистка.

## CURRENT TECHNOLOGIES OF AMMONIUM WITHDRAWAL FROM WASTEWATER

O. M. Shved, R. O. Petrina,  
O. Y. Karpenko, V. P. Novikov

Lviv Polytechnic national University, Ukraine

E-mail: [vnovikov@polynet.lviv.ua](mailto:vnovikov@polynet.lviv.ua)

The results of analysis of the current technologies, as well as their trends and developments in the field of wastewater treatment in Ukraine and the world are given. The legal documents and the system of state regulation and control in the field of sanitation and wastewater treatment in Ukraine have been analyzed. The information about government programs aimed at protecting the natural water bodies is also included. The global trends concerning development of biotechnology in the field of wastewater from nitrogen compounds have been investigated. The analysis of traditional (nitrification-denitrification) and the latest biotechnology wastewater from inorganic nitrogen has been done. Current status of the present key technologies of nitrogen removal from wastewater has been formulated. The main advantages and disadvantages of these biotechnologies are described. It was determined that a major problem in the field of sanitation and wastewater treatment in Ukraine is the usage of outdated technologies and regulatory documentation that is a consequence of the lack of sufficient funding for the sector and the low level of environmental awareness of the government and the population.

**Key words:** wastewater, nutrients, biological treatment.