

## СЕКЦІЯ № 5. ЕКОЛОГІЧНА ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА І ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

УДК 504.53

### ТЕХНІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ДОБРІВ У ТЕХНОЛОГІЇ БІОРЕМЕДІАЦІЇ

**Недорода В. М.**

*аспірант кафедри екології та природоохоронних технологій Національного університету  
кораблебудування імені адмірала Макарова  
nedorodavlad@gmail.com*

**Трохименко Г. Г.**

*доктор технічних наук, професор, завідувачка кафедрою екології та природоохоронних  
технологій Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова  
м. Миколаїв, Україна  
ganna.trokhymenko@nuos.edu.ua*

**Анотація.** У роботі розглянуто можливість удосконалення технологічних етапів біоре mediaції нафтошламів з урахуванням особливостей застосування біопрепаратів у комбінації з органічними добривами. Представлено результати власних експериментів з мікроорганізмами роду *Bacillus* та добрив на основі фульвокислот, виходячи з яких встановлено оптимальні рівні концентрації нафтошламів та послідовність введення компонентів у систему.

**Ключові слова:** мікроорганізми, біодеградація, біоре mediaція, біотехнології, нафтопродукти, відновлення ґрунтів.

В умовах неухильно зростаючого антропогенного тиску на довкілля, його захист від техногенного забруднення є одним із найважливіших завдань екології. Структура світового енергобалансу свідчить, що нафта займає провідне місце серед використовуваних сьогодні енергоносіїв. Згідно з прогнозами частка нафти у світовому енергобалансі в 2020 р. складає 31,3 %, а в 2050 р. може знизитися до 28 – 29 %. Але навіть після такого зниження нафта буде залишатися основним енергоносієм планети [1, с. 34]. У ході роботи нафтопереробних заводів утворюється значна кількість забруднюючих речовин, однією з яких є нафтошламіві відходи. Кількість нафтового шламу, що утворюється на виробництві, складає приблизно 5-7 тис. т. на 1 млн. т. переробленої нафти, залежно від стану обладнання та типу нафти [2, с. 38]. Незважаючи на таку кількість відходів, на сьогоднішній день немає уніфікованого алгоритму дій при проведенні комплексу заходів, спрямованих на їхню утилізацію. Серед заходів, що вживаються з метою охорони навколишнього середовища від нафтових забруднень, одним із перспективних та екологічно безпечних є метод біоре mediaції ґрунтів та акваторій, заснований на здатності деяких мікроорганізмів до деструкції нафти і нафтопродуктів [3, с. 461].

До найбільш продуктивних бактерій у цьому контексті належать: *Pseudomonas*, *Rhodococcus*, *Acinetobacter*, *Arthrobacter*, *Bacillus* та *Mycobacterium* [4, с. 581]. Тим не менш, застосування подібних мікробних препаратів-біодеструкторів у технології біоре mediaції супроводжується певними складнощами, в першу чергу, умовами зростання та життєдіяльності мікроорганізмів, що входять до їхнього складу. Для вирішення подібної проблеми проводяться експерименти з використанням різних методів, наприклад фіто- чи біостимуляції мікроорганізмів [5, с. 4; 6, с. 21].

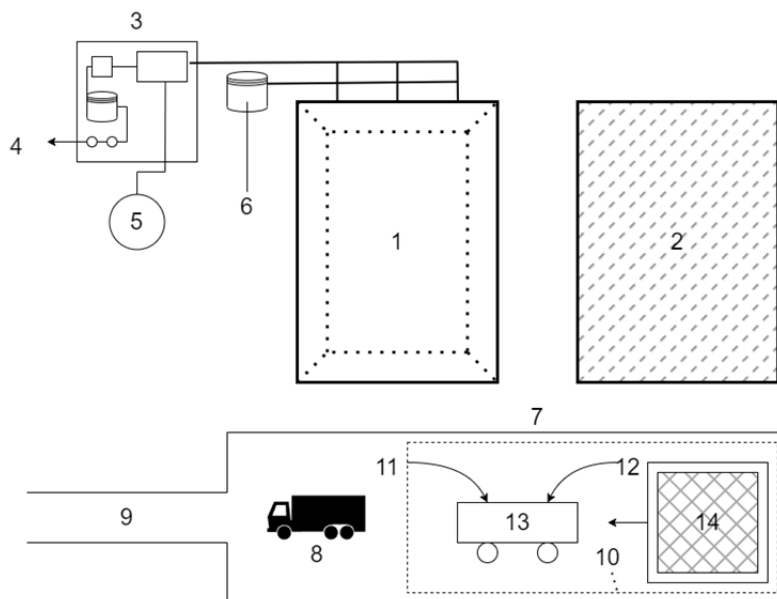
З огляду на вищесказане, **метою роботи** є аналіз технічних особливостей комплексного використання біопрепарату на основі мікроорганізмів *Bacillus* з органічними добривами у технології біоремедіації.

У попередніх дослідженнях було встановлено вплив органічних добрив на основі фульвокислот на процеси мікробіологічної деструкції. Узагальнені результати (Табл. 1) свідчать про ефективність застосування добрив при певних концентраціях нафтошламу.

