

ІММОБІЛІЗАЦІЯ МІКРООРГАНІЗМІВ АКТИВНОГО МУЛУ –

Т.ТКАЧЕНКО,
аспірант
О.СЕМЕНОВА, Н.БУБЛІЄНКО,
кандидати технічних наук
Національний університет харчових технологій

РОЗВ'ЯЗАННЯ проблеми екологізації підприємств молочної промисловості має значно покращити екологічний стан навколишнього середовища, адже здебільшого стічні води молокозаводи скидають у каналізаційну мережу чи водойму без попереднього очищення, забруднюючі речовини газопилових потоків не вловлюються, а безпосередньо викидаються в атмосферу.

Тож основні джерела забруднення — стічні води та газопилові потоки. Кількість і різноманітність відходів на молочних заводах залежить від профілю

ефективний метод інтенсифікації процесу очищення стічних вод молокопереробних підприємств

підприємства, а також асортименту продукції. Утворення стічних вод — невід'ємна частина технологічного процесу. Отже, проблема очищення стоків набуває гострого характеру й розв'язання її — першочергове завдання сучасної біотехнології, яке передбачає повну нейтралізацію розчинних у воді органічних забруднювачів, трансформацію та вилучення з води мінеральних речовин; очищення води від мікроорганізмів активного мулу, за допомогою якого вилучаються з води розчинні забруднювачі.

Виробництво молочної продукції — пріоритетна галузь харчової промисловості. Технологія виготовлення харчової продукції передбачає утворення на кожному підприємстві відходів, що відрізняються за кількістю, показниками забруднення, агрегатним станом тощо

Зрозуміло, що ці два завдання значно відрізняються за поставленою метою та можливістю її досягнення. Однак існують технологічні процеси, що дають змогу одночасно їх реалізувати. **Поліпшити роботу аеротенка — основної споруди процесу очищення — можна покращенням умов контактування реагуючих фаз (забруднювачів, активного мулу, кисню) з метою підвищення загальної швидкості процесу очищення.**

Існує чимало способів інтенсифікації, серед яких, на нашу думку, на особливу увагу заслуговує іммобілізація мікроорганізмів активного мулу.

Як правило, процес біохімічного очищення має бути безперервним. Однак швидкість розведення не може перевищувати швидкість приросту мікроорганізмів активного мулу, адже протік стічної води винесе мікробні клітини з очисної споруди. Раніше цю проблему розв'язували поверненням регенованого активного мулу в аеротенк. Але з біологічної точки зору це рішення кардинально неправильне: біоценоз з очищеної води потрапляє в "свіжу" (забруднену) стічну воду, де його розвиток протягом деякого часу дещо ускладнюється (так званий період адаптації активного мулу). Виправити це можна лише іммобілізацією мікроорганізмів в очисній споруді.

Крім того, стічні води (особливо молокопереробного виробництва) здебільшого характеризуються нерівномірністю надходжень, та й концентрація забруднювачів у них, зазвичай, різна. Додаткова складність — у застосуванні усереднювачів, необхідних за цих умов, тому використання іммобілізованої мікрофлори, що характеризується досить високою стійкістю живих організмів, дає змогу розв'язати цю проблему в процесі очищення без додаткового обладнання.

Для забезпечення якісного очищення стічної води до біологічного складу активного мулу мають вхо-

дити різні групи мікроорганізмів (Rhizopoda, Flagellata, Mastigophora, Ciliata, Suctoria, Zoogloea ramigera, Pseudomonas, Bacillus, Alcaligenes, Escherichia тощо), здатні до повної мінералізації органічних речовин в очищеній воді. Але, за деякими даними, такі мікроорганізми характеризуються дуже повільною швидкістю приросту. **Досягти стійкого, постійного функціонування цих організмів у проточній очисній споруді можна лише за допомогою іммобілізації їх на нерозчинних адсорбентах.** Тож іммобілізація різноманітних організмів водного середовища — необхідна умова надійного, глибокого та ефективного біологічного очищення стічної води.

Саме розвиток методів управління штучною іммобілізацією сприяв усвідомленню переваг застосування в біологічних реакторах іммобілізованих клітин. Уже стала доступною іммобілізація будь-яких клітин, що значно розширило можливості їхнього застосування. Навіть у випадку очищення стічних вод останні досягнення дали змогу значно вдосконалити цей традиційний процес.

Отже, іммобілізована мікрофлора має ряд переваг при використанні її в біотехнології. По-перше, такий "іммобілізований каталізатор" процесу очищення легко вилучити з реакційного середовища, що дає змогу зупинити очищення в потрібний момент. Крім того, іммобілізований носій пристосований до багаторазового використання, очищена ж стічна вода не забруднена мікробними клітинами, тож потреба у вторинному відстійнику відпадає.

