

УДК 628.358

КОМПЛЕКС ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

Бляшина М.В., к.т.н.,
Грицина О.О., к.т.н., доцент,
Жукова В.С., к.т.н.,

Національний Університет водного господарства та природокористування
mariya_m2007@ukr.net

Анотація. Розроблено комплексну біотехнологію анаеробно-аеробного видалення органічних забруднень, сполук азоту та фосфору із міських стічних вод з використанням іммобілізованих мікроорганізмів. Це дозволило підвищити ефективність очищення міських стічних вод до діючих нормативів і зменшити витрати на будівництво та експлуатацію. Ефект видалення органічних речовин з господарсько-побутових стічних вод становить 97...99%, азоту амонійного – 98...99%, фосфатів – 93...95 %.

Комплексне очищення стічних вод з використанням тепла стічних вод тепловими насосними установками (ТНУ) дозволить вирішити ряд галузевих та регіональних проблем. Встановлені закономірності дозволять покращити екологічний стан водних об'єктів України, знизити використання обмежених енергетичних ресурсів, таких як природний газ.

Ключові слова: стічні води, біологічна очистка, іммобілізовані мікроорганізми.

КОМПЛЕКС ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Бляшина М.В., к.т.н.,
Грицына О.О., к.т.н., доцент,
Жукова В.С., к.т.н.,

Национальный университет водного хозяйства и природопользования
mariya_m2007@ukr.net

Аннотация. Разработана комплексная биотехнология анаэробно-аэробного удаления органических загрязнений, соединений азота и фосфора из городских сточных вод с использованием иммобилизованных микроорганизмов. Это позволило повысить эффективность очистки городских сточных вод к действующим нормативам и уменьшить расходы на строительство и эксплуатацию. Эффект удаления органических веществ с хозяйственно-бытовых сточных вод составляет 97 ... 99%, азота аммонийного – 98 ... 99%, фосфатов – 93 ... 95%.

Комплексная очистка сточных вод с использованием тепла сточных вод тепловыми насосными установками (ТНУ) позволит решить ряд отраслевых и региональных проблем. Установленные закономерности позволят улучшить экологическое состояние водных объектов Украины, снизить использование ограниченных энергетических ресурсов, таких как природный газ.

Ключевые слова: сточные воды, биологическая очистка, иммобилизованные микроорганизмы.

**COMPLEX OF ENERGY-EFFICIENT TECHNOLOGIES
OF WASTE WATER TREATMENT**

Blyashyna M.V., PhD,
Oleksandr Hrytsyna, PhD, Assistant Professor,

Abstract. On the basis of theoretical and experimental studies of biological treatment in anaerobic, anoxic, aerobic conditions complex technology of removing organic contaminations, nitrogen and phosphorus compounds from municipal waste water has been developed. Immobilized microorganisms were used to improve the efficiency of treatment of urban waste water and to ensure all relevant regulations providing the reduction of the cost of construction and operation. The effect of the removal of organic matter makes 97-99 %, ammonia nitrogen – 98-99%, phosphates – 93-95 %.

The range of process and design parameters of the bioreactor with immobilized microorganisms was established on the basis of theoretical and experimental studies of the sequence of anaerobic, aerobic and anoxydic zones for effective integrated treatment of urban waste water. The possibility of the use of anaerobic-aerobic biotechnology with attached microorganisms in seasonal waste water treatment plants was confirmed. It was determined that the optimal time of being in the bioreactor is 4-6 hours.

On the basis of theoretical and experimental researches it is proposed to develop and improve the complex of energy-efficient technologies for waste water treatment using sewage heat from civic and military projects. Integrated waste water treatment with the use of heat pumps will solve a number of sectoral and regional problems. The search of rational parameters of biological treatment and heat transfer is valuable for the world and domestic science. The determined dependences will improve the ecological state of water projects in Ukraine and reduce the usage of limited energy resources like natural gas and biomass of trees.

Keywords: waste water, biological treatment, immobilized microorganisms.

