

І. М. Корнієнко

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПІДХОДІВ В ОБЛАСТІ БІОХІМІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ МІСЬКИХ СТІЧНИХ ВОД ІММОБІЛІЗОВАНИМ БІОЦЕНОЗОМ

Дніпродзержинський державний технічний університет

Перспективою сьогодення є використання сучасних біотехнологічних методів спрямованих на підвищення якості очищення стічних вод. Встановлено необхідність використання високо розвинутих поверхонь для іммобілізації біоценозу активного мулу. Показано можливість збільшення дози активного мулу в 3,5 рази за рахунок його прикріплення. Доведено покращення видового складу активного мулу за рахунок його іммобілізації шляхом зниження чисельності нитчастих бактерій і збільшення зооглей. Розроблено конструкцію завантаження рекомендовану для збільшення дози мулу в класичних аеротенках.

Вступ

Значення біотехнології в рішенні екологічних проблем у доступному для огляду майбутньому буде зберігатися і навіть зростати в зв'язку з технічним прогресом і збільшенням масштабів промислового виробництва, наслідком яких є посилення негативного тиску людини на рослинний і тваринний світ планети. Розвиток екологічної біотехнології, як науки, йде в напрямках удосконалювання і створення нових методів, технологічних схем, устаткування і систем контролю та керування. Розробляються нові штами мікроорганізмів на основі методів генної інженерії. Моделювання біотехнологічних апаратів багато в чому сприяє оптимізації біотехнологічних процесів, воно спрямоване на досягнення позитивних результатів при мінімальних витратах сировини, енергії і робочої сили. Основним фактором, що визначає тривалість процесу біохімічного окислювання забруднюючої речовини, є швидкість руйнування останнього на більш прості метаболіти. Тому необхідно вивчати шляхи використання основних положень хімічної кінетики для оцінювання швидкості метаболічних перетворень в аеротенку. Дослідження кінетики біохімічних перетворень включають вивчення залежності швидкості реакції від концентрації реагуючої речовини та від інших параметрів, які обумовлюють ферментативну активність (температура, рН, концентрація ферменту, наявність різних гальмуючих або стимулюючих речовин та ін.)

Активність ферментів залежить від температури навколишнього середовища. Зі зниженням температури прогресивно зменшується ферментативна активність до повного придушення. Цей процес є оборотним, тому що при низьких температурах

ферменти не руйнуються. З підвищенням температури дія ферменту підсилюється якщо вона не перевищує граничне значення. При подальшому підвищенні температури активність ферменту знижується, а потім відбувається повне необоротне придушення активності й руйнування ферменту. Цей технологічний параметр може слугувати показником ефективності ферментативної діяльності бактерій активного мулу при біохімічному окислюванні органічного субстрату.

Активність ферментів бактерій залежить від рН середовища, однак оптимальне значення рН середовища для кожного ферменту своє й залежить від його походження та хімічного складу промислових стічних вод, що очищують.

Наявність азоту у виробничих стічних водах стимулює метаболічну активність нітрифікуючих бактерій активного мулу, які в аеробних умовах окисляють амонійний азот до нітратів.

Нітрифікуючі бактерії ростуть на простих мінеральних середовищах, що містять субстрат, що окислюється, у вигляді амонію або нітритів і вуглекислоту. Джерелом азоту в конструктивних процесах можуть бути, крім амонію, гідроксиламін і нітрити [1,2].

В основу мети дослідницької роботи покладено методику дослідження якісного складу біоценозу очисних споруд м. Дніпродзержинська зі застосуванням полісентитичних носіїв для його іммобілізації направленої на збільшення біомаси активного мулу і ферментативної активності. Для досягнення поставленої мети в роботі сформульовано та вирішено такі задачі:

- досліджено вплив різних типів носіїв на ступінь іммобілізації активного мулу;
- встановлено відмінності в видовому складі

імобілізованого біоценозу в порівнянні з вільно плаваючим;

— розроблено тип завантаження для іммобілізації біоценозу, використання якого дозволить збільшення дози активного мулу.

Місто Дніпродзержинськ відноситься до промислового регіону, в ньому зосереджена велика кількість хімічних підприємств (БКХЗ, ДКХЗ, «ДНПРОАЗОТ») та металургійний комбінат ім. Дзержинського. Усі промислові об'єкти використовують в технологічних цілях великі обсяги питної води, утворюючи велику кількість стічних вод. Річка Дніпро є основним джерелом водопостачання питної води на території України, вона забезпечує 85% українців питною водою, тому актуальність проблеми полягає у розробці сучасних удосконалених біотехнологічних методів інтенсифікації біохімічного очищення стічних вод шляхом направленої використання властивостей біоценозу виходячи з його специфічності.

