

ной способности и засорению, а с другой – выпавший осадок загнивает с образованием сероводорода, который, окисляясь в серную кислоту, вызывает коррозию свода трубы. Это свидетельствует о том, что коллекторы разной пропускной способности, а следовательно, и диаметра должны проектироваться на разный расчетный срок для того, чтобы уменьшить эксплуатационные расходы и повысить эффективность использования трудовых и материальных ресурсов.

Таким образом, проектирование водоотводящих сетей необходимо осуществлять с учетом условий их работы в будущем, приближая расчетные и проектные данные к действительным условиям, обеспечивающим нормальную эксплуатацию сетей.

1.Абрамович И.А. Новая стратегия проектирования и реконструкции систем транспортирования сточных вод. – Харьков: Основа, 1996. – 318 с.

2.Никаев М.А. Совершенствование проектирования водоотводящих сетей. – М.: Стройиздат, 1984. – 48 с.

3.Ситніченко М.В. Дослідження по наповненню каналізаційних трубопроводів // Вісник Донбаської державної академії будівництва і архітектури. Вип. 2000-3(23). – Макіївка: Вид. ДонДАБА, 2000. – С.120-121.

Получено 10.04.2001

УДК 628.356:663.541.22

М.І.КОШЕЛЬ, канд. техн. наук, **Ю.А.КАРАНОВ**, **Г.М.ЗАБОЛОНА**,
О.С.ЗАВАРЗІНА

УкрНДІспиртбіопрод, м.Київ

БИОЛОГІЧНЕ ОЧИЩЕННЯ КОНЦЕНТРОВАНИХ СТІЧНИХ ВОД СПИРТОВИХ ЗАВОДІВ

Підбірано продуктивну бактеріальну асоціацію з п'яти культур (*Pseudomonas stutzeri* ВКПМ В-4792, *Pseudomonas alcaligenes* ВКПМ В-4684, *Pseudomonas mendocina* ВКПМ В-4145, *Azomonas sp.* ВКПМ В-4685, *Aeromonas species* ВКПМ В-5503), здатну до вилучення важкоокислюваних органічних речовин із стічних вод, що забезпечує ефективність їх очищення на 90% за показником БСК. Надлишкова біомаса придатна для використання у тваринництві як кормова домішка.

Підприємства, що переробляють цукробурякову мелясу в спирт, хлібопекарські та кормові дріжджі, споживають близько 8 млн. м³ води на рік, утворюючи стільки ж стічних вод з високою концентрацією органічних забруднень. Так, на спиртовому заводі потужністю по спирту 6 тис. дал./добу утворюється приблизно 800 м³ післяспиртової барди (ПСБ) і стільки ж слабозабруднених стічних вод. Загальний заводський потік стічних вод має показники забруднень, що в десятки й тисячі разів перевищують нормативи для скидів їх у каналізацію чи водойми [1].

На більшості спиртових заводів барду скидають у відстійники (бардонакопичувачі), під якими в Україні зайнято 1500 га орних земель. Це призводить до забруднення ґрунтів, атмосфери і водних об'єктів продуктами неповного розпаду забруднень стічних вод.

У технологіях очищення висококонцентрованих стічних вод існує стадія метанового бродиння, яка досить ефективна, але довготривала, продукує додатково паливо-біогаз, проте вимагає великих ділянок для розміщення обладнання. Фізико-хімічна обробка не знайшла застосування через економічні причини, а існуючий метод аеробної обробки активним мулом проходить у декілька стадій і є неефективним. Інтенсифікувати його можна за рахунок використання специфічних адаптованих до високих концентрацій ценозів, специфічних мікроорганізмів-деструкторів, а утворену в процесі очищення надлишкову біомасу утилізувати як кормову домішку в тваринництві [2-4].

