

## **ВІДГУК**

**офіційного опонента на дисертаційну роботу  
Болгової Олени Сергіївни "Виявлення та видалення життєздатних  
некультурабельних мікроорганізмів з питної води",  
подану до захисту на здобуття наукового ступеня кандидата технічних  
наук за спеціальністю 05.17.21 - технологія водоочищення**

### **Актуальність дисертаційної роботи**

Безпечність питної води за хімічними та бактеріологічними показниками є одним з чинників, що визначає здоров'я населення. Через воду розповсюджуються небезпечні інфекційні захворювання. Забезпечення якісною питною водою в достатній кількості є однією з глобальних проблем людства.

Мікроорганізми, значна частка яких є патогенними, під дією стрес-факторі, зокрема, при знезараженні води гіпохлоритами, здатні переходити у життєздатний некультурабельний стан, що не дозволяє визначати їх за допомогою класичних загальноприйнятих методів. Такі культури є загрозою вторинного мікробіологічного забруднення питної води. Виникає небезпека неповного врахування кількості життєздатних патогенних мікроорганізмів і отримання помилкових результатів при аналізі питної води на станціях водопідготовки, що, в свою чергу, може призвести до виникнення ряду захворювань у споживачів цієї води.

Дисертаційна робота безумовно є актуальною і присвячена розробці методу виявлення бактерій та мікроміцетів, які перебувають у життєздатному некультурабельному стані у вже очищеній водопровідній воді, та розробці технології доочищення водопровідної води, яка дозволяє ефективно вилучати такі мікроорганізми.

### **Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій**

Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі, підтверджено достатнім обсягом проведених автором теоретичних та експериментальних досліджень. Дослідження виконані на достатньому науково-методичному рівні, з вивченням вітчизняних і закордонних наукових праць даного напрямку. Достовірність

отриманих наукових результатів, висновків та рекомендацій забезпечується використанням класичних методів досліджень, підтверджується застосуванням апробованих методик, постановкою експериментальних досліджень. В процесі аналізу дисертаційної роботи та автореферату не виявлено висновків та тверджень, що викликають сумніви. Наукові положення, висновки і рекомендації достатньо обґрунтовані, ілюстровані за допомогою рисунків, таблиць, і не суперечать фундаментальним основам хімічних та фізико-хімічних методів очистки води.

### **Наукова новизна одержаних результатів**

Автор комплексно підійшла до вирішення проблеми виявлення та вилучення з води мікроорганізмів у життєздатному некультурабельному стані. Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у:

- розробці методу виявлення у воді мікроорганізмів у життєздатному некультурабельному стані шляхом рекультивації цих клітин у синтетичному мінеральному середовищі М-9 з подальшим їх вирощуванням на традиційному агаровому диференційно-діагностичному поживному середовищі;
- обґрунтуванні ефективності та розробці способу ефективного доочищення питної води від мікроорганізмів, що перебувають в життєздатному некультурабельному стані, шляхом контактної флокуляції із застосуванням широковживаного катіонного флокулянту полідіалілдиметиламоній хлориду.

### **Практична цінність дисертації**

- На додаток до загальноживаного тест-об'єкту – кишкової палички – для оцінки мікробіологічної чистоти питної води запропоновано використовувати представника міксоміцетів.
- На розроблений метод виявлення мікроорганізмів, що перебувають у життєздатному некультурабельному стані у питній воді отримано патент України.
- Запропоновано технологічну схему доочищення води від життєздатних некультурабельних мікроорганізмів, яка базується на використанні контактної флокуляції і фільтруванні води через зернисте завантаження.
- Технологічна схема доочищення питної води від життєздатних некультурабельних мікроорганізмів випробувана у лабораторії мікробіології,

мікології та вірусології Інституту урології АМН України, що підтверджено відповідним актом.

### **Аналіз основного змісту роботи**

**Вступ.** У вступі обґрунтовано актуальність теми, її зв'язок з науковими програмами і планами, сформульовано мету роботи та задачі досліджень, описано об'єкт, предмет і методи досліджень, сформульована наукова новизна і практичне значення одержаних результатів роботи. Описано особистий внесок у наукові результати і стисло викладено апробацію результатів досліджень.

**У першому розділі** показано умови переходу мікроорганізмів у життєздатний некультурабельний стан, наведено види мікроорганізмів, для яких спостерігається перехід у такий стан, розглянуто існуючі методи виявлення мікроорганізмів у ЖНС та оцінено негативний вплив цих мікроорганізмів на здоров'я людини. Аналіз наукових публікацій переконує у існуванні загрози для здоров'я населення з боку мікроорганізмів, що перебувають у життєздатному некультурабельному стані, та вказує на відсутність в Україні досліджень питної води на наявність таких культур в ЖНС. Розглянуто існуючі методи очищення та знезаражування води, відзначено обмежений обсяг даних щодо використання цих методів відносно життєздатних некультурабельних мікроорганізмів. На основі проведеного аналізу публікацій сформульовано мету та визначено основні напрямки досліджень.

