

УДК 628.3

**ВИРОБНИЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ ОЧИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД В БІОРЕАКТОРАХ З ІММОБІЛІЗОВАНИМИ МІКРООРГАНІЗМАМИ****Л. А. Саблій, В. С. Жукова**Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ  
e-mail: larisasabliy@mail.ru

*Стічні води, які утворюються на підприємствах харчової промисловості, містять високі концентрації сполук азоту, в основному у вигляді амонійного. Пропонується анаеробно-аеробна технологія очищення стічних вод від сполук азоту на прикладі стічних вод солодового заводу. Біотехнологія реалізується в послідовно з'єднаних анаеробних та аеробних біореакторах з носіями для іммобілізації мікроорганізмів. Наведено експериментальні дані та конструктивні параметри установки. Рекомендована технологія дозволяє досягти високого ступеня очищення стічних вод від органічних сполук (86-95%) та амонійного азоту (81-93%).*

*Ключові слова: стічні води, сполуки азоту, іммобілізовані мікроорганізми.*

Серед найважливіших екологічних проблем сучасності питання охорони природних джерел водопостачання має першочергове значення. Надходження неочищених і недостатньо очищених стічних вод у поверхневі водойми постійно погіршує їх стан. Ці джерела забруднень, як правило, містять у своєму складі сполуки азоту, які спричиняють евтрофікацію природних водойм. В результаті відбувається порушення процесів саморегуляції в біоценозах, в них починають домінувати види, найбільш пристосовані до створених умов, які і призводять до цвітіння водойм [1].

**Об'єкти та методика досліджень**

Одним із основних джерел надходження сполук азоту у водойми є як побутові так і промислові стічні води. Очисні споруди промислових підприємств, які були збудовані у 60 - 80-ті роки ХХ ст., не були призначені для видалення сполук азоту до потрібних на сьогодні нормативів, так як по існуючим тоді нормативним документам потрібно було забезпечити повне біологічне очищення стічних вод [2].

Це можна спостерігати і на очисних спорудах солодового заводу, збудованих та введених в експлуатацію у 1985 році. Склад стічних вод залежить від виду продукції, яка виробляється, і прийнятої технології. Солодові заводи спеціалізуються на випуску солоду. Солод – це заздалегідь замочене, проросле в штучних умовах і при цьому збагачене активними ферментами зерно ячменю. Найбільш водомісткими процесами є замочування та пророщування зерна. Основні забруднення, які містяться у стічних водах солодового заводу, обумовлюються хімічним складом ячменю, який залежить від сорту, району вирощування, масового співвідношення окремих складових зерна.

Технологічна схема очисних споруд солодового заводу включає блок механічного очищення, який складається з приймальної камери, пісколовки, усереднювача та первинних відстійників. Споруди біологічного очищення - аеротенк-змішувач I ступеня, вторинні відстійники, аеротенк - витиснювач II ступеня і третинні відстійники. Для доочищення встановлені цеолітові фільтри. Знезараження очищеної води здійснюється гіпохлоритом натрію. Очищену воду скидають в річку Горинь.

Через недостатню ефективність очищення значна частка стічних вод не відповідає встановленим нормативним вимогам до скиду в водойми за показниками: БСК, ХСК, завислі речовини, вміст сполук азоту, фосфору та ін. Крім того, при біологічному очищенні періодично спостерігається спухання активного мулу, яке призводить до його виносу з вторинних відстійників, зниження робочої дози в аеротенках і, в кінцевому підсумку, до різкого погіршення якості очищених стічних вод. Така технологія на сьогодні не забезпечує



очищення стічних вод до потрібних гранично-допустимих концентрацій (ГДК) також через зміну проектних показників стічних вод.

Характерним для даних очисних споруд є нерівномірне надходження стічних вод впродовж доби. Це залежить від періоду замочування та різної тривалості процесу пророщення солоду. До того ж несприятливим є вторинне забруднення, причиною якого може бути моральна застарілість споруд. У блоці механічного очищення спостерігається надходження лушпиння зерна та ростків у зв'язку з великими прозорами решіток, установлених в каналізаційній насосній станції.

### Постановка завдання

Метою роботи є дослідження технології очищення промислових стічних вод в анаеробно-аеробних біореакторах з носіями іммобілізованих мікроорганізмів у виробничих умовах.

