

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ БІОРЕМЕДІАЦІЇ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ БІОДЕГРАДАЦІЇ ВУГЛЕВОДНІВ

Крусір Г. В., д.т.н., проф., e-mail: [krussir.65@gmail.com](mailto:krussir.65@gmail.com)

Купріяшкіна О. В., аспірант., e-mail: [lenakupe@ukr.net](mailto:lenakupe@ukr.net)

Одеський національний технологічний університет

**Актуальність дослідження.** Протягом багатьох років у навколишнє середовище скидаються великі обсяги нафтовмісних стічних вод від нафтохімічної промисловості, нафтопереробки, зберігання та транспортування нафти та нафтопродуктів. Забруднення нафтовмісними стічними водами проявляється в багатьох аспектах, включаючи вплив на запаси питних та підземних вод, загрозу водним ресурсам, негативний вплив на здоров'я людей, руйнування природних ландшафтів [1-3].

**Основні матеріали досліджень.** Для видалення різних компонентів і форм нафти з різних джерел нафтовмісних стічних вод необхідні різні стратегії очищення. Механічні та фізико-хімічні підходи щодо очищення нафтовмісних стічних вод є занадто дорогими у застосуванні та недостатньо ефективними. Процес біологічного очищення – біоремедіація має великий потенціал і конкурентні переваги у порівнянні з іншими методами через екологічну безпечність, економічну ефективність і високий ступінь розкладання забруднення. В огляді висвітлюється роль мікроорганізмів, що є деструкторами нафти та нафтопродуктів у біологічному очищенні, а також розглядаються підходи до вирішення проблем, зокрема підвищення біоремедіації через формування відповідних умов середовища біодеградації. Успіх застосування біологічних методів очищення нафтовмісних стічних вод залежить від здатності контролювати низку чинників та встановлювати і підтримувати умови, які сприяють підвищенню швидкості біодеградації вуглеводнів. Для того, щоб біодеградація нафтопродуктів відбувалась успішно, необхідно слідувати наступним умовам:

1. *Вплив температури.* Температура впливає на фізичну природу і хімічний склад вуглеводнів. Вона визначає кількість вуглеводнів, які залишаються після випаровування, і доступність поверхні нафти для доступу мікроорганізмів, що б забезпечити процес біологічного розкладання. При низьких температурах в'язкість нафти збільшується, зменшуючи випаровування токсичних коротколанцюгових алканів і розчинність нафти [4]. Швидкість біодеградації також зменшується зі зниженням температури через зниження швидкості ферментативної активності бактерій. Більш високі температури зменшують в'язкість вуглеводнів і збільшують випаровування компонентів, розчинність нафти і швидкість мікробного метаболізму [5]. Оптимальна температура біодеградації вуглеводнів бактеріями знаходиться в межах від 30 до 40 °С, вищі температури підвищують токсичність вуглеводнів для бактерій.

2. *Вплив рН.* рН стічних вод впливає на біодеградацію вуглеводнів, а також на такі процеси, як клітинний мембранний транспорт, баланс клітинних реакцій та активність ферментів. Більшість гетеротрофних бактерій надають перевагу нейтральному або лужному рН в діапазоні 7,2-8,5 [4]. Дослідниками Аль-Малаком та 156н. встановлено, що мікробна мінералізація нафталінів та октадеканів може відбуватися при рН 6,5.

3. *Вплив солоності.* Ферментивна активність мікроорганізмів може бути сильно пригнічена через токсичний вплив. Наприклад, різке підвищення солоності призводить до осмотичного тиску на клітинну мембрану, включаючи зневоднення і, в кінцевому рахунку, плазмоліз, що призводить до зниження осаджуваності осаду і біофлокуляції [6,7]. Токсичний вплив знесолення можна подолати шляхом поступової акліматизації бактерій до умов високого засолення. Для очищення солоних нафтовмісних стічних вод перевагу надають галофільним та галотолерантним морським мікроорганізмам.

4. *Вплив аерації.* Постачання кисню має вирішальне значення для аеробного розкладання, оскільки він функціонує як кінцевий акцептор електронів у процесі метаболізму вуглеводнів, що робить аерацію важливим параметром, який слід враховувати при очищенні стічних вод. Надмірна аерація може призвести до дисперсії бактерій, що призводить до поганої біодеградації. З іншого боку, низька аерація може створювати

анаеробні умови. Таким чином, дуже важливо знайти оптимальну швидкість аерації, щоб забезпечити мікроорганізми достатньою кількістю кисню для здійснення метаболічних процесів і в той же час не порушити флокуляцію.