Метою нашої роботи була інтенсифікація аеробного очищення концентрованих стічних вод спиртозаводів на основі вибору мікроорганізмів-деструкторів та їх асоціацій, придатних до вилучення зі стічних вод органічних забруднень, особливо важкоокислюваних.

Об'єктами досліджень слугували концентровані стічні води спиртозаводів та адаптований активний мул.

Біохімічні й санітарно-хімічні дослідження проводили арбітражними методами, підібраними для стічних вод мелясних спиртозаводів [5]. Мікробіологічні дослідження здійснювали відповідно до загальних вимог щодо проведення мікробіологічного аналізу та за загальноприйнятими методами. Ідентифікацію домінуючих культур здійснювали за визначником Bergey [6, 7].

Для оцінки біохімічного складу біомаси використовували інструментальні методи аналізу, а саме: атомно-емісійну спектроскопію, рідинну хроматографію, аналізатор амінокислот.

Очищення стічної води здійснювали на лабораторній моделі аеротенків-змішувачів та у промислових ферментерах в періодичному і безперервному режимах.

У результаті проведеної роботи досліджено біоценоз адаптованого активного мулу, який отримали в результаті тривалої адаптації мулу в безперервних умовах, де вижили резистентні до забруднень мікроорганізми. Але для аеробного ценозу характерна також наявність мікрофлори розсіювання. Експериментально встановлено, що домінуючу роль в ценозі відіграють бактеріальні роди *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Azomonas*, *Edwardciella*, *Caseobacter*, *Kurthia*, *Zymomonas*. Представники цих родів ідентифіковано до видів. Визначено спектр використання органічних речовин цими мікроорганізмами. Найактивніші в біохіміч-

ному відношенні види досліджені з метою добору більш ефективної щодо очищення стічних вод спиртозаводів асоціації бактерій.

Визначення використання органічних речовин стічних вод домінуючими видами адаптованого активного мулу показало, що між ними існує відмінність як за субстратним спектром, так і за глибиною такого використання (табл.1).

Таблиця 1 – Спектр деструкції органічних сполук стічної води домінуючими видами активного мулу та сумішню культур

Культури (за номерами)	Деструктивна активність культур, % до вихідного рівня					
	органічні речовини	незбро- джені цукри	гліцерин	сума аміно- кислот	колоїди	бетаїн
1. P.putida	46,9	66,9	34,5	59,1	41,0	27,1
2. P.testosteroni	49,3	73,9	80,0	60,3	52,9	17,3
3. P.mendocina	44,8	76,3	96,5	80,5	64,8	100,0
4. P.stutzeri	45,2	78,7	100,0	80,9	73,9	100,0
5. P.aurantiaca	43,5	70,1	27,9	56,0	55,0	16,7
6. P.pseudoalcaligenes	42,1	67,3	33,1	49,9	41,7	18,0
7. P.seringia	42,9	69,9	42,5	51,9	38,3	10,9
8. P.alcaligenes	52,8	66,9	24,6	64,2	74,6	24,4
9. P.cepacia	43,4	67,9	25,6	67,9	49,4	20,8
10. Aeromonas subsp.	49,5	75,2	72,9	72,8	43,4	100,0
11. Aer. subsp. Punctata	48,9	71,9	66,1	63,9	45,9	10,0
12. Azomonas subsp.	41,8	66,9	100,0	44,5	38,3	31,4
13. Kurthia sp.	43,8	68,2	55,0	45,8	39,4	0,0
14. Zymomonas sp.	45,9	70,1	47,0	43,9	40,7	0,0
15. Edvardciella sp.	41,8	69,8	24,4	44,9	39,2	0,0
16. Caseoacter polymorfa	43,5	66,1	26,7	45,1	39,1	0,0
3+4+8+10+12	89,9	100,0	100,0	97,3	91,4	100,0

Органічні речовини споживаються усіма культурами в діапазоні 41-53%, амінокислоти – на 44-80%. На першому місці знаходяться P.stutzeri і P.mendocina. Колоїдні речовини використовуються на 38-73%, найбільш повно – штамами видів P.alcaligenes, P.stutzeri, P.mendocina, P.testosteroni. Цукри споживаються всіма монокультурами на 66-78%. Повне використання гліцерину притаманне P.stutzeri, P.mendocina, P.testosteroni, Azomonas sp.