Стічні води солодового заводу утворюються в основному в процесі замочування та пророщування солоду і містять ХСК 1760-4000 мг  $O_2$ /л, БСК<sub>5</sub> 1400-2000 мг  $O_2$ /л, загальний азот складає 30-80 мг/л, завислі речовини 1000-550 мг/л, рН 6,0-7,5. Нормативні показники очищених стічних вод при скиді в річку становлять: ХСК- 84,59 мг  $O_2$ /л; БСК<sub>5</sub> -12,01 мг  $O_2$ /л; амонійний азот - 1,14 мг/л, завислі речовини – 15,59 мг/л, рН-6,5-8,5.

### Результати досліджень

Було розроблено і встановлено на очисних спорудах солодового заводу експериментально-виробничу установку для біологічного очищення стічних вод (див.рис.1).

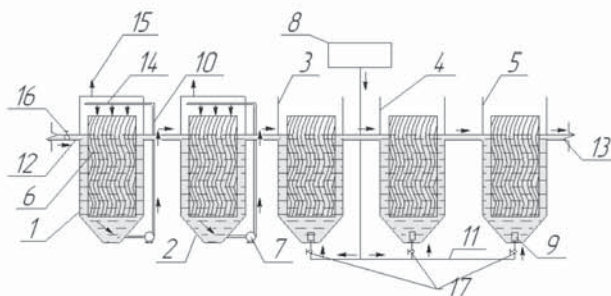


Рис.1. Схема експериментально-виробничої установки:

1,2- анаеробні біореактори; 3,4,5 - аеробні біореактори; 6- волокнистий носій «ВІА»; 7- циркуляційний насос; 8- компресор; 9- аератор; 10-рециркуляційний трубопровід; 11- повітропровід; 12- трубопровід подачі стічної води; 13- трубопровід для відведення очищеної води; 14-перфорована трубка; 15- до пристрою для збору газу; 16-вентиль; 17-вентиль контролю подачі повітря.

Установка складається з п'яти біореакторів, які працюють в різних кисневих умовах, загальним об'ємом 250 дм<sup>3</sup>. В перший біореактор стічна вода надходить з витратного баку, який наповнюють стічною водою за допомогою насоса, встановленого в збірному лотку після первинних відстійників. Витрату регулюють вентилем 16, який розміщений перед першим біореактором. Стічні води самопливом надходять в анаеробний біореактор 1, де, проходячи крізь волокнистий носій 6, контактують із іммобілізованими на носії мікроорганізмами. Зрошення носія стічною водою відбувається за допомогою циркуляційного насоса 7. Анаеробний процес протікає з виділенням газів, які збираються пристроєм 15, та з розвитком анаеробних бактерій, які утримуються на волокнах носія. Далі вода потрапляє у наступний анаеробний біореактор 2, який відрізняється складом стічної води, що містить продукти розкладення органічних речовин в першому біореакторі, та

видовим складом мікроорганізмів. Далі стічна вода надходить послідовно у аеробні біореактори 3, 4, 5, в які від компресора 8 по повітропроводу 11 подається повітря і рівномірно розподіляється у вигляді дрібних бульбашок через аератори 9. У всіх аеробних біореакторах розташовані волокнисті носії 6, на яких також іммобілізовані мікроорганізми, які беруть участь в очищенні стічної води. Подача повітря в аеробні біореактори регулюється вентилями 17. Очищена вода відводиться по трубопроводу 13.

Для нарощення біомаси на волокнистих носіях типу «ВІА» біореактори заповнювали активним мулом з аеротенка-змішувача. Для утворення специфічного біоценозу у кожному біореакторі створювали різні кисневі умови: аноксидні та аеробні, шляхом регулювання подачі повітря у 3 - 5 біореакторах. В період нарощування біомаси проводили дослідження її видового складу за допомогою мікроскопа біокуляра ULAB XSP137BP.

Було проведено ряд експериментальних досліджень, аналіз хімічного складу стічних вод на різних етапах очищення проводили в лабораторії очисних споруд солодового заводу. В результаті досліджень визначено наступні показники стічних вод: рН, температура; концентрації: амонійного азоту, нітратного азоту, нітритного азоту, фосфатів, розчиненого кисню; показники: ХСК, БСК<sub>20</sub>, завислі речовини; концентрація біомаси за сухою речовиною.

