

Л.А. САБЛІЙ, доктор технічних наук

Національний університет водного господарства та природокористування

С.Д. БОЙЧУК, кандидат технічних наук

КРП «ВПВКГ м. Сімферополя», м. Сімферополь

ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ВІД ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН В БІОРЕАКТОРАХ З ІММОБІЛІЗОВАНИМИ МІКРООРГАНІЗМАМИ

Наведено результати досліджень біологічного очищення стічних вод з високим вмістом органічних речовин, наприклад, молокозаводів, в біореакторах з різними кисневими умовами. Для збільшення ефективності очищення стічних вод за ХСК до 95% використано волокнисті носії іммобілізованих мікроорганізмів з питомою площею до 4000 м²/м³.

Ключові слова: стічні води; біологічне очищення; носій іммобілізованих мікроорганізмів

Представлены результаты исследований биологической очистки сточных вод с высоким содержанием органических веществ, например, молокозаводов, в биореакторах с различными кислородными условиями. Для увеличения эффективности очистки сточных вод по ХПК до 95% использованы волокнистые носители иммобилизованных микроорганизмов с удельной площадью до 4000 м²/м³.

Ключевые слова: сточные воды; биологическая очистка; носитель иммобилизованных микроорганизмов

It is presented the results of researches of biological treatment of wastewater with high contaminants of organic matter for example milk plants in bioreactors with different oxygen conditions. It is using the fibrous carriers for microorganisms immobilization with area to 4000 м²/м³ for increasing of wastewater treatment effect in term of COD to 95%.

Key words: wastewater; biological treatment; carrier for microorganisms immobilization

Стічні води підприємств харчової, легкої та деяких інших галузей характеризуються високими концентраціями органічних і неорганічних забруднюючих речовин різного фазово-дисперсного стану, нерівномірним водовідведенням, в багатьох випадках різкою зміною рН, температури, концентрацій токсичних для активного мулу та гідробіонтів водойми забруднень [1].

Наприклад, стічні води підприємств молочної галузі містять високі концентрації колоїдних та розчинених органічних речовин (найбільші – для казеїнового виробництва, сироробних та маслозаводів) через присутність в них великої кількості молочних білків, сахарів та жирів.

Концентрації забруднень досягають, мг/дм³: органічних речовин за ХСК – 3500, БСК₅ – 3200, молочних жирів – до 100 (на цехових випусках – 200-600), азоту амонійного – до 50, фосфатів – до 72.

Надходження забруднень у стічні води протягом доби носить нерівномірний характер. Так, в процесі промивання технологічного обладнання концентрації забруднень зростають в 2,5-4 рази порівняно з їх середньодобовими величинами.

Використання біологічного методу очищення в традиційних аеротенках для видалення колоїдних та розчинених органічних речовин з таких стічних вод потребує великої тривалості процесу, адже ці речовини важко розкладаються біологічно (про це свідчить в 3,6 раз вищий показник ХСК, порівняно з БСК, на прикладі шкіряних заводів).

Вміст у промислових стічних водах високих концентрацій забруднень різної дисперсності, агрегатного стану, фізико-хімічної природи зумовлює необхідність їх глибокого очищення з використанням наступних технологій і процесів: механічного очищення; усереднення за витратою та концентраціями забруднень; попереднього фізико-хімічного очищення; біологічного очищення окремо чи сумісно з побутовими стічними водами для доведення показників забруднень до вимог скиду у природну водойму, або в міську каналізаційну мережу.

Розроблена нова ефективна та маловідходна анаеробно-аеробна технологія очищення висококонцентрованих стічних вод підприємств, наприклад, харчової, легкої промисловості, яка включає послідовний ряд біореакторів з різними кисневими умовами та з використанням іммобілізованих на волокнистих носіях мікроорганізмів [2, 3].

В результаті проведених досліджень на експериментальній установці при початкових концентраціях органічних речовин в стічних водах молокозаводу за ХСК 2350-4400 мг/дм³, створенні і підтримуванні в біореакторах необхідних кисневих умов (в анаеробних – безкисневих, в аноксидних – з низькою концентрацією розчиненого кисню – до 0,2 мг/дм³ і в аеробних – 1,5-2 мг/дм³), здійсненні перемішування для інтенсифікації масообміну, нарощування і підтримування потрібного на даному ступені біоценозу мікроорганізмів і концентрації біомаси встановлено, що технологія забезпечує високий ступінь зниження ХСК – до 20-80 мг/дм³ в очищеній воді (таблиця 1) при досягненні ефекту очищення – 95%.