Експериментальна частина

Очищення промислових та господарчо-побутових стічних вод (на прикладі м. Дніпродзержинська) відбувається за такими стадіями:

- механічне очищення;
- біохімічне очищення;
- знезараження стічних вод.

Найбільший ефект очищення досягається завдяки процесам біоокислення органічних та неорганічних речовин під дією ферментних систем бактеріальних клітин. Головними недоліками роботи очисних споруд м. Дніпродзержинська є відхилення від встановлених нормативів відносно бактеріологічних показників, завислих речовин, азоту амонійного, фосфатів та сухого залишку. Тому, для доведення якості стічних вод до встановлених норм ГДК, здійснено дослідження якісного складу біоценозу активного мулу з застосуванням завантажень різних типів. Суть розробленої методики дослідження якісного складу біоценозу очисних споруд м. Дніпродзержинська полягала у визначенні оптимальної форми та вибору матеріалу для розробки завантажень призначених для збільшення біомаси активного мулу, їх ферментативної активності без зайвих витрат енергоносіїв.

Експериментальні дослідження щодо вивчення процесу іммобілізації біоценозу здійснювали в умовах діючих очисних споруд м. Дніпродзержинська шляхом занурення експериментальних завантажень до аеротенку протягом 10 діб. Оцінювання якості очищення стічних вод виконували з використанням акредитованих методик для лабораторії з контролю якості стічних вод. Дослідження якісного складу біоценозу здійснювали з використанням вимог щодо виконання гідробіологічного аналізу.

Активний мул являє собою біоценоз мікроорганізмів-мінералізаторів, здатних сорбувати на своїй поверхні й окисляти в присутності кисню органічні речовини стічної рідини. За станом його

скупчень і складу найпростіших форм можна судити про якість активного мулу. Якісний активний мул має компактні пластівці середньої окружності. У ньому розвинуті коловертки сидячих форм. Показниками погіршення якості мулу є наявність нитяних форм бактерій і зникнення коловерток, поява дрібних амеб. Якість активного мулу залежить від таких факторів, як повнота попереднього відстоювання стічних вод, характеру органічних забруднень, інтенсивності і тривалості очищення. Активність мулу залежить від його віку, який не може перевищувати 6–7 діб. Віком мулу називається середня тривалість перебування мулу в аеротенках. У нормальних умовах активний мул повинен мати муловий індекс 60–100 см³ на 1 г сухої речовини мулу. Нажаль, муловий індекс на прикладі очисних споруд м. Дніпродзержинська становить 180–220 см³, що свідчить про його перезавантаження та низьку окислювальну здатність.

Одним зі шляхів інтенсифікації процесу біологічного очищення є збільшення дози активного мулу в спорудах за рахунок іммобілізації його на розвинутих поверхнях. У цей час приділяється велика увага накопиченню біомаси за допомогою спеціальних насадок і завантажень, що поміщають безпосередньо в аеротенк. Крім збільшення окисної потужності при використанні таких споруджень спостерігається істотне підвищення їх буферності й надійності в роботі при залпових скиданнях забруднюючих речовин. Найбільш важливим конструктивним елементом спорудження із прикріпленою мікрофлорою є завантаження, на якому розвивається біоплівка. Як завантаження в аеротенки використовуються різні матеріали. Загальною вимогою для них є наявність гарно розвинутої поверхні, на якій можуть закріплюватися мікроорганізми. У роботі використали наступні самостійно розроблені завантажувальні матеріали: екран із флізелінової тканини, коса із синтетичного матеріалу й перфорований поліетиленовий циліндр із наповнювачем, які зображені на рис. 1 та 2.



Рис. 1. Загальний вигляд завантажень: 1 — екран з флізелінової тканини; 2 — коса з синтетичного матеріалу



Рис. 2. Завантаження у вигляді перфорованого поліетиленового циліндра з флізеліновим наповнювачем

Теоретичні основи процесу іммобілізації вказують на те, що завантажувальний матеріал сприяє збільшенню дози мулу в об'ємі реактора. Мул аеротенків із завантаженням складається з бактеріальних зооглей. За морфологічною структурою хлопків активного мулу у звичайному аеротенку відрізняється від аеротенків із завантаженнями.

Результати та їх обговорення

Процес іммобілізації біоценозу на завантаженнях різного типу для наочності наведено на рис. 3 та 4.



