

ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу **Ковальова Олексія Вікторовича** на тему:**«Біотехнологія вилучення іонів важких металів та інших домішок сухим магнітоміченим біосорбентом на основі *Saccharomyces cerevisiae*»**на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю
03.00.20 – Біотехнологія

Актуальність теми дисертації та її зв'язок з державними і галузевими програмами. Представлена до захисту дисертаційна робота О.В. Ковальова присвячена розробленню сучасної технології отримання сухого магнітоміченого біосорбента (ММБС) на основі дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* та біотехнологічних параметрів очищення стічної води. Цей напрямок досліджень є актуальним з наукової й практичної точки зору, оскільки сучасні методи штучного магнітомічення є перспективними для створення екологічно безпечних сорбентів для вилучення розповсюджених забруднень із стічних вод підприємств різних галузей. Існуючі технології штучного магнітомічення не забезпечують стабільності магнітної сприйнятливості біосорбентів, спричиняють кластеризацію наночастинок, що лімітує їх застосування для очищення стічних вод. У зв'язку з цим створення ефективних методів магнітомічення мікроорганізмів є важливою та своєчасною науково-технологічною проблемою.

Дисертаційна робота О.В. Ковальова відповідає сучасним напрямкам розвитку науки і технологій та пов'язана з важливими науково-дослідними темами кафедри біоінформатики НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»: «Механізми інтенсифікації процесу сорбції іонів важких металів модифікованим магнітокерованим біосорбентом для очищення стічних вод» НДР 2515ф; «Механізми інтенсифікації процесу сорбції іонів важких металів сухим магнітокерованим біосорбентом для очищення стічних вод» 2866ф, а також з тематичними планами кафедри біоінформатики: «Програмні засоби промислової біотехнології» та «Основи використання високоградієнтної магнітної сепарації в біології та медицині».

Наукова новизна, теоретичне значення результатів дисертаційних досліджень. В роботі О.В. Ковальова представлено нові науково-технологічні результати щодо розроблення нового методу отримання сухого ММБС зі стабільною магнітною сприйнятливістю та високою сорбційною ємністю на основі дріжджів *S. cerevisiae*, що ґрунтується на їх модифікації при манітогідродинамічному перемішуванні (МГДП) наночастинок магнетиту та

клітин дріжджів у схрещених електричному і магнітному полях. Зокрема встановлено раціональні параметри режиму виготовлення сухого ММБС зі стабільною та гомогенною у процесі біосорбції магнітною сприйнятливістю, а саме: рН робочого розчину, тривалість перемішування, концентрація магнітних наноміток в складі ММБС, напруженість магнітного поля, напруга між електродами в змішувачі, дисперсність ММБС. Тобто, О.В.Ковальовим науково обґрунтовано спосіб гомогенного магнітомічення мікроорганізмів шляхом магнітогідродинамічного перемішування у схрещених магнітному та електричному полях.

Також встановлено, що сорбційна ємність сухого ММБС, отриманого за нового методу, майже у 2 рази вища, ніж для ММБС, отриманого за традиційними методами. Крім того для сухого ММБС, виготовленого за новим методом, практично не відбувається десорбція магнітних наночастинок у процесі біосорбції іонів металів. Показано, що збільшення ефективності біосорбції отриманим ММБС забезпечується внаслідок зменшення його дисперсності та відповідно завдяки збільшенню площі поверхні.

Практичне значення одержаних результатів. Дисертантом запропоновано для використання технологічні параметри отримання сухого магнітоміченого біосорбенту на основі дріжджів *S. cerevisiae* методом МГДП у схрещених електричному та магнітному полях. Розроблено біотехнологію використання біосорбенту у промислових умовах для очищення іонів важких металів та інших домішок. Отримано два патенти України на корисну модель.

В роботі доведено доцільність та ефективність використання сухого ММБС для очистки стічних вод від азоту амонійного, нітритів, фосфатів, іонів заліза, що підтверджується результатами дослідно-промислового експерименту на очисних спорудах м. Славутича Київська обл. Також розроблено удосконалену дослідну установку для мічення мікроорганізмів на моделі дріжджів *S. cerevisiae* з використанням магнітогідродинамічного перемішування у схрещених магнітному та електричному полях, що забезпечує достатню гомогенність магнітомічення. Практичне значення результатів роботи підтверджено відповідними актами впровадження.