Вступ. Ресурс природних корисних копалин з кожним роком зменшується. Питання збереження водних об'єктів та їх раціонального використання не лише байдужим навіть звичайного пересічного громадянина, не кажучи про науковців та державних чиновників. З кожним роком ціна на природні корисні копалини зростає, що зумовлює кожного громадянина до економії та раціонального використання.

В процесі очищення стічних вод залишається один вільний ресурс, який впродовж років мало використовувався, але з кожним роком увага до нього все більше зростає. Це утилізація тепла стічних вод. Із розвитком технологій в області теплових насосів, можливість використання тепла стічних вод, стала ще більш можливою.

Пошук раціональних параметрів роботи комплексу технологій з очищення стічних вод та використання тепла стічних вод, є актуальним. Зокрема в програмах Департаменту Енергетики (США), програмі Республіки Чехії “Утилізація тепла із стічних вод в комбінованих каналізаційних системах”. Науковці різних країн розробляють рекомендації з врахуванням специфіки кліматичних зон своїх країн, екологічного менталітету населення тощо.

В країнах Європи та Північної Америки тепловий потенціал стічних вод використовується ще з 80-х років ХХ ст. В нашій країні можливості використання теплових насосів для акумулювання тепла із стічних вод лише набувають поширення. Практичного досвіду із застосування теплових насосів для стічних вод досить мало, щоб повністю оцінити економічний та раціональний ефект від їх застосування. Питаннями використання тепла стічних вод тепловими насосами займалися вітчизняні та зарубіжні вчені, такі як: Ю.Ф. Снежкін, С.С. Титарь, Т.С. Кугаєвська, Lucio Postrioti, Giorgio Baldinelli, Francesco Bianchi, Giacomo Buitoni, David stransky, Ivana Kabelkova, Vojtech Bare, Gabriela Stastna, Zbigniew Suchorab, Ali Kahraman, Alaeddin Celebi, Georg Neugebauer, Florian Kretschmer, Rene Kollmann, Michael Narodoslawsky, Thomas Ertl, Gernot Stoeglehner та інші.

Поєднання технологій біологічного очищення стічних вод з утилізацією тепла стічних вод ТНУ дозволить покращити, як екологічний так і енергетичний стан України.

Цілі і завдання. Визначити та оцінити межі раціонального акумулювання тепла із стічних вод ТНУ з подальшим його застосуванням для задоволення потреб промисловості та населення.

Метою роботи є – наукове обґрунтування комплексу раціональних ресурсозберігаючих технологій очищення стічних вод та використання тепла стічних вод.

Об'єкти і методи дослідження. Об'єктом досліджень є процеси очищення стічних вод з використанням тепла стічних вод ТНУ, параметри та конструкції споруд біологічного очищення стічних вод та теплових насосів, що використовують тепло стічної води.

Результати досліджень. Для комплексного рішення проблеми очищення стічних вод з глибоким видаленням сполук азоту у світовій практиці розроблено декілька базових біотехнологій: технологія послідовного чергування анаеробних, аноксидних та аеробних умов; технологія з високою концентрацією біомаси шляхом комбінації реакторів із завислими і прикріпленими формами мікроорганізмів або за допомогою спеціальних мембран, технологія Sequencing batch reactors (SBR).

Було систематизовано за чергуванням різних кисневих умов існуючі технології очищення стічних вод від сполук азоту серед яких такі технології як Ludzak-Ettinger, Bardenpho, Biodenitro, Carrousel, JHB, UCT, MUCT, A2/O, що дозволяють ефективно (87...98%) видалити сполуки азоту, але характеризуються високими експлуатаційними витратами, оскільки у всіх процесах застосовуються як зовнішня рециркуляція, так і декілька внутрішніх рециркуляційних потоків.

Сучасні біотехнологічні процеси: ANAMMOX, CANON, OLAND, SHARON та інші; дозволяють ефективно видалити сполуки азоту та зменшити об'єм споруд, підвищити їх надійність та економічність у порівнянні з традиційними технологіями біологічного очищення від сполук азоту. Але ефективність даних процесів доведена тільки експериментальним шляхом, застосування відмічено поодинокими прикладами та відсутнє широке промислове впровадження.

