

## ПЕРСПЕКТИВИ БІОРЕМЕДІАЦІЇ ЩОДО ОЧИЩЕННЯ НАФТОМІСНИХ СТІЧНИХ ВОД ІММОБІЛІЗОВАНИМИ МІКРООРГАНІЗМАМИ

Нафта є одним з основних енергетичних ресурсів сучасної промисловості у всьому світі. У процесі видобутку, транспортування, зберігання та використання нафти часто відбувається її витік через неналежні заходи безпеки та аварії, що призводить до утворення великої кількості нафтовмісних стічних вод та забруднення навколишнього середовища. Тому існує нагальна потреба у застосуванні ефективної стратегії утилізації нафтовмісних стічних вод. Нафтове забруднення стало глобальною проблемою в промислово розвинених країнах та країнах, що розвиваються. Це один з найнебезпечніших факторів забруднення, відомих на сьогоднішній день. Воно може становити загрозу для навколишнього середовища. [1]

Останні кілька років стрімко зростає застосування біотехнологічних процесів за участю мікроорганізмів з метою вирішення проблем із забруднення навколишнього середовища. Дослідники довели, що біологічна методологія відрізняється універсальністю, високою стабільністю, широким застосуванням у різних сферах, економічністю та ефективністю для рекультивативної нафтових забруднень. Одним з ключових моментів біореємедіації є підтримання високої біомаси бактеріальних популяцій. [2] Для покращення виживання та утримання агентів біореємедіації на забруднених ділянках бактеріальні клітини необхідно іммобілізувати. Іммобілізовані клітини широко використовуються в очищенні стічних вод та біореємедіації забруднення через довший термін експлуатації та підвищену стабільність і виживання клітин.

Використання іммобілізованих клітин було досліджено як альтернативну технологію для екологічних застосувань. Ці біокатализатори можуть запропонувати можливість більш широкого та економічного використання в промисловості, переробці відходів, медицині, а також у розробці біопроеесів та пристроїв моніторингу, таких як біосенсори .

Використовується багато різних форм іммобілізації клітин, включаючи адсорбцію, ковалентне зв'язування, захоплення та інкапсуляцію. Серед цих методів широко досліджувався метод захоплення. Біореємедіація нафти та нафтопродуктів у стічних водах з використанням іммобілізованих клітин вивчається рідко. [3,4] Дослідниками встановлено, що висока ефективність іммобілізації клітин на іммобілізаційному матеріалі та висока спорідненість між гідрофобним іммобілізаційним матеріалом та субстратами спричинили відмінну деградацію. Підвищення доступності субстратів для клітин і краща взаємодія між субстратами та іммобілізованими клітинами синергічно призвели до збільшення швидкості деградації . [5]

У деяких дослідженнях було показано, що здатність іммобілізованих клітин переносити складні умови підвищується, головним чином, за рахунок посилення модифікацій клітинної мембрани. [6] У деяких випадках мікробний метаболізм нафтових вуглеводнів може призводити до утворення токсичних метаболітів, таких як нафтонові кислоти, які можуть перешкоджати подальшій біодеградації через свою токсичність, що пригнічує мікробний метаболізм .

Але враховуючи вище зазначене, досягнення в галузі генної інженерії можуть ще більше підвищити ефективність мікроорганізмів для виконання конкретних завдань. [7,8] Поєднання покращеного мікробного метаболізму з перевагами іммобілізації, такими як підвищена метаболічна активність, підвищена стабільність плазмід, захист від стресів і токсичності навколишнього середовища, що спостерігається в дослідженнях біореєкторів, може оптимізувати ефективність застосування екологічних інокулятив у навколишньому середовищі. [9,10,11] Простота зберігання, транспортування та застосування інкапсульованих клітин надає додаткові переваги для комерційних цілей, з використанням існуючого механічного обладнання. Функції біобезпеки, які обмежують забруднення і утворення біоаерозолів, є важливими вимогами для здоров'я населення та навколишнього середовища. Екологічне застосування мікробних інокулятив буде менш шкідливим для довкілля, ніж хімічна обробка або фізичне видалення ґрунту чи води за межами майданчика, і може забезпечити зниження витрат, якщо буде доведена його ефективність.