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій. Достовірність одержаних результатів не викликає сумніву, оскільки у роботі використано сучасні експериментальні та теоретичні методи: фізичні, хімічні, фізико-хімічні та мікробіологічні методи, фотоколориметрію та титрометрію, методи мікроскопічного дослідження (оптична мікроскопія, сканівна електронна мікроскопія (СЕМ), трансмісійна електронна мікроскопія (ТЕМ), атомно-силова мікроскопія (АСМ), магнітосилова мікроскопія (МСМ), радіоспектроскопічний метод, магнітометричний метод.

Обґрунтованість наукових положень та висновків підтверджено конкретним узгодженням теоретичних і експериментальних результатів.

Дисертацію можна вважати закінченим дослідженням, виконаним на належному науковому рівні і спрямованим на вирішення актуальної проблеми. Її результати апробовані – вони були представлені на 10 міжнародних й вітчизняних конференціях.

Повнота викладу основних результатів дисертації у наукових фахових виданнях. За результатами роботи опубліковано 20 наукових праць: 6 статей у наукових фахових виданнях, у тому числі 1 стаття у виданнях іноземних країн, 5 статей у вітчизняних журналах, які представлено у міжнародних наукометричних базах даних, 2 статті у інших наукових виданнях, 2 патенти України на корисну модель, 10 тез і матеріалів українських і міжнародних конференцій. Отже, опубліковані матеріали дисертації Ковальова О.В. достатньо ілюструють обсяг й зміст досліджень.

Структура, зміст та оформлення дисертації. Робота побудована за стандартною схемою і містить: вступ, огляд наукової літератури, матеріали та методи досліджень, результати роботи із обговореннями, висновки, список використаних автором літературних джерел (130 посилань). Робота викладена на 144 сторінках, проілюстрована 39 рисунками й 29 таблицями.

Перший розділ дисертації містить літературний огляд статей, монографій, інших джерел, присвячених методам штучного і природного магнітомічення мікроорганізмів, підготовки (сушіння й подрібнення) біосорбентів. Здійснений дисертантом аналіз існуючих методів штучного магнітомічення дав змогу довести актуальність тематики та виявити перспективні напрямки подальших актуальних досліджень.

У розділі 2 подано опис експериментальних підходів, використаних у роботі: отримання ММБС різними методами, визначення сорбційної ємності, інших показників ефективності біосорбента, а також визначення вмісту забруднюючих речовин (азоту амонійного, фосфатів, нітритів, заліза) у стічній воді.

Розділ 3 присвячено удосконаленню методу отримання ММБС у схрещених електричному та магнітному полях. Дисертантом здійснено порівняння сорбційної ємності та ефективності вилучення забруднюючих речовин (мідь, залізо, азот амонійний, фосфати тощо) із застосуванням експериментальної установки для проведення магнітомічення нативних клітин дріжджів *S. cerevisiae* (установка №1) та вдосконаленої дисертантом (установка №2).

Подано результати сорбції іонів Cu^{2+} магнітоміченим біосорбентом, виготовленим на установках №1 і №2.

У розділі 4 подано результати визначення магнітної сприйнятливості сухого ММБС. Отримано залежність магнітної сприйнятливості від концентрацій магнітних наночастинок і тривалості перемішування для ММБС, виготовленого за магнітогідродинамічного перемішування у схрещених магнітному й електричному полях, та при механічному перемішуванні. Показано, що магнітна сприйнятливість ММБС за першим методом у 1,3 – 1,7 рази вища, ніж для ММБС, виготовленого механічним перемішуванням, отже, ММБС, виготовлений методом МГДП є більш стабільним за різних концентрацій магнітних наночастинок.

У розділі 5 представлено дані з визначення сорбційної здатності сухого ММБС, залишкової кількості іонів Cu^{2+} , для аналізу показників сорбційної ємності використано ізотерми Ленгмюра. Виявлено, що сорбційна ємність сухого ММБС, виготовленого методом МГДП у схрещених електричному та магнітному полях, майже у 2 рази вища, ніж за механічного перемішування.