На каналізаційних очисних спорудах м. Рівного були проведені виробничі дослідження біологічного очищення стічних вод із застосуванням ресурсозберігаючих технологій. В процесі технологічних процесів досліджувалися параметри ефективності очищення стічних вод від біогенних сполук, органічних забруднень та показники температури і рН [1, 2].

Комплексна технологія очищення міських стічних вод здійснювалась в біореакторі (БР) із послідовно розташованими анаеробно-аноксидно-анаеробно-аеробними умовами з використанням іммобілізованих мікроорганізмів [1].

В процесі роботи БР визначали температуру стічної води на вході в біореактор, на виході з нього, в різних кисневих умовах біореактора та температуру повітря. Температурний режим стічних вод в процесі біологічного очищення в біореакторі (БР) наведений на рисунку 1.

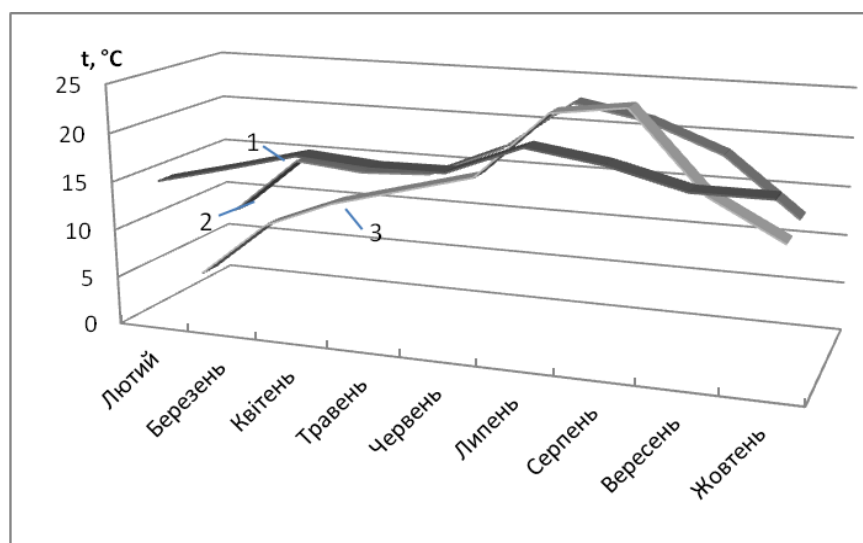


Рис. 1. Температурний режим очищення господарсько-побутових стічних вод: 1 – т-ра стічної води на вході в БР, °C ; 2 – т-ра стічної води на виході з БР, °C; 3 – т-ра повітря, °C

Середня температура стічної води, що надходила від міста Рівне на очищення в БР, складала 17,1 °С. Мінімальна позначка температури води не опускалась менше 14 °С впродовж року. В період листопад, грудень, січень, БР знаходився в стані консервації, для дослідження впливу зупинки роботи БР на життєдіяльність біоценозу [3].

Температура зовнішнього повітря впливає на температуру стічної води, що перебуває в БР оскільки він розташований надземно. Температурний режим в БР в залежності від кисневих умов теж змінювався. Так в анаеробних та аноксидних умовах температура стічної води була на 2...3 °С вища від температури стічної води в аеробних умовах. Тому анаеробні та аноксидні умови створені в БР мають дещо більший потенціал для акумулювання тепла стічних вод ТНУ.