Рівень деструкції бетаїну коливається в діапазоні від 0 до 100%, більшість домінуючих видів здатна використовувати його як єдине джерело вуглецю і азоту. Однак при вирощуванні їх на стічних водах на фоні багатьох інших джерел вуглецю і азоту ця здатність у деяких видів не проявляється. Погано використовують бетаїн у монокультурах: P.alcaligenes, P.testosteroni, P.putida, P.aurantiaca, Azomonas sp. Деструкція бетаїну в стічній воді зовсім не притаманна монокультурам

Zymomonas, Kurthia, Caseobacter, Edvardciella. Проте суміші всіх культур повністю вилучають бетаїн із стічної води, амінокислоти використовують його на 95-97%, колоїди – на 90-91%, гліцерин, цукри вилучаються із стічної води повністю, а сумарне використання органічних речовин барди сягає 90%.

Домінуючі культури оцінені за синтезом абсолютно сухої біомаси (АСБ г/дм³) та окислюючою здатністю, що виражена за показником забруднення ХСК (хімічне споживання кисню). Найактивнішими окислювачами є P.stutzeri, P.mendocina, Azomonas sp., P.alcaligenes, Aeromonas sp. Суміш культур у різних варіантах виявилась більш продуктивною порівняно з монокультурами. Сумарне окислення забруднень було вищим також у суміші культур і становило 65-70%. Найвищі показники притаманні суміші культур P.stutzeri, P.mendocina, P.alcaligenes, Azomonas sp., Aeromonas sp.

Визначено співвідношення мікроорганізмів, що утворили асоціативну суміш при очищенні стічних вод в безперервному режимі вирощування: P.stutzeri : P.mendocina : P.alcaligenes : Azomonas sp. : Aeromonas sp. – 25:25:25:12,5:12,5.

У результаті дослідження періодичного процесу встановлено, що асоціація мікроорганізмів на стічній воді (μ_{\max} - 0,225 год⁻¹) синтезує до 12 г/дм³ біомаси і її вихід від використаного БСК_П становить 0,445 г/г.

Величина рН середовища встановлюється завдяки життєдіяльності мікроорганізмів і лежить у межах 7,0-8,3.

Оптимальне значення температури відповідає фізіологічним потребам культур і складає 35-36 °С.

З метою визначення оптимальних параметрів процесу очищення стічної води асоціацією мікроорганізмів дослідження проводили на лабораторних моделях проточних аеротенків у безперервному режимі.

Аерацію стічних вод проводили відповідно до розрахунку питомих витрат повітря на повне окислення забруднень стічної води (50 м³/м³ год) при пневматичній системі аерації. Період аерації визначили експериментально. Досліди здійснювали при різних періодах аерації у проточних аеротенках на стічній воді, що мала БСК_П 25000-26000 мг/дм³).

Оптимальний період аерації визначали за такими контрольованими показниками, як залишкове ХСК, БСК_П очищеної барди і ефект очищення.

У результаті досліджень одержано залежності, що подані графічно на рис.1. Як видно з графіка, в дослідженому діапазоні періоду

аерації глибина очищення спочатку лінійно зростає із збільшенням часу аерації.

Після використання органічних компонентів барди приблизно на 80%, що відповідає періоду аерації 8,5 годин, лінійність залежності порушується і видно перегин кривої. Згідно з даними рис.1 період аерації в аеротенку має бути 9-10 годин, що відповідає $D=0,11-0,10 \text{ год}^{-1}$.