Одержані технологічні показники біореакторів свідчать про високу їх окисну потужність, велику концентрацію біомаси в анаеробних біореакторах – 20 г/дм³, зменшення її по мірі очищення води до 2-3 і зростання зольності біомаси понад 50%.

Таблиця 1

Результати очищення висококонцентрованих стічних вод за анаеробно-аеробною технологією

Показники	Анаеробний біореактор		Аноксидний біореактор		Аеробний біореактор
	I ступеня	II ступеня	I ступеня	II ступеня	
ХСК на вході, мг/дм ³	2350...4400	900...2390	360...900	160...330	50...160
ХСК очищеної води, мг/дм ³	900...2390	360...900	160...330	50...160	20...80
Навантаження за органічною речовиною, мг ХСК/(г·год)	54...100	26...41	30...45	14...30	5...-17
Окисна потужність: г ХСК/(м ³ ·добу) г ХСК/(м ³ ·год)	5600...7700 230...320	3000...4200 125...175	900...1600 40...70	420...650 20...30	300...450 15...20
Питома швидкість деструкції, мг ХСК/(г·год)	33...45	20...24	18...23	13...15	10...13
Окисна потужність: г N _{орг} /(м ³ ·добу) г N _{орг} /(м ³ ·год)	175...200 7,3...8,3	75...85 3,1...3,5	25...30 1,0...1,3	10...15 0,4...0,6	5...10 0,2...0,4
Концентрація біомаси, г/дм ³	15...20	10...15	4...6	3...4	2...3
Зольність, %	30	30	30	40	50
Біомаса, г	11,8...15,7	7,9...11,8	3,1...4,7	2,4...3,1	1,6...2,4
Маса носія, г	6,2	6,1	5,3	1,9	1,7
Питома біомаса, г/г носія	1,9...2,5	1,3...1,9	0,6...0,9	1,3...1,6	0,9...1,4

Оскільки основну роль при анаеробно-аеробному очищенні відіграють мікроорганізми біообростань волокнистих носіїв, то авторами проведено мікрофотоспостереження за ними (рис. 1).

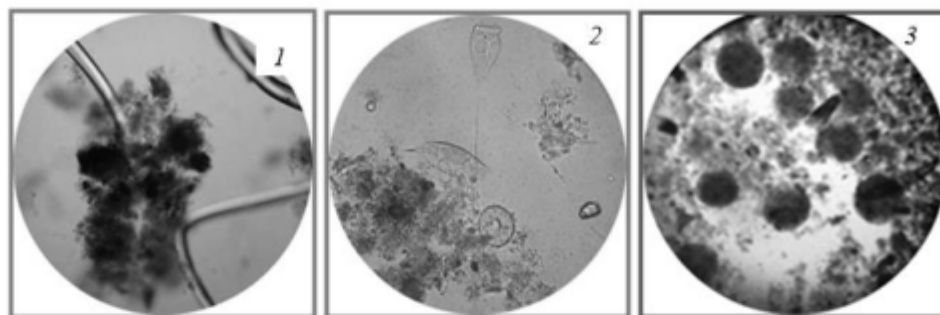


Рис. 1. Мікрофотознімки (x200):

1 – біообростань носіїв в біореакторах; 2 – вільноплаваючого активного мулу аеробного біореактора; 3 – гранульованого активного мулу аноксидного біореактора

На знімку (рис. 1, 1) видно зооглейні скупчення бактерій на поверхні «ВІІ» розміром 0,1...0,6 мм, середній – 0,25 мм.

Серед бактерій є численні представники родів: *Pseudomonas*, *Bacterium*, *Micrococcus*, *Bacillus*, *Corinebacterium*, *Thiobacillus*, які здійснюють деструкцію органічних речовин, азотвмісних сполук. У вільноплаваючому активному мулі аноксидних і аеробних біореакторів присутні бактерії родів *Nitrosomonas*, *Nitrobacter*; спостерігали гідробіонтів вищих трофічних рівнів: раковинні корененіжки, круговійчаті інфузорії, коловертки (рис. 1, 2) – типових представників активного мулу, завдяки яким відбувається очищення води від бактерій, дрібних джгутикових, детриту. При стабільному режимі роботи очисних споруд відбувається регулювання чисельності популяцій гідробіонтів у харчових ланцюгах за типом «хижак-жертва», зменшення кількості біомаси внаслідок її самоокиснення-саморегуляції та збільшення мінеральної частини.