5. *Вплив поживних речовин.* Розвиток гетеротрофних бактерій залежить від поживних елементів та акцептора електронів, такого як кисень, для біодеградації аеробними бактеріями [8]. Нестача будь-якого з цих елементів перешкоджає росту та метаболізму мікроорганізму. Бактерії, відповідальні за розкладання вуглеводнів, потребують фіксованого джерела азоту, такого як  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$  (неорганічні) та деякі органічні джерела азоту. Фосфор є ще однією поживною речовиною для мікробної популяції, оскільки він використовується для синтезу аденозинтрифосфату (АТФ), нуклеїнових кислот і компонентів клітинної мембрани. Коли їжі не вистачає, бактерії починають втрачати свою рухливість і скупчуються разом, утворюючи щільні пластівці, легко осідають [4]. Підтримання біомаси є кращим рішенням, а ніж виробництво додаткової біомаси.

6. *Вільний доступ до нафтопродукту.* Мікроорганізми повинні мати доступ до нафтопродуктів. Такі розчинні компоненти, як бензол, толуол, етилбензол та ксилоли вимиваються з нафти і палив, але мають дуже низьку розчинність у водному середовищі, і тому розкладання більшості нафтопродуктів відбувається на поверхні розподілу вуглеводні-вода. Збільшення площі доступу мікроорганізмів є важливим інструментом для прискорення біодеградації.

7. *Значення балансу мас.* Баланс мас, особливо в частинні додавання поживних речовин, таких як N і P, може підвищити ефективність біодеградації за рахунок оптимізації співвідношення C: N: P. Проте, відповідний розрахунок і спосіб введення мають велике значення, так як недостатній ступінь додавання поживних речовин не зможе вплинути на процес біодеградації, але надмірна їх кількість спричинятиме токсичні ефекти для мікроорганізмів.

**Висновки.** Розглянуті підходи щодо формування сприятливих умов середовища для прискорення біодеградації нафтовмісних стічних вод розкривають проблему, що показує недоліки біоремедіації, серед яких необхідність контролю великої кількості зовнішніх факторів. Але великою перевагою біологічного очищення це значно дешева вартість біотехнологій. Виходячи з вищезазначеного, для підвищення ефективності процесу біодеградації важливо використовувати мікроорганізми, здатні до високо ефективної нафтодеструкції і є комерційно доступними, ідентифікованими та наявними у вигляді збагаченої культури.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Kuyukina M. S., Krivoruchko A. V., Ivshina I. B., Advanced bioreactor treatments of hydro carbon-containing waste water. Appl.Sci.2020.
2. Ghimire N., Wang S., Biological treatment of petrochemical wastewater. In petroleum chemicals-recent insight; Zoveidavi an poor, in tech open: London, UK,2019.
3. Tanudjaja H. J., Hejase C. A., Tarabara V. V., Fane A. G., Chew J. W. Membrane-based separation for oil y waste water: A practical perspective. Waterres. 2019, 156.
4. Al-Hawash, M. A. Dragh, Li S., Alhujaily A., Abbood H.A., Zhang X., Ma F. Principles of microbial degradation of petroleum hydrocarbon sin the environment. Egypt J. Aquat. Res. 2018, 44.
5. Iorhemen, O. T., Hamza, R. A., Tay, J.H. Membrane Bioreactor (MBR) Technology for Wastewater Treatment and Reclamation: Membrane Fouling. Membranes2016.
6. Capodici, M., Cosenza, A., Di Bella, G., Di Trapani, D., Viviani, G., Mannina, G. High Salinity Wastewater Treatment by Membrane Bioreactors. In Current Development sin Biotechnology and Bioengineering; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2020; ISBN 978-0-12-819854-4.
7. Ferrer-Polonio E., García-Quijano N. T., Mendoza-Roca J. A., Iborra-Clar A., Pastor-Alcañiz L. Effect of alternating anaerobic and aerobic phases on the performance of a SBR treating effluents with high salinity and phenols concentration. Biochem. Eng. J. 2016, 113.
8. Ubani, O., Atagana, I.H., Thantsha, S.M. Biological degradation of oil sludge: A review of the current state of development. Afr. J. Biotechnol. 2013, 12.