Розділ 6 присвячено розробці біотехнологічних параметрів очищення стічних вод з використанням сухого ММБС (на прикладі очисних споруд м. Славутич Київської області), що дало змогу удосконалити їх роботу та підвищити надійність процесу очищення. Проведено дослідно-лабораторний експеримент із внесенням суспензії ММБС у систему очищення, а також дослідно-промисловий експеримент на очисних спорудах м. Славутич. Результати засвідчили перспективність ММБС для очищення стічних вод.

Автореферат дисертації відповідає змісту роботи.

Рекомендації щодо отриманих результатів. Розроблену біотехнологію й технологічні схеми можна використовувати для одержання ефективного ММБС та модифікації систем очищення стічних вод.

Зауваження, питання та побажання. Загальна оцінка представленої роботи є цілком позитивною. Проте необхідно відзначити низку питань, зауважень та рекомендацій щодо дисертації та автореферату:

- Сформульована мета дисертації обмежується «визначенням оптимальних біотехнологічних параметрів очистки стічних вод сухим магнітоміченим біосорбентом на основі дріжджів *S. cerevisiae*» і не відображує повного змісту проведеної роботи.
- В огляді літератури не приділено уваги сучасним методам очищення стічної води, що використовуються у світовій практиці, відомим шляхам удосконалення цих технологій.

- У розділі 2 не наведено методики постановки дослідно-лабораторного експерименту із внесенням суспензії ММБС у систему очищення стічної води.
- У тексті дисертації та автореферату доцільно було дати визначення терміну «сорбційна здатність», який є важливим показником у роботі.
- Чим дисертант пояснює вибір Купруму для дослідження сорбційної активності розробленого магнітоміченого біосорбенту, а також як модель для оцінки здатності ММБС щодо вилучення іонів важких металів?
- Чому у таблицях 6.1 і 6.5 (стор. 111 і 124 відповідно) «концентрації забруднюючих речовин, що надходять зі стічними водами на очисні споруди», не співпадають?
- У розділі 6 подано дуже детальний опис існуючої схеми очищення стічних вод м. Славутич, проте недостатньо уваги приділено запропонованій технології з використанням магнітоміченого біосорбенту. Для порівняння методів очистки (традиційного фізико-хімічного й методу з біосорбентом) доцільною була б узагальнююча таблиця.
- У дисертації бажано було подати технологічні схеми
- Не зрозуміло, як було визначено економічний ефект використання ММБС для очищення стічних вод – розділ 6 закінчується фразою: «Проведені розрахунки показали, що економічна ефективність від впровадження складає 168 тис. грн. за рік».
- У роботі зустрічаються механічні й стилістичні помилки, термінологічні неточності, деякі невдалі вирази, формулювання,

Зазначені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи О.В.Ковальова, не зменшують її наукової та практичної цінності.

Висновок. Дисертаційна робота Ковальова Олексія Вікторовича «Біотехнологія вилучення іонів важких металів та інших домішок сухим магнітоміченим біосорбентом на основі *Saccharomyces cerevisiae*» є завершеною науковою працею, в якій на основі сучасних методичних підходів розроблено технології отримання магнітоміченого біосорбенту на основі дріжджів *S. cerevisiae* зі стабільною, гомогенною магнітною сприйнятливістю, високою сорбційною ємністю. Встановлено оптимальні біотехнологічні параметри очищення стічних вод та запропоновано схему процесу з використанням розробленого ММБС.

Представлена дисертаційна робота за актуальністю, загальним обсягом, методичним рівнем виконання, науковою новизною та практичною цінністю відповідає вимогам п. 9, 11 «Порядку присудження наукових ступенів» Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р., № 567 до кандидатських дисертацій, а її автор **О.В. Ковальов** заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 03.00.20 – біотехнологія.

Офіційний опонент,

Завідувач відділу хімії і біотехнології ГК
Відділення фізико-хімії горючих копалин
ІнФОВ ім. Л.М.Литвиненка НАН України
доктор технічних наук, с.н.с.

О.В. Карпенко

Підпис О. В. Карпенко затверджую
Учений секретар ВФХГК ІнФОВ
ім. Л.М.Литвиненка НАН України



Л. І. Базиляк