Використання на перших двох стадіях (перший та другий біореактори) анаеробного процесу дає можливість видалити основну кількість органічних забруднень (див. табл.).

Таблиця

Показник	На вході в установку	На виході з установки
ХСК, мг/л	2000-750	200-50
Амонійний азот, мг/л	20-5	2-0
Нітратний азот, мг/л	1-3	5-20
Нітритний азот, мг/л	0-3	0-3
рН	6,71-7,25	7,75-8,2

У третьому біореакторі очищення стічних вод відбувається при подачі повітря, але умови у реакторі - аноксидні (умови дефіциту кисню), частина кисню споживається на доокиснення органічних речовин. Після проходження стічних вод через анаеробні біореактори концентрація органічних речовин значно знижується, що й обумовлює першу стадію нітрифікації. У глибині волокон носія, де немає доступу кисню, але достатньо органічних речовин, може відбуватися денітрифікація. У четвертий та п'ятий біореактор подається повітря від компресора, що забезпечує аеробні умови процесу. Тут відбувається друга стадія нітрифікації (див. рис.2).

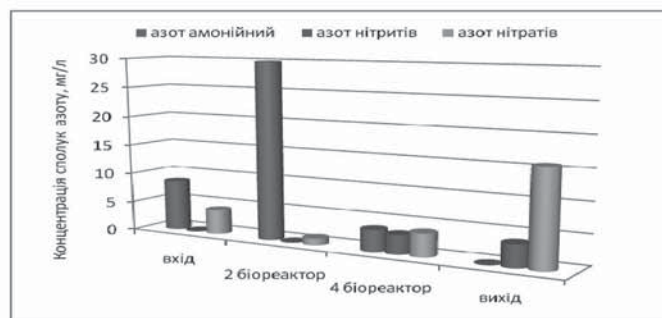


Рис. 2. Зміна концентрацій сполук азоту в процесі очищення в біореакторах.



Амонійний азот надходить в установку у концентраціях 20-5 мг/л, але після анаеробних процесів у перших двох біореакторах його концентрації зростають у 2-4 рази, внаслідок розкладення азотовмісних органічних сполук. Тобто в аноксидних (третьому та четвертому) біореакторах спостерігається зменшення органічних речовин і збільшення неорганічних, наприклад, амонійних сполук (див. рис. 3). У останніх трьох біореакторах внаслідок активного процесу нітрифікації відбувається видалення амонійного азоту до значення ГДК.

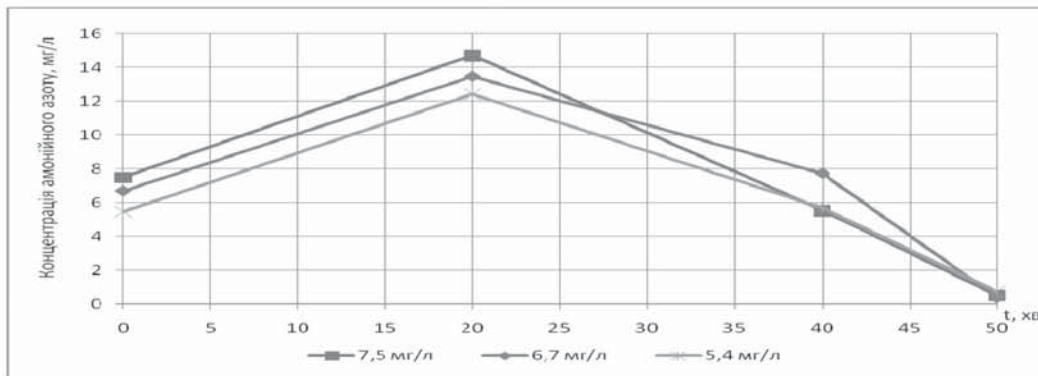


Рис. 3. Залежність зміни концентрацій амонійного азоту відносно тривалості очищення стічних вод при різних початкових концентраціях.