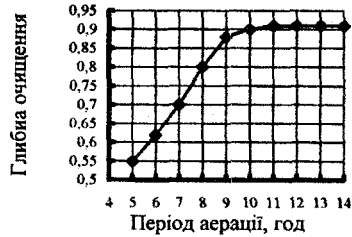


Рис.1 – Залежність глибини очищення (за БСК) стічних вод від періоду аерації в аеротенку

Порівняльний аналіз ефективності штучної асоціації та вихідної популяції активного мулу здійснено за питомою швидкістю окислення і відображено на рис.2.

Характер кривих 1, 2, що відповідає вихідному та адаптованому активному мулу, свідчить про низький рівень адаптації до концентрації забруднень, тобто до пригнічення процесу очищення. Ці криві демонструють зниження швидкості окислення на 25-35%, чого в межах досліджених концентрацій забруднень за БСК з кривою 3 не відмічається. Графік, що відповідає штучній асоціації, вказує на відсутність гальмування процесу при досліджених високих концентраціях субстрату і свідчить на користь застосування такої асоціації для очищення барди.

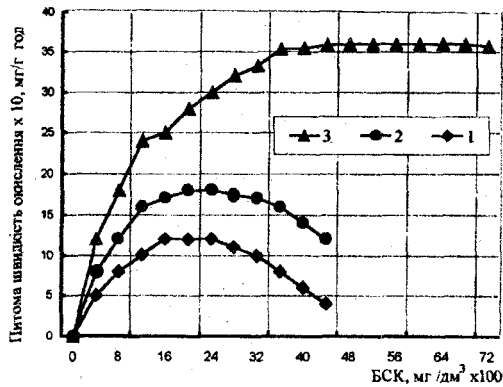


Рис.2 – Залежність питомої швидкості окислення стічних вод від БСК очищуваної води: 1 – первинним мулом; 2 – адаптованим мулом; 3 – асоціацією

При експлуатації дослідно-промислової установки для очищення ПДБ як аеротенк використовували ферментер ДАУ-600, що застосовувався для вирощування кормових дріжджів, з реконструйованою ерліфтною системою аерації. Подача стічної води відповідала швидкості розбавлення $D=0,11 \text{ год}^{-1}$. Аерація здійснювалася стисненим повітрям від повітродувки. Температура процесу забезпечувалася за рахунок

тепла екзотермічних реакцій, що відбуваються при біохімічному окисленні органічних речовин, забруднюючих стічну воду. Надлишкове тепло відводилось шляхом зрошення ферментера водою і через поверхні теплообміну.

Експерименти на дослідно-промисловій установці показали, що за умов технологічних режимів її роботи очистка ПДБ асоціацією мікроорганізмів забезпечується за ХСК на 77%, за БСК – на 90% (табл.2).

Таблиця 2 – Очищення стічної води на Івано-Франківському спиртозаводі

Показники	Стічна вода	Очищена вода
Період аерації, год /	9 / 0,11	9 / 0,11
Швидкість розбавлення, год ⁻¹		
Величина рН	4,1±0,5	8,2±0,5
ХСК, мг/дм ³	24830±1580	5200±315
БСК _п , мг/дм ³	19830±590	2100±368
Концентрація АСБ, г/дм ³ (ферментер)		10,5±1,3
Ефект очищення за ХСК, %		77,1±2,3
Ефект очищення за БСК _п , %		89,4±0,5
Незброджений цукор, % на СР	1,56	0,33
Гліцерин, % на СР	2,33	Сліди
Бетаїн, % на СР	18,99	Сліди

З даних табл.2 видно, що після вирощування асоціації мікроорганізмів на стічних водах Івано-Франківського спиртозаводу показник забруднення ХСК падає до 5200 мг/дм³, а БСК – до 2100 мг/дм³, що свідчить про асиміляцію значної долі органічних речовин. Практично повністю використовуються залишки гліцерину, незброджені цукри, бетаїн.