Рис. 3. Іммобілізація біоценозу на завантаженнях у вигляді екрану з флізелінової тканини (а) та коси з синтетичного матеріалу (б)



Рис. 4. Іммобілізація біоценозу на завантаженні з перфорованого поліетиленового циліндру з наповненням із флізеліну

При дослідженні процесу іммобілізації на різних типах матеріалів і конструкцій визначено переваги та недоліки типів конструкції за отриманими результатами досліджень. Ефективними матеріалами у здійсненні дослідження стали екран з флізелінової тканини та поліетиленовий перфорований циліндр з наповнювачем, а от коса із синтетичного матеріалу не дала бажаних результатів.

Ефективність використання екрану виражається у відповідності матеріалу та конструкції, який було розміщено вздовж внутрішньої стіни аеротенку.

Результати досліджень свідчать, що на екрані відбувається іммобілізація водоростей, які є головною причиною руйнування залізобетонних конструкцій на усіх очисних спорудах.

Тому розміщення екранів вздовж стінок споруд дозволить попередити руйнування конструкцій та значно знизить витрати фізичної праці операторів очисних споруд, які за відповідним графіком, незважаючи на пору року, здійснюють вручну очищення стінок від водоростей. Флізелін екрану є захисним прошарком для стін від обростання водоростями. За необхідністю існує можливість зняття екранів та їх очищення після чого вони знову занурюються.

Порівняльна характеристика активного мулу аеротенків та іммобілізованого біоценозу на завантаженні відображена у в табл. 1 та 2.

Таблиця 1

Характеристика активного мулу аеротенку

Індикаторні організми без іммобілізації	Частка одного виду в загальній кількості екземплярів	Частота зустрічання, Н
Euglypha	1	1
Centropixis	1	1
Bodo	21	7
Colpoda	10	5
Aspidisca turida	2	2
Litonotus	10	5
Epistilis	2	2
Tokophria	1	1
Nematoda	10	5
Oligocheta	10	5
Clodothrix	26	7

Для визначення впливу процесу іммобілізації на ступінь очищення стічних вод в аеротенку наведено гідробіологічне оцінювання, яке зведене до табл. 2.

Таблиця 2

Визначення видового різноманіття іммобілізованого біоценозу в аеротенку

Індикаторні організми при іммобілізації	Доля одного виду в загальній кількості екземплярів	Частота зустрічання, Н
Euglypha	12	4
Centropixis	12	4
Bodo	3	1
Colpoda	2	1
Aspidisca turida	6	2
Litonotus	2	1
Epistilis	8	2
Tokophria	1	1
Nematoda	3	1
Oligocheta	1	1
Clodothrix	6	3
Monostyla	3	1
Callidina	2	1
Carchesium	3	1

За результатами досліджень встановлено, що значне зниження нитчастих бактерій Clodothrix (з 26 до 6 видів), які призводять до спухання активного мулу, пов'язано з іммобілізацією біоценозу. Значне зниження кількості черв'яків Nematoda та Oligocheta пов'язано з відсутністю застійних зон завдяки іммобілізації. Іммобілізація активного мулу сприяє підвищенню чисельності коловерток, що свідчить про створення оптимальних умов для активного мулу та покращеного процесу аерації в самій насадці циліндричного типу.

Під час іммобілізації активного мулу вдається підвищити його якісний склад з присутністю пере-

важно позитивних індикаторних організмів, внаслідок чого буде відтворено екологічно безпечний стан зворотних вод.

Під час зниження кількості нитчастих бактерій вдається вирішити проблему виносу мулу, яка призводить до перевищення встановлених норм ГДК відносно завислих речовин у стічних водах. Порівнюючи гідробіологічний контроль аеротенку без іммобілізації біоценозу з іммобілізацією його на насадці, видно, що іммобілізація активного мулу має можливість підвищити якість очищення стічної води з доведенням до норм ГДК.

Експериментами встановлено, що іммобілізація сприяє збільшенню біомаси біоценозу та попереджає винос його з очисних споруд. При зануренні експериментальної насадки в аеротенк доза активного мулу в завантаженні циліндричної форми складала 3,5 г/л, що в порівнянні з діючою 0,8–1,0 г/л в 3,5 рази більша без зайвих витрат електричної енергії. Отримані данні свідчать про технологічну доцільність використання завантажень.

На базі результатів досліджень розроблено завантаження циліндричної форми, яке рекомендовано до впровадження на очисних спорудах (рис. 5).