### Висновки

Результати досліджень підтверджують спроможність даної технології в очищенні стічних вод від сполук азоту та органічних речовин. Ефективність видалення амонійного азоту становить (рис.3), зниження показника ХСК - 86-95% (рис.4). Очищені стічні води в такий спосіб можна скидати у водойму без додаткового доочищення, так як показники відповідають гранично - допустимим концентраціям, осад утворюється у невеликій кількості, добре мінералізований і має низьку вологість. Використання анаеробно-аеробної технології з іммобілізованими мікроорганізмами дозволяє підвищити окисну спроможність очисних споруд за рахунок збільшення концентрації біомаси при використанні іммобілізованих мікроорганізмів, зменшити кількість використаної електроенергії.

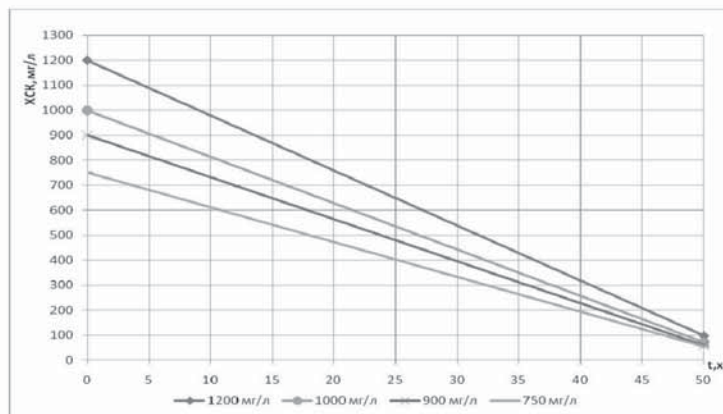


Рис. 4. Зміна концентрацій органічних речовин за ХСК в залежності від тривалості очищення стічних вод при різних початкових концентраціях.

Запропонована технологія дозволяє досягти високого ступеня очищення стічних вод від сполук азоту та органічних речовин. Її можна застосовувати як для промислових стічних вод, так і для побутових.

## ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД В БИОРЕАКТОРАХ С ИММОБИЛИЗОВАННЫМИ МИКРООРГАНИЗМАМИ

**Л. А. Саблий, В. С. Жукова**

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев  
e-mail: larisasabliy@mail.ru

*Сточные воды, образующиеся на предприятиях пищевой промышленности, содержат высокие концентрации соединений азота, в основном в виде аммонийного. Предлагается анаэробно-аэробная технология очистки сточных вод от соединений азота на примере сточных вод солодовенного завода. Биотехнология реализуется в последовательно соединенных анаэробных и аэробных биореакторах с носителями для иммобилизации микроорганизмов. Приведены экспериментальные данные и конструктивные параметры установки. Рекомендуемая технология позволяет достичь высокой степени очистки сточных вод от органических соединений (86-95%) и аммонийного азота (81-93%).*

*Ключевые слова: сточные воды, соединения азота, иммобилизованные микроорганизмы.*

## PRODUCTION RESEARCH OF INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT IN BIOREACTOR WITH IMMOBILIZED MICROORGANISMS

**Larisa Sabliy, Veronika Zhukova**

National technical university of Ukraine "Kiev Polytechnic Institute", Kiev  
e-mail: larisasabliy@mail.ru

*Wastewater of food industries contains high concentrations of nitrogen compounds mainly in the form of ammonium nitrogen. The effective anaerobic-aerobic wastewater treatment technology from nitrogen compounds of malt industry wastewater is proposed. Biotechnology is suggesting with consistently jointed anaerobic and aerobic bioreactors with carrier for microorganisms immobilization. Design and process parameters of laboratory installation are made. This technology allows to reach high levels wastewater treatment from organic (86-95%) and nitrogen compounds (81-93%).*

*Keywords: microorganisms immobilization, wastewater treatment, nitrogen compounds.*

### Список літератури:

1. Николаев А. Н. Очистка сточных вод до требований экологических нормативов на сброс в водоемы / А. Н. Николаев, Е. М. Крючихин // Экология и пром-сть России. – 2003. – июль – С. 17-19.
2. Мешенгиссер Ю. М. Удаление азота и фосфора активным илом / Ю. М. Мешенгиссер, А. И. Щетинин, М. Т. Есин // Коммунальное хозяйство городов. – 2007. – № 74. – С. 36-45.