

УДК 628. 33

Саблій Л. А., д.т.н., професор (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), **Бойчук С. Д., к.т.н.** (КРП «ВПКВГ м. Сімферополя», м. Сімферополь)

ВИКОРИСТАННЯ БІОРЕАКТОРІВ З ІММОБІЛІЗОВАНИМИ МІКРООРГАНІЗМАМИ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

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.

Стічні води підприємств харчової, легкої та 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 водою 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, цукрів 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 впродовж 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 рази 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 таких технологій і процесів: механічного очищення; усереднення за витратою та концентраціями забруднень; попереднього фізико-хімічного очищення; біологічного очищення окремо чи сумісно зі стічними водами міста для доведення показників забруднень до вимог скиду у природну водойму.

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) при досягненні ефекту очищення – 95%.

Одержані технологічні показники біореакторів свідчать про їх високу окисну потужність, велику концентрацію біомаси в анаеробних біореакторах – 20 г/дм³, зменшення її по мірі очищення води до 2-3 в аеробних біореакторах за рахунок виїдання біомаси в харчових ланцюгах по типу «хижак–жертва», які утворюються в біоценозах біобростань на волокнистих носіях, і зростання зольності біомаси понад 50% завдяки діяльності гідробіонтів вищих трофічних рівнів (коловерток, червів).

Оскільки основну роль при анаеробно-аеробному очищенні відіграють мікроорганізми біобростань волокнистих носіїв, то проведено мікрофотоспостереження за ними (рисунок).

Таблиця

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	360-720	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

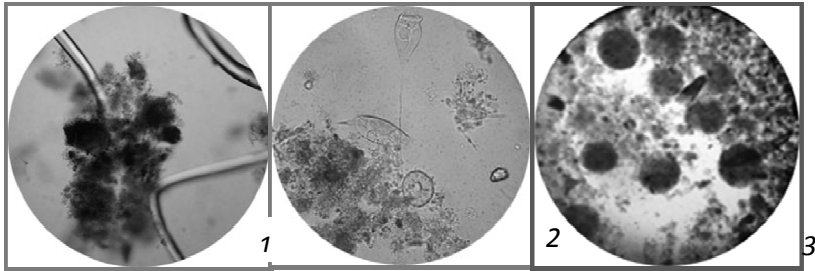


Рисунок. Мікрофотознімки (x200): 1 – біообростань носіїв в біореакторах; 2 – вільноплаваючого активного мулу аеробного біореактора; 3 – гранульованого активного мулу аноксидного біореактора

На знімку (рисунок, 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 кореніжки, круговійчаті інфузорії, коловертки (рисунок, 2) – типових представників активного мулу, завдяки яким відбувається очищення води від бактерій, дрібних джгутикових, детриту. При встановленому режимі роботи очисних споруд відбувається регулювання чисельності популяцій гідробіонтів при виїданні їх у харчових ланцюгах по типу «хижак–жертва», зменшення кількості біомаси внаслідок її самоокиснення-саморегуляції та збільшення мінеральної частини.

Створений в біореакторах гідродинамічний режим сприяв формуванню гранульованого активного мулу (рисунок, 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), анаеробних I і II ступенів – відповідно 7200-8000 і 4000-4500, аноксидних I і II ступенів – відповідно 1300-2000 і 500-650, аеробного – 400-500; питома швидкість деструкції, мг ХСК/(г·год),

анаеробних I і II ступенів – відповідно 40-45 і 20-24, аноксидних I і II ступенів – відповідно 18-23 і 13-15, аеробного – 10-13; концентрація біомаси, г/дм³, в анаеробних I і II ступенів, відповідно, – 15-20 і 10-15, в аноксидних I і II ступенів – відповідно 4-6 і 3-4, в аеробному – 2-3, зольність біомаси, %, в анаеробних I і II ступенів – 30, аноксидних I і II ступенів – відповідно 30-40 і 40-50, в аеробному 50-60; якість очищених стічних вод за ХСК, мг/дм³, після анаеробного I і II ступенів відповідно – 2100-2400 і 640-750, аноксидних I і II ступенів – відповідно 230-360 і 130-180, аеробного – 50-80.

Виробничі дослідження, проведені на очисних спорудах солодового заводу (м. Славута Хмельницької області), підтвердили високу ступінь очищення стічних вод і дозволили встановити раціональні величини окисних потужностей біореакторів, г ХСК/(м³/добу), при витратах 120-250 дм³/добу і 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 добрив.

ва. В результаті реконструкції очисних споруд зменшилися витрати електроенергії і коштів на утилізацію осадів, об'єми споруд, якість очищених стічних вод відповідає діючим нормам.

1. Мацнев А. І. Водовідведення на промислових підприємствах / А. І. Мацнев, 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 – Київ, 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.

Рецензент: д.т.н., професор Гіроль М. М. (НУВГП)

Sablii L. A., Doctor of Engineering, Professor (National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne), **Boychuk S. D., Candidate of Engineering** (KRE "IEWKE of Simferopol", Simferopol)

USING OF BIOREACTORS WITH IMMOBILISED MICROORGANISMS FOR WASTEWATER TREATMENT

The results of studies of biological treatment of wastewater with high organic content, for example dairies, in bioreactors with different oxygen conditions are shown. Fibrous media of immobilized microorganisms with the specific area to 4000 m²/m³ are used to increase the efficiency of wastewater COD to 95%.

Keywords: wastewater, biological treatment, the carrier of immobilized microorganisms.

Саблій Л. А., д.т.н., професор (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно), **Бойчук С. Д., к.т.н.** (КРП «ППВКХ г. Симферополя», г. Симферополь)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОРЕАКТОРОВ С ИММОБИЛИЗОВАННЫМИ МИКРООРГАНИЗМАМИ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Представлены результаты исследований биологической очистки сточных вод с высоким содержанием органических веществ, на-

пример 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.