**У другому розділі** дисертації наведено об'єкти дослідження і методики проведення експериментів, визначення кількості мікроорганізмів, переведення їх в життєздатний некультурабельний стан, доочищення питної води методом контактної флокуляції на фільтрі з зернистим завантаженням. Детально описано розроблену автором методику виявлення у воді мікроорганізмів, що перебувають у життєздатному некультурабельному стані.

**В третьому розділі** досліджено вплив різних концентрацій гіпохлориту натрію на здатність *Escherichia coli* та дріжджоподібного гриба *Candida albicans* перебувати у життєздатному некультурабельному стані у водному середовищі. Проведено вибір концентрацій гіпохлориту натрію, що забезпечують повне знезараження води від культур *E. coli* та *C. albicans*.

Встановлено, що концентрації NaOCl в діапазоні 0,1-1 мг/дм<sup>3</sup> при початковому навантаженні *E. coli* 1·10<sup>6</sup> КУО/см<sup>3</sup> не призводять до повного знезараження води, а тільки частково зменшують ступінь забруднення. Показано, що NaOCl має слабку фунгіцидну дію. Застосування малих концентрацій NaOCl сприяє переходу *E. coli* та *C. albicans* у життєздатний некультурабельний стан.

Розроблено та застосовано новий спосіб виявлення життєздатних некультурабельних мікроорганізмів у воді. Спосіб базується на включенні додаткового етапу – культивування проби води у поживному сольовому середовищі М-9, з подальшим її висівом на агарове диференційно-діагностичне поживне середовище.

У зв'язку з тим, що використання середовища М-9 дозволяє підвищити ступінь реактивації як *E. coli*, так і *C. albicans* у порівнянні з іншими живильними середовищами, проведено оцінку впливу складових компонентів середовища М-9, а саме: іонів Ca<sup>2+</sup> і Mg<sup>2+</sup> та глюкози на рекультивацію некультурабельних клітин на прикладі *C. albicans*.

Показано, що сольове середовище М-9, яке містить лише базові компоненти (хлорид амонію, фосфат натрію, фосфат калію і хлорид натрію), не сприяє переходу клітин, що перебувають у некультурабельному стані, в нормальний культурабельний стан. Проведено цикл досліджень щодо встановлення концентрацій іонів Ca<sup>2+</sup> і Mg<sup>2+</sup> у складі середовища М-9 для найшвидшої рекультивації клітин *C. albicans*, що перебувають у життєздатному некультурабельному стані.

Проведено оцінку впливу температури на відновлення і ріст клітин мікроорганізмів, що перебувають у життєздатному некультурабельному стані. Показано, що при температурі 37 °С культура *E. coli* з вихідною концентрацією 1·10<sup>6</sup> КУО/см<sup>3</sup> відновлюється краще, ніж при 27 і 9 °С.

Прямою мікроскопією підтверджено наявність клітин *C. albicans* в життєздатному некультурабельному стані після впливу на них бактерицидних концентрацій (5 мг/дм<sup>3</sup>) NaOCl.

**У четвертому розділі** наведено результати систематичного мікробіологічного і мікологічного аналізу зразків води, відібраних у різні пори року з водорозподільних мереж та бюветів трьох районів Києва. Аналізували відібрані зразки води класичним і запропонованим методами виявлення

мікроорганізмів у життєздатному некультурабельному стані. Останній дозволив виявити більшу кількість різновидів патогенної мікрофлори у питній воді і, як наслідок, реальний рівень мікробіологічного забруднення питної води.

У п'ятому розділі запропоновано спосіб доочищення питної води від життєздатних некультурабельних мікроорганізмів шляхом подачі на поверхню завантаження фільтру одночасно флокулянта і контамінованої мікроорганізмами води з подальшою фільтрацією її крізь завантаження. встановлено, що ступінь видалення мікроорганізмів з води залежить від вихідної їх концентрації, а також концентрації флокулянту. Так, повне видалення культур *E. coli* та *C. albicans* при їх вихідній концентрації  $1 \cdot 10^2$  КУО/см<sup>3</sup> досягається при концентрації флокулянту ДБ-45 0,5 мг/дм<sup>3</sup>; якщо концентрація культур збільшується до  $1 \cdot 10^3$  КУО/см<sup>3</sup>, то концентрація флокулянту, яка забезпечує повне видалення культур, становить 1 мг/дм<sup>3</sup>. Біотестування на церіодафніях (*Ceriodaphnia affinis*) показало, що воду, доочищену на контактнo-флокуляційній установці, можна використовувати як питну, а вихідну водопровідну воду та промивну воду – у побутових потребах. Всі показники для зразків вихідної води та доочищеної води на контактнo-флокуляційній установці не перевищують нормативних величин і відповідають нормам відповідно ДСТУ 7527:2014 «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості». Якість промивної води повністю відповідає вимогам приймання стічних вод підприємств у систему каналізації м. Києва. Отримано акт впровадження в лабораторії мікробіології, мікології та вірусології Інституту урології АМН України, з рекомендованими технологічними параметрами доочищення питної води від мікроорганізмів, що перебувають в життєздатному некультурабельному стані.