Застосування розробленої технології (рис. 2) з послідовністю анаеробно-аноксидно-анаеробно-аеробних зон в біореакторі та іммобілізованих мікроорганізмів, дозволяє використовувати ширший температурний діапазон з 24 °С до 12 °С води, для акумулювання тепла із стічних вод ТНУ без нанесення шкідливого впливу на біологічні процеси ніриденітрифікації. Відомо, що при зниженні температури стічної води швидкість біологічних процесів перетворення та окислення забруднень знижуються, що негативно впливає на ефективності очищення стічних вод. Наявність анаеробних зон дозволяє підвищити на 1,5...2 °С температуру стічної води, що збільшує потенціал акумулювання ТНУ. Присутність іммобілізованих мікроорганізмів робить процес очищення більш стійким і невіддатливим до змін температури, що не впливає на зниження швидкості протікання нітри-денітрифікації, дефосфорації та окиснення органічних забруднень.

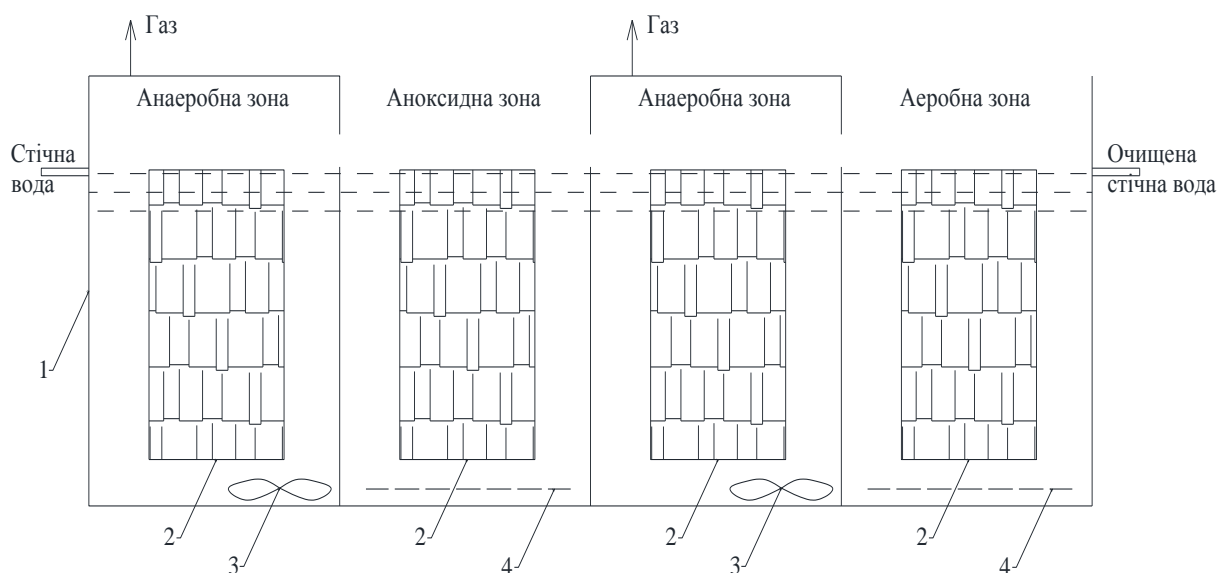


Рис. 2. Технологія анаеробно-аеробного біологічного очищення: 1 – біореактор; 2 – носії для іммобілізації мікроорганізмів; 3 – мішалки; 4 – система аерації

За даними Державної служби статистики України в 2014 році очищено води на очисних спорудах України в кількості 1557721 тис. м³. Крім того стічна вода має середньорічну температуру в межах 10...15 °С, що є привабливим з точки зору використання тепла стічних вод. За оцінкою фахівців НАН України економічно доцільний потенціал стічних вод в Україні становить понад 1,5 млн. тон умовного палива на рік, що дозволить замінити близько 2 млрд. м³ газу. Враховуючи ціни на природний газ, це може бути передумовами енергетичної безпеки України.

