

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ



Міжнародна
науково-практична конференція

**Проблеми
надзвичайних
ситуацій**

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

Черкаси
14 травня 2025 року

ЗАСТОСУВАННЯ НОВІТНІХ БІОТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ МІНІМІЗАЦІЇ НАСЛІДКІВ ЗАБРУДНЕННЯ ВОДИ

*Цехмістренко С.І., д.с.-г.н., професор,
Бітюцький В.С., д.с.-г.н., професор
Білоцерківський національний аграрний університет*

Забруднення водних ресурсів є однією з найгостріших екологічних проблем сучасності, особливо в умовах війни. Агресія РФ проти України спричинила масштабне порушення природного гідробалансу, що проявляється в забрудненні поверхневих і підземних вод через витіки нафтопродуктів, руйнування промислових та енергетичних об'єктів, розповсюдження бойових хімічних агентів і радіонуклідів. Наслідком цього є значна зміна фізико-хімічних параметрів водних екосистем, що вимагає застосування комплексних підходів до очищення та відновлення гідробіоценозів.

Одним із перспективних методів біотехнологічної ремедіації є біосорбція та біоаккумуляція, які передбачають використання мікроорганізмів, водоростей і грибів для вилучення іонів важких металів та органічних поллютантів [2]. Мікрододристі, зокрема представники роду *Chlorella* та *Scenedesmus*, продемонстрували високу ефективність у зв'язуванні кадмію, свинцю, ртуті та міді за рахунок процесів поверхневої адсорбції та внутрішньоклітинної акумуляції. Бактеріальні штами *Pseudomonas putida* та *Bacillus subtilis* є ключовими агентами біодеструкції нафтопродуктів і фенольних сполук, тоді як базидіоміцети, зокрема *Trametes versicolor*, ефективно розкладають поліциклічні ароматичні вуглеводні.

Біофільтраційні системи є важливим компонентом біоінженерних стратегій очищення води, що базуються на використанні пористих носіїв (наприклад, цеоліту, активованого вугілля, кремнезему, гідрогелів або синтетичних полімерів), заселених мікробними консорціумами. Основні механізми функціонування таких систем включають біоадсорбцію, біодеградацію та біокаталіз. У процесі біофільтрації мікроорганізми формують біоплівки на поверхні носія, що підвищує їхню стійкість до екстремальних умов довкілля та сприяє більш ефективному розщепленню забрудників. Зокрема, додавання наночастинок металів (Ag, TiO₂, ZnO, Fe₃O₄) забезпечує не лише антибактеріальну активність, а й фотокаталітичне окиснення органічних забрудників під дією ультрафіолетового випромінювання. Крім того, магнітні наночастинки Fe₃O₄ можуть бути використані для полегшення регенерації біофільтрів, що дозволяє їхнє багаторазове використання у промислових системах очищення води [1].

Мікробіологічна деградація токсикантів є одним із ключових напрямків біотехнологічного очищення води, що включають окиснення, відновлення та кометаболізм стійких органічних забруднювачів, таких як поліциклічні ароматичні вуглеводні (PAHs), поліхлоровані біфеніли (PCBs) та вибухові речовини.

Бактерії *Deinococcus radiodurans*, завдяки ефективним механізмам репарації ДНК та унікальній радіорезистентності, здатні детоксикувати високоенергетичні вибухові речовини, такі як тротил і циклотриметилен-тринітрамін. Дослідження показали, що ці мікроорганізми використовують ферменти нітроредуктази та оксидоредуктази для розщеплення нітрогруп у структурах вибухових речовин, перетворюючи їх на нетоксичні сполуки.

Для підвищення ефективності біодеструкції в останні роки активно використовуються синтетично сконструйовані штами бактерій із модифікованими біокаталітичними шляхами, що дозволяє значно збільшити швидкість деградації забрудників. Наприклад, генетично модифіковані *Pseudomonas putida* з додатковими

ферментами оксигеназного комплексу демонструють високу ефективність у руйнуванні хлорорганічних пестицидів та гербіцидів. Таким чином, мікробіологічна деградація є перспективним і екологічно безпечним підходом до очищення забруднених водних ресурсів.

Фітотехнології як напрям біоремедіації передбачають використання рослин для вилучення та акумуляції забруднювачів. Серед найбільш перспективних видів варто відзначити *Phragmites australis* (очерет звичайний), *Salix spp.* (верба) та *Lemna minor* (ряска), які ефективно акумулюють важкі метали та органічні токсиканти з водного середовища. Розвиток генно-модифікованих фіторемедіаторів відкриває нові можливості для підвищення швидкості та ефективності детоксикації забруднених водойм [3].

Ензиматична детоксикація є сучасним напрямом у біотехнологічному очищенні води, що базується на використанні оксидоредуктаз, таких як лаккази, пероксидази та монооксигенази. Лаккази, які продукуються грибами *Coriolus versicolor* та *Pleurotus ostreatus*, демонструють здатність до окиснення фенольних забрудників, а хлорогенні пероксидази успішно розкладають стійкі хлорорганічні пестициди. Застосування ензиматичних наноконкомпозитів дозволяє підвищити стабільність та каталітичну активність ферментів у реальних умовах експлуатації.

Для ефективного впровадження біотехнологічних методів очищення водних ресурсів в Україні необхідно реалізувати ряд стратегічних заходів:

- проведення комплексних досліджень щодо ефективності мікробних та ензиматичних методів у різних екологічних умовах;
- створення національної мережі пілотних біоремедіаційних станцій для тестування новітніх технологій у реальних умовах забруднених водойм;
- інтеграція біотехнологічних методів у систему державного моніторингу якості води та розробка нормативної бази для їх впровадження;
- розширення міжнародного співробітництва та залучення інвестицій для впровадження новітніх екологічних технологій.

Високий рівень забруднення водних ресурсів внаслідок військових дій вимагає негайних наукових і технологічних рішень. Біотехнології відіграють ключову роль у розробці ефективних методів детоксикації та ремедіації водних екосистем. Інтеграція біоінженерних рішень у екологічну політику сприятиме зменшенню антропогенного навантаження на довкілля, забезпеченню чистоти водних ресурсів та створенню стійких екологічних систем для майбутніх поколінь.

ЛІТЕРАТУРА

1. Цехмістренко С.І., Бітюцький В.С., Цехмістренко О.С., Демченко О.А., Тимошок Н.О., Мельниченко О.М. Екологічні біотехнології «зеленого» синтезу наночастинок металів, оксидів металів, металоїдів та їх використання: за редакцією С.І. Цехмістренко. Біла Церква, 2022. 270 с.
2. Hussain, M.K., Khatoon, S., Nizami, G., Fatma, U.K., Saquib, M. (2024). Unleashing the power of bio-adsorbents: efficient heavy metal removal for sustainable water purification. *Journal of Water Process Engineering*. 64. 105705.
3. Malik, S., Khyalia, P., Laura, J.S. (2024). Conventional methods and materials used for water treatment in rural areas. In *Water resources management for rural development*. 79–90.