**Таблиця 1. – Загальна маса нафтопродуктів у досліджених зразках, мг**

| Тип зразків                                  | Концентрація нафтошламу |       |
|----------------------------------------------|-------------------------|-------|
|                                              | 50%                     | 70%   |
| Стартові зразки                              | 51168                   | 58024 |
| Без використання біопрепарату                | 49920                   | 52976 |
| З використанням біопрепарату                 | 37440                   | 47904 |
| З використанням біопрепарату та фульвокислот | 37200                   | 37992 |

Добрива мають значний вплив на процеси біодеградації саме при високому вмісті нафтопродуктів, тому їх використання дозволяє підвищити концентрацію нафтошламів, які водночас проходять процеси переробки та утилізації. Але введення добрив разом із біопрепаратом у певній послідовності потрібно враховувати при розробці основних технологічних етапів біоремедіації. Так, добрива можуть бути попередньо перемішані з ґрунтосумішю у певному встановленому співвідношенні для кожного конкретного випадку або можуть вноситися до ґрунту разом із додаванням мікроорганізмів (Рис. 1).



**Рис. 1 – Розміщення майданчика для зберігання ґрунтосуміші**  
 (1 – ділянка проведення біоремедіації; 2 – майданчик для зберігання ґрунту;  
 3 – технологічне обладнання; 4 – вихлоп; 5 – резервуар; 6 – насос рециркуляції;  
 7 – зона обробки матеріалів; 8 – навантажувач; 9 – під'їзна дорога;  
 10 – опціональні конструкції; 11 – додавання добрив; 12 – додавання води;  
 13 – ґрунтозмішувач; 14 – подрібнювач ґрунту)

Загалом, схема розраховується таким чином, що будь-яке розчинене добриво, яке могло бути вимите у процесі утилізації, буде повторно введено до ділянки через відстійник і пов'язаний з ним насос, який рециркулює будь-який зібраний фільтрат. Подібним чином може зберігатися і висока концентрація бактерій, що розкладають вуглеводні, оскільки добрива у фільтраті слугують безперервним джерелом енергії для

мікроорганізмів, навіть для тих, які знаходяться у процесі перекачки у трубі. Але недоліком такої системи є необхідність підтримувати певну температуру води, що піддається рециркуляції, задля забезпечення виживання мікроорганізмів та збереження ефективності добрив.

Отримані результати експериментів вказують на те, що ефективність технології біоремедіації буде найвищою у разі використання концентрації нафтопродуктів на рівні 50–70%. Справа у тому, що зниження концентрації призводить до підвищення частки використаного незабрудненого ґрунту у системі, що, у свою чергу, значно знижує ефективність біоремедіації. У разі ж повторного використання очищеної ґрунтосуміші підвищуються експлуатаційні витрати. При цьому збільшення обсягу нафтошлему вище планки 70% призводить до неможливості використання рослин для фітостимуляції процесів мікробіологічної деструкції, недоцільності використання добрив та зменшення потенціалу мікроорганізмів *Bacillus* у цілому.

### Література

- [1]. USEPA. (2020). Oil and Natural Gas Sector: Emission Standards for New, Reconstructed, and Modified Sources Review. Washington, DC, USA: United States Environmental Protection Agency. 55 p.
- [2]. Бойченко, С., Черняк, Л. (2022). Сучасний стан нормування природних втрат на об'єктах системи паливо забезпечення. Поступ в нафтогазопереробній та нафтохімічній промисловості. № 2 (4). 39 с.
- [3]. Adams, F. V., Niyomugabo, A., Sylvester, O. P. (2017). Bioremediation of Crude Oil Contaminated Soil Using Agricultural Wastes. *Procedia Manufacturing*. Vol. 7. P. 459–464. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2016.12.037>
- [4]. Yan, L., Penttinen, P., Mikkonen, A., Lindström, K. (2018). Bacterial community changes in response to oil contamination and perennial crop cultivation. *Environmental Science and Pollution Research*. Vol. 25(15). P. 575–584. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1635-9>
- [5]. Peijia, Z, Hongjia, Z, Guoqing, W. (2021). Dose-Dependent Application of Straw-Derived Fulvic Acid on Yield and Quality of Tomato Plants Grown in a Greenhouse. *Frontiers in Plant Science*. Vol. 12. P. 3-6.
- [6]. Nwogu, T. P., Azubuike, C. C., Ogugbue, C. J. (2015). Enhanced Bioremediation of Soil Artificially Contaminated with Petroleum Hydrocarbons. *Biotechnology Research International*. Vol. 7 (3). P. 17-26.

### Fertilizer use in bioremediation technology: technical aspects

Vladyslav Nedoroda, PhD student department of ecology and environmental technologies, Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv, Ukraine.

Ganna Trokhymenko, professor, head of the department of ecology and environmental technologies, Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv, Ukraine.

**Abstract.** The research addresses the prospect of improving the technological phases of oil sludge bioremediation by taking into consideration the unique characteristics of using biosurfactants in conjunction with organic fertilisers. The results of own studies with *Bacillus* bacteria and fulvic acid fertilisers are provided, based on which the optimal concentration levels of oil sludge and the order of introducing components into the system were determined.

**Keywords:** microorganisms, biodegradation, bioremediation, biotechnology, oil products, soil remediation.