Застосування технології іммобілізації мікроорганізмів для очищення нафтовмісних стічних вод знаходиться на попередніх стадіях, але результати, отримані на сьогоднішній день, є багатообіцяючими. Необхідно провести додаткові дослідження, щоб встановити потенційну ефективність технології іммобілізації для використання в навколишньому середовища, особливо у сферах виживання мікроорганізмів, розмноження, транспортування та здатності мінералізувати різні забруднювачів у різних ґрунтових системах.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Yang, T.; Qiao, B.; Li, G.-C.; Yang, Q.-Y. Improving performance of dynamic membrane assisted by electrocoagulation for treatment of oily wastewater: Effect of electrolytic conditions. *Desalination* **2015**, *363*, 134– 143, DOI: 10.1016/j.desal.2015.01.010;

2. Tebyanian H., Hassanshahian M., Kariminik A. Hexadecane-degradation by *Teskumurella* and *Stenotrophomonas* strains isolated from hydrocarbon contaminated soils. *Jundishapur J. Microbiol.* 2013;26(7):82–91.
3. Hassanshahian M., Ahmadinejad M., Tebyanian H., Kariminik A. Isolation and characterization of alkane degrading bacteria from petroleum reservoir waste water in Iran (Kerman and Tehran provenances). *Mar. Pollut. Bull.* 2013;73(1):300–305. doi: 10.1016/j.marpolbul.2013.05.002.
4. Ghanavati H., Emtiazi G., Hassanshahian M. Synergism effects of phenol-degrading yeast and ammonia-oxidizing bacteria for nitrification in coke wastewater of Esfahan Steel Company. *Waste Manag. Res.* 2008;26(2):203–208. doi: 10.1177/0734242X07079874. Cassidy M.B., Lee H., Trevors J.T. Immobilized microbial cells: a review. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 1996;16:79–101.
5. Scott C.H. Immobilized cells: a review of recent literature. *Enzyme Microb. Technol.* 1987;9:66–79. doi: 10.1016/0141-0229(87)90145-1.
6. Margaritis A., Merchant F.J. Advances in ethanol production using immobilized cell systems. *Crit. Rev. Biotechnol.* 1984;2:339–393.
7. Lu M., Zhang Z., Qiao W., Wei X., Guan Y., Ma Q., Guan Y. Remediation of petroleum-contaminated soil after composting by sequential treatment with Fenton-like oxidation and biodegradation. *Bioresour. Technol.* 2010;101(7):2106–2113. doi: 10.1016/j.biortech.2009.11.002.
8. Wilson N.G., Bradley G. Enhanced degradation of petroleum (slovene diesel) in an aqueous system by immobilized pseudomonas fluorescens. *J. Appl. Microbiol.* 1996;80:99–104.
9. Mu, P.; Zhang, Z.; Bai, W.; He, J.; Sun, H.; Zhu, Z.; Liang, W.; Li, A. Superwetting Monolithic Hollow-Carbon-Nanotubes Aerogels with Hierarchically Nanoporous Structure for Efficient Solar Steam Generation. *Adv. Energy Mater.* **2019**, 9, 1802158, DOI: 10.1002/aenm.201802158
10. Chouchene, A.; Jeguirim, M.; Trouvé, G.; Favre-Reguillon, A.; Le Buzit, G. Combined process for the treatment of olive oil mill wastewater: Absorption on sawdust and combustion of the impregnated sawdust. *Bioresour. Technol.* **2010**, 101, 6962– 6971, DOI: 10.1016/j.biortech.2010.04.017
11. Chen, L. H.; Ma, J. Z.; Luo, X. F. Degrading of petroleum c-ontaminated soil by injected mixed oildegradation bacterial strains. *J. Central South University* **2012**, 43, 4581– 4589