### **Повнота викладення результатів роботи в опублікованих працях**

За темою дисертації опубліковано 9 наукових праць, з них 5 статей (3 у виданнях, внесених до наукометричної бази Scopus, 1 у вітчизняному фаховому науковому виданні), 1 патент України, 3 тез доповідей в збірниках матеріалів конференцій. В опублікованих працях досить повно описані головні наукові здобутки, представлені в розділах дисертації. Особистий внесок дисертанта у цих працях повністю відповідає науковим положенням та практичним результатам поданої до захисту дисертаційної роботи.

## **Структура та завершеність**

Дисертаційна робота Болгової О.С. є завершеною науковою працею, яка складається із вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних літературних джерел зі 134-х найменувань, двох додатків, 24 таблиць, 28 рисунків. Загальний обсяг роботи – 142 сторінки друкованого тексту. Зміст та структура автореферату відображають викладені у дисертації дослідження, основні наукові результати та висновки. Оформлення дисертації відповідає ДСТУ 3008-95 "Документація. Звіти у сфері науки та техніки. Структура і правила оформлення", та вимогам МОН України.

### **Зауваження щодо дисертаційної роботи:**

1. У дослідження були включені *Escherichia coli* і *Candida albicans*, тобто, по одному представнику з грамнегативних бактерій та мікроміцетів. Варто б включити у дослідження й інші, наприклад, грампозитивні, культури, згадані у Розділі 1, оскільки більшість з них є патогенними для людини.

2. Достовірність результатів експерименту (заголовок підрозділу 2.2.10) виражається довірчим інтервалом, величиною похибки, а не логарифмом співвідношення, як написано у вказаному підрозділі.

3. У 2.2.10 вказано, що результати виражали як від'ємний логарифм співвідношення колоній мікроорганізмів тих, що вижили, до вихідної кількості. Однак повсюди у роботі на графіках вказані прості, не від'ємні, десяткові логарифми цього співвідношення.

4. У підрозділі 2.2.11 вказано, що розраховувалися похибки вимірювань, однак величини самих похибок у роботі не наведено.

5. У тексті дисертації зустрічається не обґрунтоване використання терміну "оптимальний". Обсяг проведених експериментальних досліджень не можна називати оптимізацією, наприклад, температурних умов рекультивациі культур.

6. Окремі позиції списку використаних джерел оформлені некоректно і є фактично лише посиланням на веб-сторінку (80, 81, 104, 110, 116, 121, 122, 127). У роботі зустрічаються граматичні помилки, опечатки, некоректні вирази (підлягає, піддається, являється, в якості), кількаразове дублювання ідентичної інформації, зокрема, щодо дії катіонних флокулянтів на мікроорганізми (ст. 97, 105, 107, 114).

Вказані зауваження не знижують загального позитивного враження від дисертаційної роботи та не знижують наукової новизни і практичної цінності отриманих результатів.

### **Висновок**

Дисертація Болгової Олени Сергіївни "Виявлення та видалення життєздатних некультурабельних мікроорганізмів з питної води" є завершеною науковою працею, в якій отримано науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують важливу задачу підготовки питної води, безпечної у мікробіологічному відношенні.

Робота демонструє комплексний науково-методологічний підхід до досліджень, здатність автора аналізувати, узагальнювати. Автор продемонструвала у своїй роботі достатні професійні знання, вміння проводити експериментальні дослідження, виявила аналітичні здібності та показала можливість самостійно ставити та вирішувати наукові питання.

Дисертаційна робота відповідає профілю спеціалізованої вченої ради К.26.183.02, паспорту спеціальності 05.17.21 – технологія водоочищення, п. 9, 11 і 12 "Порядку присудження наукових ступенів" затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567, а її автор Болгова Олена Сергіївна заслуговує присвоєння їй наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.17.21 – технологія водоочищення.

Офіційний опонент

Доцент кафедри екології та технології

рослинних полімерів,

Національного технічного університету України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

кандидат технічних наук, доцент



О.П. Хохотва

Вчений секретар КПІ ім. Ігоря Сікорського.



А.А. Мельниченко