По-друге, з використанням іммобілізованого активного мулу можна проводити ферментацію стічної води безперервно й за необхідності регулювати швидкість процесу очищення зміною швидкості потоку.

По-третє, іммобілізація мікробної ферментативної біомаси дає змогу підвищити каталітичну активність

Характеристика процесу очищення стоків молочного виробництва з використанням жовтого сапоніту як нерозчинного носія для іммобілізації аеробного активного мулу

Співвідношення адсорбент : активний мул, г/л : г/л	Значення ХСК (мг О ₂ /л) в процесі аеробної ферментації				
	Початок	12 год.	24 год.	36 год.	48 год.
1:8	1400	800	400	40	
4:8	1400	600	40		
0:8 (контроль)	1400	1000	550	250	40

ферментів залежно від зміни деяких факторів середовища, наприклад, рН-середовища, що досить актуально для стоків молочного виробництва, адже вони характеризуються кислим рН-середовищем, неприйнятним для більшості окисно-відновних ферментів.

Таким чином, **ефективність застосування іммобілізованого активного мулу не викликає сумнівів**, але з технологічної точки зору реалізація цього способу може бути дещо ускладнена.

Відомо кілька методів іммобілізації мікробної біомаси на носіях, наприклад, на розчинних і нерозчинних. З урахуванням умов процесу очищення стічних вод, можна застосовувати лише нерозчинні адсорбенти. Тоді постає питання: який спосіб закри-

і поширеним у промисловості адсорбентом, до того ж він ще й недорогий. Для рівномірного розташування в товщі реакційного середовища носій було подрібнено до фракції, наближеної за своїми розмірами до пластівців активного мулу, адже муло-водяну суміш перемішували дрібнодисперсними бульбашками кисню повітря, і великі розміри іммобілізованої мікрофлори призводили до зависі каталізуючого агента на дні споруди.

Іммобілізацію мікроорганізмів на носіях здійснювали в різних умовах за кількісним складом сапоніту, що дало змогу встановити співвідношення кількості адсорбенту до активного мулу на ньому. Стандартна концентрація активного мулу в аеротенку становила 8 г/л, а адсорбенту варіювала. У першій серії дослідів співвідношення наповнювача до активного мулу становило 1:8, тобто на 1 г/л сапоніту було прикріплено 8 г/л активного мулу. У другій серії дослідів співвідношення становило 4:8. Третя серія була контрольною, тобто процес очищення відбувався в стандартних умовах без застосування адсорбенту.

Якість процесу очищення оцінювали за динамікою ХСК (хімічне споживання кисню) стічної води. Початкове значення ХСК перебувало приблизно на рівні 1400 мг О₂/л. У стандартних умовах (у контрольній серії дослідів) очищення до норм скидання в природні водойми відбувалося приблизно за 48 год. А застосування іммобілізованої мікрофлори дало змогу покращити ці результати. Отже, в таблиці подані остаточні значення проведених досліджень.

Проведені дослідження дають підстави зробити кілька висновків. Так, використання іммобілізованої мікрофлори доцільне й ефективне — прикріплена мікрофлора очисної споруди виявляла значно більшу біохімічну активність, ніж вільно плаваючі пластівці активного мулу в рідкому середовищі. За стандартних умов (без застосування нерозчинного носія) процес повного очищення завершувався через 48 год., ефективність очищення становила приблизно 95–97%. При малій концентрації адсорбенту (1 г/л) очищення прискорюється на 25%, тобто аеробна ферментація скорочувалась до 36 год. Значна концентрація жовтого сапоніту (4 г/л) повністю очищала стічну воду за 24 год., тобто процес окислення органічних забруднювачів прискорювався вдвічі.

Запропонований метод інтенсифікації аеробної ферментації стічної води можна успішно використовувати на станціях очищення з високою потужністю.

Новий метод інтенсифікації аеробної ферментації стічної води можна успішно використовувати на станціях очищення з високою потужністю

плення мікроорганізмів варто застосовувати — хімічний чи фізичний? Було обрано фізичний метод, як найбільш вживаний та найдавніший з усіх сучасних. Іммобілізація ферментативної біомаси на нерозчинних носіях характеризується винятковою простотою й досягається при контакті водного розчину (в даному випадку муло-водяної суміші) з носієм. Цей метод має назву статичного: підготовлений носій залишають на деякий час у біореакторі, а іммобілізації досягають завдяки самовільній дифузії ферментів мікроорганізмів на поверхні носія з подальшою їх адсорбцією.

Вибір носія — досить складне завдання, адже тип носіїв відомо чимало (від активованого вугілля до синтетичних волокнистих насадок). Для дослідів обрали жовтий сапоніт, який вважають ефективним