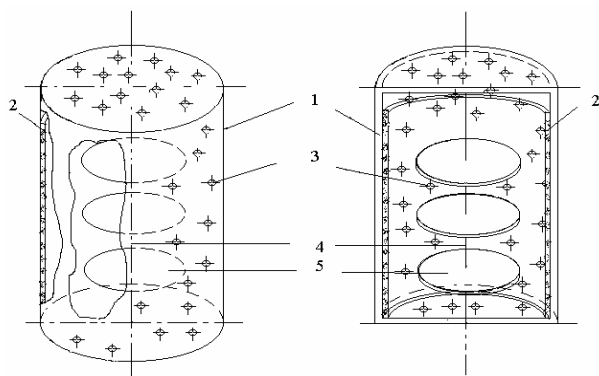


Рис. 5. Завантаження для аеротенка — вигляд в аксонометрії та вертикальному перерізі: 1 — полімерний циліндр; 2 — флізілін; 3 — отвори; 4 — вставка; 5 — диски

Висновки

На сьогоднішній день по запасам водних ресурсів Україна займає одне із останніх місць серед країн Європи, а по водовикористанню валового продукту опереджає їх. Одним із перспективних методів вирішення поставленої державної програми є зниження впливу забруднювачів на басейни Дніпра, припинення скиду недоочищеної стічної води шляхом забезпечення її очищення у співвідношенні з проектними параметрами очисних споруд. Потрапляння біогенних елементів до р. Дніпро зі зворотними водами призводить до евтрофікації водоймищ, порушення гідрохімічного та гідробіологічного режиму, процесів самоочищення та масового розвитку вищої рослинності. Розвиток водо-

ростей у водоймах спричиняє погіршення умов існування інших водних організмів, а саме бактерій сапрофітів. При масовому відмиранні водоростей, виділяються антибіотичні речовини, які токсичні для тварин і людини.

Зазначені проблеми низької якості очищення стічної води притаманні багатьом типовим очисним спорудам, тому і потребують своєчасного вирішення. Виходячи з цього, існує необхідність своєчасного вирішення проблеми низького ступеня очищення стічних вод на очисних спорудах, які забудовані в 1980 році і не відповідають сучасним вимогам.

За класичною науковою теорією щодо вирішення проблеми очищення стічних вод визнано, що найбільш ефективне очищення проводиться на міських очисних спорудах біологічного очищення спеціально сформованим біоценозом активного мулу. Виходячи з цього, можливо зробити висновок про необхідність покращення ступеня очищення стічних вод. Міські очисні споруди не адаптовані до виконання якісного очищення стічних вод, що і підтверджує актуальність проблеми.

Одним із сучасних напрямів в розвитку біотехнології є використання іммобілізованих біоценозів, ферментів, тваринних і рослинних клітин на носіях різного типу та матеріалів. Використання іммобілізуючих поверхонь призводить до прикріплення біомас, і як наслідок, збільшення ферментативної активності, стійкості ферментативних систем.

Сьогодення характеризується різноманітністю виробів іммобілізуючих матеріалів типу «Вія», «Йорж», але вони є високовартісними, тому доцільно з економічної точки зору розглянути та розробити в умовах діючого підприємства «Дніпродержинськводоканал» завантаження працюючою бригадою слюсарів за створеними ескізами. У ході здійснених досліджень отримано практичні результати з можливістю їх впровадження в умовах діючих очисних споруд. Для захисту водного басейну р. Дніпро від небезпечних компонентів необхідним є створення вдосконаленої системи очищення стічної води шляхом створення стабільних умов існування для живих організмів, що утворюють біоценоз аеротенків. Поставлене завдання вирішується вдосконаленням технології очищення стічної води шляхом підвищення дози активного мулу завдяки розробленим конструкціям завантажень для аеротенків. Результати іммобілізації підтвердили можливість вдосконалення роботи очисних споруд шляхом впровадження сучасних методів іммобілізації мулу. Визнано позитивний ефект впливу прикріплення біоценозу до завантажень, що дають змогу підвищити дозу активного мулу у 3,5 рази в порівнянні з робочою. Це явище сприяє поліпшенню ферментативної активності зооглей та їх іммобілізації, яка покращить активність ферментних систем та захистить від руйнування. Впровадження іммобілізації

дозволяє уникнути проблеми виносу активного мулу з очисних споруд за рахунок зведення до мінімуму кількості нитчастих бактерій, котрі призводять до спухання біоценозу. Впровадження завантажень дозволить виключити зайве використання електроенергії шляхом природного закріплення біоценозу та збільшення його біомаси майже в 3,5 рази.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Яковлев С.В., Ласков Ю.М., Карелин Я.П. Коммунальное водоотведение и очистка сточных вод. — М.: Стройиздат, 1996. — 591 с.
2. Гуляев В.М., Волошин М.Д. Екологічна біотехнологія. — Дніпропетровськ: Системні технології, 2002. — 127 с.

Надійшла до редакції 4.06.2011