

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук

Саблій Лариси Андріївни

на дисертаційну роботу **Цитлішвілі Катерини Олександрівни**

**«Екологія іммобілізованого азоттрансформуючого
мікробіоценозу в системах очистки стічних вод»**,

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії

з галузі знань 10 «Природничі науки»

за спеціальністю 101 «Екологія»

Актуальність теми дисертаційної роботи.

Проблема очищення стічних вод від біогенних елементів є досить актуальною, оскільки саме скид недостатньо очищених стічних вод, зокрема, за сполуками азоту, є причиною потрапляння у поверхневі водойми амонійного азоту, нітритів та нітратів, концентрації яких можуть перевищувати гранично-допустимі (ГДК). У свою чергу, це різко знижує здатність водойм до самоочищення, а в умовах жорсткого антропогенного навантаження призводить до погіршення якості води у джерелах, залучених до систем водопостачання.

Можливим вирішенням даних проблем є підвищення ефективності роботи очисних споруд для біологічного очищення стічних вод шляхом використання мікробіологічної нітри-денітрифікації, анамокс-процесу як за допомогою вільноплаваючих мікробіоценозів – активного мулу, так і іммобілізованих на різноманітних носіях. Саме іммобілізовані азоттрансформуючі мікробіоценози на сьогодні є найбільш перспективними для використання в автотрофних процесах, що дозволяють нарощувати біомасу автотрофних мікроорганізмів в певному місці і часі. Оскільки екологія та особливості розвитку саме азоттрансформуючих іммобілізованих мікробіоценозів в умовах очищення висококонцентрованих за органічними забруднюючими речовинами стічних вод в даний час є малодослідженими, то тема роботи представляється актуальною та важливою для сучасності.

Наукова новизна, теоретичне значення результатів дисертаційних досліджень.

У дисертації здобувачем вперше теоретично обґрунтовано та експериментально встановлено склад іммобілізованого азоттрансформуючого мікробіоценозу біодискової установки і трофічні й просторові відносини між різними азоттрансформуючими групами.

Вперше досліджено та визначено кількісні показники впливу екологічних чинників (t, розчиненого кисню, рН середовища, органічних речовин за ХСК) на деамонізацію та деазотацію стічних вод іммобілізованим азоттрансформуючим мікробіоценозом та його окремими еколого-трофічними групами.

Удосконалено методику дослідження екології азоттрансформуючих мікробіоценозів шляхом використання мікробіологічних, фізіологічних та біохімічних (інгібіторні експерименти) показників.

Дисертантом зроблено внесок у подальший розвиток теоретичних та практичних уявлень про можливості іммобілізованих мікробіоценозів високоєфективно видаляти сполуки азоту (в тому числі шляхом нітрифікації) з висококонцентрованих (за органічними забрудненнями) стічних вод та у технологію глибокого вилучення органічних та неорганічних сполук азоту з концентрованих стічних вод при обробці в біодисковій установці.

Практичне значення одержаних результатів.

На основі проведеного науково-теоретичного аналізу та експериментальних випробувань розроблено «Спосіб дослідження якості біологічного очищення стічних вод з використанням комплексного лабораторного устаткування» та отримано деклараційний патент України на корисну модель (Пат. № 142646). Спосіб очищення стічних вод від сполук біогенних елементів в дисковому біореакторі до нормативних вимог для скиду в водний об'єкт впроваджено на об'єкті ГО «ФЕЛЬДМАН ЕКО-ПАРК» (Акт впровадження від 24.09.2019).

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій.

Результати дисертаційних досліджень отримано завдяки використанню сучасних методів, за результатами проведених лабораторних досліджень та впровадження технології на діючому об'єкті. Основні положення та висновки дисертаційної роботи є аргументованими, ґрунтуються на отриманих експериментальних результатах і знаходяться у відповідності до сучасних теоретичних положень у галузі екології. Обґрунтованість та достовірність результатів і висновків базується на їх апробації на міжнародних та вітчизняних науково-практичних конференціях.

Повнота викладу основних результатів дисертації у наукових фахових виданнях.

За темою дисертаційної роботи опубліковано 16 наукових праць, серед них: 5 публікацій у фахових виданнях України, 1 стаття у виданні іншої держави з напряду дисертації (zareestrovano в міжнародній базі даних InspecDirect), 1 стаття у виданні, що індексується в наукометричній базі Scopus, 9 тез доповідей на всеукраїнських та міжнародних науково-практичних конференціях, 1 патент на корисну модель.

Структура, зміст та оформлення дисертації.

Дисертація складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Повний обсяг дисертації становить 186 сторінок: 129 сторінок основного тексту, 35 рисунків, 30 таблиць (5 таблиць

займають повністю площу 5 сторінок), список використаних джерел з 200 найменувань на 22 сторінках і 3 додатки на 6 сторінках.