Таким чином, концентровані стічні води спиртового заводу – післядріжджова барда очищується асоціацією мікроорганізмів на 90% за БСК_п, а 10% забруднень, що залишилися, надходять у загальний потік заводських стічних вод, змішуються і направляються на міські очисні споруди. Очищення супроводжується синтезом біомаси до 12 г/дм³, що виділяється у вертикальних відстійниках, ущільнюється і висушується на розпоршувачій сушарці самостійно або в суміші з кормовими дріжджами. На одержані продукти розроблено Технічні умови.

Ефекту очищення досягнуто за рахунок деструкції важкоокислюваних сполук. У традиційних технологіях мікроорганізми руйнують їх в незначній мірі. Окрім того, кінцевими продуктами цієї технології є не тільки очищена стічна вода, а й бактеріальна біомаса, збагачена протеїном (48-72%) та біологічно активними речовинами (ненасичені жирні кислоти, незамінні амінокислоти, вітаміни групи В).

Медико-біологічні та зоотехнічні дослідження показали, що в 1 кг

мікробної біомаси міститься 0,96 кг кормових одиниць, вона не виявляє токсичної, алергенної дії на організм тварин і може використовуватися як кормова домішка у тваринництві.

1. Кошель М.И., Каранов Ю.А., Заболотная Г.М. и др. Очистка сточных вод заводов, вырабатывающих хлебопекарные дрожжи // Обзорная информация. Серия 24. Вып.3. – М.: АГРОНИИТЭИПП, 1992. – 29 с.

2. Кошель М.И., Дудник А.А., Пухова Т.Н. Использование послеспиртовой барды в сельском хозяйстве. – К.: Госпищепром Украины, 1995. – 23 с.

3. Никитин Г.А. Метановое брожение в биотехнологии: Уч. пособие. – К.: Вища школа, 1990. – 207 с.

4. Кошель М.И., Каранов Ю.А., Заболотная Г.М. и др. Обезвреживание концентрированных сточных вод спирто-дрожжевых предприятий с получением кормового белкового продукта // Обзорная информация. Серия 24. Вып.6. – М.: АГРОНИИТЭИПП, 1990. – 28 с.

5. Кошель М.И., Каранов Ю.А., Заболотная Г.М. и др. Руководство по анализу сточных вод спирто-дрожжевых заводов. – К.: Харчова і переробна промисловість, 1994. – 65 с.

6. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Звягинцева Д.Г. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 303 с.

7. Краткий определитель бактерий Берги / Под ред. Хоулга Дж. – М.: Мир, 1980. – 495 с.

Отримано 10.12.2000

УДК 628.349.08; 628.316.6

В.П.ШПАЧУК, д-р техн. наук, Е.А.ЧЕРКАШИНА

Харьковская государственная академия городского хозяйства

А.И.ФЕДОРОВ, канд. техн. наук, С.Ю.ПУЧКОВ, М.С.ТЮТЮННИК,

В.М.ЛУКЬЯНОВ, З.П.ГИЛЬ

Институт проблем машиностроения им.А.Н.Подгорного НАН Украины, г.Харьков

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНО-ВИБРАЦИОННОГО МЕТОДА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Приведены результаты экспериментальных исследований электроимпульсно-вибрационного метода очистки сточных вод. Получены зависимости количества образующегося коагулянта от амплитуды A и частоты вибрации f днища корпуса реактора, массы загрузки m_3 , эффективности очистки от параметра m_3 . Установлена эффективность электроимпульсно-вибрационного метода по сравнению с чисто электроимпульсным.

Охрана окружающей среды от загрязнения и истощения сегодня является одной из важнейших научно-технических задач. В этой связи проблема очистки сточных вод промышленных предприятий приобрела большую актуальность.

Значительное количество высокотоксичных ионов тяжелых металлов содержит сточные воды гальванических производств, которые принадлежат к наиболее опасным загрязнителям окружающей среды. Основными компонентами таких сточных вод являются соединения