Ідея використання тепла стічних вод тепловими насосами дає реальні можливості економії енергоресурсів та задоволення потреб споживачів в тепловій енергії. Проведені дослідження показали, що за умови створення раціональних умов для процесу отримання тепла стічних вод за допомогою теплових насосів 1 м³/год. стічних вод може дати близько 5 кВт теплової енергії. Проте вирішення даної проблеми потребує комплексного підходу, адже зменшення температури стічних вод може привести до різкого зниження швидкостей

біологічних процесів і як наслідок погіршення ефекту очищення стічної води. Нейтралізацією даного недоліку можуть бути іммобілізовані мікроорганізми, які менш чутливі до зниження температур, та які не втрачають своєї активності при очищенні стічних вод із зменшенням температури на 2...4⁰С.

Методика розрахунку каналізаційних очисних споруд враховує різні значення температури стічних вод протягом року. Зокрема при розрахунку споруд біологічного очищення – середньорічна температура стічних вод; системи аерації – середньомісячна температура стічних вод за літній період. Науковці, [4] рекомендують розрахунки при проектуванні споруд біологічного очищення здійснювати для значення температури стічних вод найбільш холодних 10-ти діб протягом останніх п'яти років.

Висновки. Біотехнологія очищення міських стічних вод в послідовно влаштованих анаеробно-аноксидно-аеробних умовах з використанням іммобілізованих мікроорганізмів для підвищення ефективності очищення від органічних забруднюючих речовин, сполук азоту та фосфору, забезпечує очищення міських стічних вод до вимог: за ХСК – 55...70 мг/дм³, за азотом амонійним – 0,14...0,5 мг/дм³, фосфатами – 1...2 мг/дм³, завислими речовинами – 20 мг/дм³ із зменшенням витрат на будівництво та експлуатацію.

Комплекс енергозберігаючих технологій очищення стічних вод з використанням тепла стічних вод дозволить отримати економію енергоресурсів в розмірі 10...15% та отримати теплову енергію. Влаштування теплових насосних установок на каналізаційних очисних спорудах доцільне за умови зниження температури стічних вод після теплообмінника не нижче проектних.

Застосування ТНУ, що використовують низькопотенційне тепло стічних вод являє сьогодні собою нову, більш прогресивну технологію енергозбереження, яка дозволяє:

- суттєво скоротити споживання природного газу;
- зменшити забруднення навколишнього середовища;
- знизити втрати тепла при його транспортуванні;
- сприяття прогресу в комунальній теплоенергетиці.

Розроблену комплексну біотехнологію анаеробно-аеробного очищення в присутності іммобілізованих мікроорганізмів з акумулюванням тепла стічних вод ТНУ, доцільно застосовувати для біологічної очистки господарсько-побутових стічних вод від військових об'єктів, громадських будинків та інших об'єктів, що стоять окремо, розташованих у місцях, де відсутня централізована система каналізації. Запропонований комплекс технологічних рішень дозволяє очистити стічні води до діючих норм скиду без нанесення шкоди екосистемі та використати акумульовану теплову енергію із стічних вод, на потреби опалення та гарячого водопостачання із збереженням енергоресурсів.

Література

1. Бляшина М. В. Анаеробно-аеробне очищення міських стічних вод з використанням волокнистого носія: Автореф. дис. канд.. тех. наук: 05.17.21 / Бляшина Марія Володимирівна – К., 2015. – 22 с.

2. Грицина О.О. Удосконалення методики розрахунку та конструкції аеротенків із аноксидними та аеробними зонами: Автореф. дис. канд.. тех. наук: 05.23.04 / Грицина Олександр Олександрович – Рівне, 2012. – 22 с.

3. Бляшина М.В. Вплив температурних режимів та сезонної роботи на діяльність іммобілізованого активного мулу / М.В. Бляшина, П.І. Гвоздяк, Л.А. Саблій, // Матеріали науково-практичної конференції [“Вода та довкілля”] X Міжнародного водного форуму [“AQUA UKRAINE - 2012”], (Київ, 6 – 9 листопада 2012р.). К.: ТОВ “Міжнародний виставковий центр”, 2012. – С. 15 – 16.

4. Очистка стічних вод / М. Хенце, П. Армоэс, Й. Ля-Кур-Янсен, Э. Арван [Пер. с англ.] – М.: Мир, 2004. – 480 с.