У «Вступі» обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету досліджень та завдання, визначено об'єкт, предмет та методи дослідження, сформульовано наукову новизну та практичну цінність одержаних у роботі результатів досліджень та особистий внесок автора.

У першому розділі «Екологія азоттрансформуючих мікробіоценозів як основа для підбору параметрів очистки стічних вод від сполук азоту» дисертанткою виконано аналіз стану питання щодо екологічних властивостей азоттрансформуючих мікробіоценозів, які приймають участь в біогеохімічному кругообігу азоту, і на життєдіяльності яких базуються технології біологічної очистки стічних вод від азотвмісних сполук (деамонізації та деазотації водних середовищ). Визначено, що до основних екологічних чинників, які впливають на активність метаболізму як хемолітоавтотрофних, так і хемоорганогетеротрофних азоттрансформуючих мікроорганізмів, відносяться концентрація розчиненого кисню, наявність органічних сполук в середовищі, температура, рН, концентрація азотвмісних субстратів та ін.

У другому розділі «Об'єкти та методи експериментальних досліджень» зазначено, що об'єктом експериментальних досліджень були екологічні характеристики азоттрансформуючого мікробіоценозу, іммобілізованого на плоскому інертному носії, для видалення сполук азоту зі стічних вод різного складу. В якості екологічних чинників дослідили вплив температури, концентрації розчиненого кисню, концентрації амонійного азоту, реакції середовища рН і концентрації органічної речовини на життєдіяльність іммобілізованого азоттрансформуючого мікробіоценозу у контактному та проточному режимах обробки стічних вод в біодисковій установці.

Також в розділі наведено методи аналізу, що використовувались автором у роботі. У загальному, дисертантом використана достатня кількість методів досліджень, що є необхідною для розв'язання поставленої мети і завдань дослідження.

Третій розділ «Екологія іммобілізованого азоттрансформуючого мікробіоценозу лабораторної очисної установки» присвячено лабораторним дослідженням екології азоттрансформуючого мікробіоценозу (знятого з дисків лабораторної установки) за такими напрямками: визначення основних екологічно-трофічних груп мікроорганізмів, що входять в азоттрансформуючий мікробіоценоз (мікробіологічними, фізіологічними та біохімічними методами), визначення трофічних та просторових відносин між цими групами, визначення кількісних показників впливу екологічних чинників на активність деамонізації та деазотації стічних вод іммобілізованим мікробіоценозом.

У четвертому розділі «Експериментальні дослідження впливу екологічних чинників на перетворення азотвмісних сполук іммобілізованим мікробіоценозом при обробці стічних вод в лабораторному біореакторі у контактних умовах» описані результати експериментальних досліджень впливу екологічних чинників на перетворення азотвмісних сполук іммобілізованим мікробіоценозом при обробці стічних вод в лабораторному

біореакторі у контактних умовах. Нарощування та адаптування специфічного азоттрансформуючого мікробіоценозу у вигляді біоплівки відбувалось шляхом автоселекції та застосування екологічних чинників, як направляючих факторів добору для росту певних видів мікроорганізмів.

Показано, що сумарний ефект видалення $N-NH_4$ зі стічної води в дисковому біореакторі іммобілізованим мікробіоценозом у середньому в серіях з 5 випробувань склав 57,6% при високих навантаженнях розчинених органічних сполук - 1000 мгО/дм^3 , та високому ефекті видалення цих сполук – 98,8 %.

У п'ятому розділі «Експериментальні дослідження впливу екологічних умов на перетворення азотвмісних сполук іммобілізованим мікробіоценозом при обробці стічних вод в лабораторному біореакторі у проточних умовах» представлено результати експериментальних досліджень впливу екологічних умов на перетворення азотвмісних сполук іммобілізованим мікробіоценозом при обробці стічних вод в лабораторному біореакторі у проточних умовах. Швидкість подачі стічних вод в біореактор становила $4,26 \text{ дм}^3/\text{год}$, робочий об'єм – $28,3 \text{ дм}^3$, тривалість обробки стічних вод іммобілізованим мікробіоценозом – 6,6 год. Експериментально виявлено залежність розвитку й активності метаболізму іммобілізованих азоттрансформуючих бактерій в біореакторі від наступних екологічних факторів: величини рН; температури очищення води; концентрації розчиненого кисню; вмісту у стічних водах амонійного азоту та органічних речовин.

В кінці кожного розділу отримані експериментальні дані підсумовуються висновками.

Загальні висновки дисертаційної роботи логічно узагальнюють результати проведених досліджень, узгоджуються з метою та поставленими задачами роботи.