Створений в біореакторах гідродинамічний режим сприяв формуванню гранульованого активного мулу (рис. 1, 3) з розміром гранул 2...2,5 мм, високою концентрацією сухої речовини – до 50 г/дм³ і малим муловим індексом – до 57 см³/г. Утворення гранульованого активного мулу дозволяє збільшити концентрацію мулу, ефективність очищення і полегшує відокремлення мулу від очищеної води.

В результаті серії пілотних досліджень визначено раціональні технологічні параметри роботи анаеробно-аеробних біореакторів з іммобілізованими мікроорганізмами при концентраціях органічних речовин у вихідній стічній воді за ХСК 4000...4500 мг/дм³: окисна потужність, г ХСК/(м³·добу, питома швидкість деструкції, мг ХСК/(г·год), концентрація біомаси, г/дм³, зольність біомаси, %, якість очищених стічних вод за ХСК, мг/дм³ були отримані в діапазонах, відповідно до табл.1.

Виробничі дослідження, проведені на очисних спорудах солодового

заводу (м. Славута Хмельницької області) підтвердили високий ступінь очищення стічних вод і дозволили встановити раціональні величини окисних потужностей біореакторів, г ХСК/(м³/добу), при початковому ХСК до 1700 мг/дм³: анаеробних I до 6200 і II – 3400, аноксидних I – 800 і II – 400, аеробного – 100, для досягнення яких рекомендовані такі параметри: питома витрата повітря, м³/м³, біореакторів: аноксидних I – 5 і II – 3, аеробного – 4,5; питома активна поверхня волокнистого носія в біореакторах, м²/м³: анаеробних – 4000, аноксидних I – 1500 і II – 500, аеробного – 400. Одержано високі ефекти очищення стічної води, %, за ХСК – 96-99, завислими речовинами – 98,5-99, амонійним азотом – 98-100.

На підставі результатів досліджень і враховуючи такі недоліки роботи очисних споруд солодового заводу: недостатню якість очищеної води за концентраціями завислих та органічних речовин, сполук азоту, фосфору; спухання мулу (муловий індекс досягав 280 см³/г); недостатню концентрацію розчиненого кисню в аеротенку (0,5 мг/дм³) та неможливість підтримувати потрібну дозу мулу в ньому (менше 0,5 г/дм³), що за високих ХСК – 2100 мг/дм³ призводить до зменшення окисної потужності і погіршення якості очищеної води; високі концентрації азоту амонійного в очищеній воді до 15 мг/дм³ (на вході в очисні споруди до 9,5 мг/дм³), що перевищують норму, розроблено рекомендації щодо реконструкції очисних споруд Славутського солодового заводу продуктивністю 2700 м³/добу за новою технологією.

В результаті впровадження біотехнології на очисних спорудах ПАТ Славутський солодовий завод забезпечується високий ступінь очищення стічних вод: концентрації забруднень в очищеній воді, мг/дм³: ХСК – 19-66 (норма 84,59), азоту амонійного 0-0,49 (норма 1,14), нітритів - 0,03 (норма 0,08), нітратів – 15,8 (норма 40). Спостерігали відсутність спухання мулу, малий винос мулу на виході зі споруд – 10-15 мг/дм³; зменшення приросту біомаси (до 30%) та збільшення її мінералізації (до 50%). Осади можна використовувати в якості добрива. В результаті реконструкції очисних споруд зменшились витрати електроенергії і коштів на утилізацію осадів, об'єми споруд, якість очищених стічних вод відповідає нормам скиду у річку Горинь.

Список літератури

1. *Мацнєв А. І.* Водовідведення на промислових підприємствах / А. І. Мацнєв, Л.А. Саблій. – Рівне: Укр. держ. акад. водного господарства, 1998. – 219 с.
2. *Саблій Л.А.* Фізико-хімічне та біологічне очищення висококонцентрованих стічних вод: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук / Л. А. Саблій – К., 2011. – 40 с.
3. *Саблій Л.А.* Ефективна і маловідходна технологія біологічного очищення стічних вод молокозаводів / Л. А. Саблій // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування : зб. наук. праць. – Рівне, 2009. – Вип. 3 (47). – Ч. 2. – С. 283–290.