

Т.І. Дмитруха, доцент

Л.М. Черняк, доцент

І. В. Михальчук, студентка

ДУ «Київський авіаційний інститут», Київ

АНАЛІЗ МЕТОДІВ БІОРЕМЕДІАЦІЇ ҐРУНТІВ

Анотація. У тезах розглянуто сучасні методи біореємедації ґрунтів, спрямовані на очищення забруднених територій за допомогою біологічних агентів. Проаналізовано принципи дії, переваги та особливості застосування різних видів біореємедації, включаючи природне самоочищення, мікробну біореємедацію (біостимуляцію *in situ* та *in vitro*, біоаугментацію, використання біопрепаратів), фітореємедацію (фітостабілізацію, фітоакумуляцію, фітостимуляцію, фітотрансформацію, ризофільтрацію), біореємедацію *ex situ* (обробку в буртах, компостування, біорихлення, біореактори) та мікореємедацію. Особливу увагу приділено порівняльному аналізу біоаугментації та біостимуляції як ефективних та екологічно безпечних методів відновлення забруднених ґрунтів. Описано вимоги до рослин-фітореємедантів та механізми дії різних методів фітореємедації. Розглянуто технологічні аспекти та сфери застосування методів біореємедації *ex situ* та потенціал використання грибів у мікореємедації для деградації різноманітних забруднювачів.

Ключові слова: біореємедація, природне самоочищення, мікробна біореємедація, біостимуляція *in situ* та *in vitro*, біоаугментація, використання біопрепаратів, фітостабілізація, фітоакумуляція, фітостимуляція, фітотрансформація, ризофільтрація, мікореємедація.

Біореємедація ґрунтів включає різноманітні методи, спрямовані на очищення забруднених територій за допомогою біологічних агентів, переважно використання мікроорганізмів та рослин.

Внутрішня біореємедація – є пасивним методом, що використовує природні біологічні процеси для зменшення рухливості та маси забруднювачів. Цей метод є економічно вигідним, тривалість та швидкість очищення залежить від наявності сприятливих умов довкілля, але характеризується повільним перебігом процесів.

Мікробна біореємедація використовує мікроорганізми для деградації забруднювачів. Метод включає біостимуляцію, яка активує аборигенні мікроорганізми шляхом створення оптимальних умов (зрошування, зволоження, внесення поживних речовин). Як приклад: біостимуляція *in situ*, та біостимуляція *in vitro*, передбачає культивування мікроорганізмів у біореакторах з подальшим внесенням у ґрунт. Біоаугментація передбачає внесення в ґрунт високих концентрацій спеціально підібраних мікроорганізмів – деструкторів для цільового розкладання забруднень. Біоаугментація є доцільною при високих концентраціях

свіжих забруднень, несприятливих фізико – хімічних умовах, важкорозкладних забруднювачах та необхідності прискорення процесу очищення.

Внесення біопрепаратів може також мати непрямі позитивні ефекти, впливаючи на гуміфікацію, трансформацію органічної речовини, запобігаючи акумуляції токсичних ксенобіотиків та мінералізуючи азотовмісні сполуки.

Біоаугментація та біостимуляція є стійкими біологічними та економічно ефективними методами, що не утворюють токсичних побічних продуктів і можуть посилювати одна одну, оскільки процеси використовують мікроорганізми.

Фіторе mediaція використовує рослини для очищення ґрунту від важких металів, радіонуклідів та інших шкідливих сполук. Рослини- фіторе mediaнти повинні мати здатність акумулювати забруднювачі переважно в надземних органах та нарощувати значну біомасу після скошування. Виділяють основні методи фіторе mediaції: фітостабілізація (осадження забруднювачів у кореневій зоні, що запобігає міграції забруднювача, ефективна при низькому рівні забруднення); фітоакумуляція (характеризується поглинанням забруднювачів кореневою системою з наступним накопиченням у надземній біомасі); фітостимуляція (стимулювання мікробної активності в ризосфері для розкладання забруднювачів); фітотрансформація (руйнування або перетворення забруднювачів у менш токсичні форми всередині рослин); ризофільтрація (трансформація забруднювачів у леткі форми з подальшим випаровуванням через листя).

Біоре mediaція ex situ передбачає видалення забрудненого ґрунту з місця забруднення та його обробку в контрольованих умовах. До цієї методики належать обробка в буртах або насипах, компостування, вермикомпостування, біорихлення та інтенсивне біологічне очищення в спеціалізованих апаратах.

Мікоре mediaція використовує гриби для деградації або сорбції забруднювачів у ґрунті. Мікоризні гриби особливо здатні утворювати симбіотичні зв'язки з рослинами, покращуючи їхнє живлення та стійкість до забруднення, а також безпосередньо розкладати органічні забруднювачі за допомогою свої ферментів.

Список використаної літератури

1. [Bioremediation](https://openoregon.pressbooks.pub/envirobiology) by [Matthew R. Fisher](#) is licensed [CC BY 4.0](#). Original source: <https://openoregon.pressbooks.pub/envirobiology>.
2. *Bioremediation: A Sustainable Approach to Preserving Earth's Water*. (2019). *Сполучені Штати Америки*: CRC Press.
3. *Bioremediation and Biotechnology, Vol 2: Degradation of Pesticides and Heavy Metals*. Німеччина: Springer International Publishing, 2020.