Дисертаційна робота написана грамотною технічною мовою і відповідає вимогам наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12 січня 2017 року «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 167 від 06 березня 2019 року. У дисертації відсутні порушення академічної доброчесності.

Рекомендації щодо отриманих результатів.

Результати дисертаційної роботи обґрунтували подальший розвиток досліджень у напрямку розвитку теоретичних та практичних уявлень про можливості іммобілізованих мікробіоценозів з високою ефективністю видаляти сполуки азоту з висококонцентрованих за органічними забруднюючими речовинами стічних вод, розробки технологій глибокого вилучення органічних та неорганічних сполук азоту з концентрованих стічних вод при обробці в біодисковій установці.

Зауваження та запитання до дисертаційної роботи.

1. В розділі 2 не вказані методи статистичної обробки результатів досліджень.
2. Дані, наведені в таблиці 3.2, відображають тільки частково характеристику стічних вод промислових підприємств. Відсутні такі показники як: завислі речовини; жири (молокопереробне підприємство); нафта і нафтопродукти (нафтопереробне); ароматичні вуглеводні (тютюнове виробництво) та ін. Не зрозуміло, яку стічну воду моделювали за показниками ХСК і БСК₅, якщо за цими показниками модельна стічна вода значно відрізняється від вказаних у табл. 3.2 промислових стічних вод?
3. На с. 80 в останньому абзаці наведено ефекти очищення стічних вод за різними показниками, але не уточнено, для яких стічних вод вказано ці результати? Наприклад, за показником ХСК вказано ефект до 98%, але в таблиці 3.2 наведено ХСК промислових стічних вод від 38 до 2300 мг/дм³. Потрібно було б уточнити, для яких саме стічних вод зазначено такий ефект?
4. На рис. 3.4 в області концентрації амонійного азоту понад 100 мг/дм³ одержані дані щодо концентрації амонійного азоту більші, ніж загального, що не може бути і, очевидно, є похибкою аналізів.
5. На с. 105 використано показник «щільність біомаси» в біореакторі в г/дм³. Враховуючи, що біомаса іммобілізована на дисках, очевидно, більш доречно було використати цей показник у розрахунку на одиницю площі поверхні – у г/дм².
6. Потрібно було б вказати, на які витрати стічних вод та максимальні концентрації забруднюючих речовин (органічних, сполук азоту) розраховані запропоновані в роботі біодискові установки при їх використанні на виробництві?
7. Доцільно було б визначити матеріальні та енергетичні витрати на біодискову установку, вартість обробки 1 м³ стічних вод при використанні запропонованої технології.
8. Є зауваження, щодо деяких термінів, які використані в роботі: «швидкість подачі» стічних вод (с. 148) замість «витрата» стічних вод; у висновку 3 зазначено, що розроблено «методологію» дослідження, тоді як запропоновано методику; автор використовує термін «стічна рідина» замість «стічні води»; «маркери» - щодо фрагментів полікарбонату - зразків матеріалу відомих розмірів.
9. В роботі трапляються описки (на с. 52 - «азотом нітратним» замість «азотом нітритним»). Слід відмітити незадовільну якість наведеної на рис. 2.2 хроматограми.

Зроблені зауваження не позначаються на загальному оцінюванні приведеного в дисертаційній роботі наукового матеріалу, не знижують наукове

і практичне значення результатів досліджень і висновків, не впливають на загальну позитивну оцінку роботи.

Висновки

Дисертаційна робота Цитлішвілі Катерини Олександрівни «Екологія іммобілізованого азоттрансформуючого мікробіоценозу в системах очистки стічних вод» є завершеною науково-дослідною роботою, в якій наведено нові наукові результати щодо екологічних властивостей азоттрансформуючих мікробіоценозів, які приймають участь в біогеохімічному кругообігу азоту, і на життєдіяльності яких базуються технології біологічної очистки стічних вод від сполук азоту. Висновки за дисертацією в повній мірі охоплюють результати дослідження, повністю представлені у наукових публікаціях і є коректними. Результати проведених здобувачем досліджень мають істотне значення для галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 101 «Екологія», зокрема, для дослідження якості біологічного очищення стічних вод за допомогою сучасного лабораторного устаткування з використанням екологічних властивостей іммобілізованих азоттрансформуючих мікробіоценозів.

Оформлення дисертаційної роботи відповідає вимогам Наказу міністерства освіти і науки України №40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертацій».

Дисертаційна робота на тему «Екологія іммобілізованого азоттрансформуючого мікробіоценозу в системах очистки стічних вод» відповідає вимогам пунктів 9-12 Постанови КМУ №167 від 06.03.2019 р. «Про проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», а її автор, Цитлішвілі Катерина Олександрівна, заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 101 «Екологія».

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,
професор кафедри екобіотехнології та
біоенергетики Національного технічного
університету України «Київський
політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

