

великих містах. Але на сьогодні ситуація вже зрушила з місця і її необхідно «прискорювати», тому що коли тебе оточує якісне природне середовище, то й людина почувається набагато краще, менш хворіє, більш ефективніше працює, тобто настає своєрідна ланцюгова реакція, що дає гарні наслідки для майбутніх поколінь.

## **ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ РИЗОДЕГРАДАЦІЇ ДЛЯ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ҐРУНТІВ**

РИБАЛОВА О. В., РИХЛИК К. В.

*Національний університет цивільного захисту України*  
olgarybalova@ukr.net, katyv1604@gmail.com

Військова агресія РФ проти України призвела до небезпеки збільшення лісових пожеж і забруднення всіх компонентів навколишнього природного середовища, руйнування ландшафтів, зменшення біорізноманіття, виникнення аварійних ситуацій на промислових підприємствах та інфраструктурних об'єктах. Накопичення важких металів може привести до значного токсичного впливу на компоненти довкілля і здоров'я людей, тому пошуки методів відновлення ґрунтів є дуже актуальною задачею.

Вплив вибухонебезпечних предметів (ВНП) та мін на навколишнє середовище розглядається як прямий вплив на екосистеми, так і непрямий, шляхом обмеження доступу людини до цих територій. Прямим впливом є втрата біорізноманіття (під час вибухів або розмінування рослинність на певному місці знищується, тварини також зазнають жертв), мікрорельєф на місці вибуху зазнає змін, порушується стійкість ґрунту, руйнується його структура, підвищується ризик ерозійних процесів. Крім того, ґрунт піддається хімічному забрудненню, оскільки боєприпаси та мінімістять такі метали, як цинк, хром, кадмій, нікель, свинець і ртуть. Органічні та неорганічні сполуки вибухових речовин є токсичними і проникають у ґрунт і підземні води, та можуть накопичуватись в організмах тварин і людей [1].

Ризодеградація – це посилення природної біодеградації в ґрунті через вплив коренів рослин, що призводить до руйнування або детоксикації забруднюючих речовин.

Органічні забруднювачі в ґрунті часто можуть бути розщеплені на

дочірні продукти або повністю мінералізовані до неорганічних продуктів, таких як вуглекислий газ і вода, природними бактеріями, грибами та актиноміцетами. Наявність коренів рослин часто збільшує розмір і різноманітність мікробних популяцій у ґрунті, що оточує коріння (ризосфера) або в мікоризі (асоціації грибів і коренів рослин).

Збільшення мікробної популяції відбувається внаслідок стимуляції ексудатами рослин, сполуками, що виробляються рослинами та вивільнюються з коренів рослин. Ексудати рослин включають цукри, амінокислоти, органічні кислоти, жирні кислоти, стерини, фактори росту, нуклеотиди, флаванони, ферменти та інші сполуки. Збільшення мікробної популяції та активності в ризосфері може призвести до збільшення біодеградації забруднюючих речовин у ґрунті, а розкладання ексудатів може стимулювати метаболізм забруднюючих речовин у ризосфері. Ризодеградація відбувається переважно в ґрунті, хоча потенційно може статися стимуляція мікробної активності в кореневій зоні водних рослин.

Стимуляція ґрунтових мікробів ексудатами коренів рослин також може призвести до зміни геохімічних умов у ґрунті, таких як рН, що може призвести до змін у транспортуванні неорганічних забруднень. Рослини та коріння рослин також можуть впливати на вміст води, транспортування води та поживних речовин, аерацію, структуру, температуру, рН або інші параметри ґрунту, часто створюючи більш сприятливе середовище для ґрунтових мікроорганізмів, незалежно від виробництва ексудатів. Деякі автори [2] вказують на те, що болотні трави *Spartina alterniflora* і *S. patens* потенційно можуть збільшити підповерхневу аеробну біодеградацію розливої нафти шляхом транспортування кисню до їх коренів.

Привабливі особливості ризодеградації включають знищення забруднювача на місці, потенційну повну мінералізацію органічних забруднювачів, а також те, що переміщення сполуки в рослину чи атмосферу є менш імовірним, ніж при інших технологіях фітореMediaції, оскільки розкладання відбувається в джерелі забруднення. Збирання рослинності не є необхідним, оскільки забруднювач розкладається в ґрунті, а не накопичується в рослині. Проникнення коренів по всьому ґрунті може дозволити контактувати із значним відсотком ґрунту. Але може знадобитися багато часу для відмирання коренів і зростання коренів у нові ділянки ґрунту, щоб відбувся контакт із більшою частиною ґрунту. Крім того, несприятливі ґрунтові умови або зони з

високим рівнем забруднення можуть зменшити проникнення коренів, що призводить до того, що деякі частини ґрунту ніколи не контактують з корінням.

Можливо найбільш серйозною перешкодою для успішної ризодеградації є її обмеження глибиною кореневої зони. Багато рослин мають відносно неглибокі кореневі зони, і глибина проникнення коренів також може бути обмежена умовами вологості ґрунту або особливостями структури ґрунту. Однак у деяких випадках коріння може простягатися відносно глибоко і поширюватися в ґрунт із високими концентраціями забруднюючих речовин. Інші потенційні перешкоди для успішної ризодеградації включають часто значний час, який може знадобитися для розвитку обширної кореневої зони. Ризосфера простягається лише приблизно на 1 мм від кореня, і спочатку об'єм ґрунту, зайнятий корінням, становить невелику частку від загального об'єму ґрунту; таким чином, об'єм ґрунту, на який спочатку впливає ризосфера, обмежений. Однак з часом нові корені проникають у більшу частину ґрунту, а інші корені розкладаються. Цей оборот коренів додає ексудати до ризосфери.

Поглинання забруднювача рослиною є небажаною ознакою при ризодеградації, і рослини слід вибирати так, щоб уникнути поглинання, якщо не буде показано, що фітодеградація також відбувається всередині рослини. Стимуляція ризосферних організмів не завжди призводить до збільшення деградації забруднюючих речовин, оскільки популяції мікроорганізмів, які не є деградаторами, можуть бути збільшені за рахунок деградаторів. Конкуренція між рослинами та мікроорганізмами також може вплинути на рівень біодеградації. Крім того, органічна речовина з рослинності може використовуватися як джерело вуглецю замість забруднювача, що зменшить ступінь біодеградації забруднювача [3].

Ефективність методу ризодеградації можна підвищити кількома способами. Корисним попереднім кроком є скринінг рослин на наявність корневих ексудатів, які є ефективними для стимуляції метаболізму забруднень. Насіння можна інокулювати бактеріями, які здатні руйнувати забруднювач [3].

Метод ризодеградації можна використовувати для зменшення органічних забруднювачів, наприклад, нафтових вуглеводних, ПАУ, пестицидів, хлорованих розчинників, поверхнево-активних речовин, тощо.

Для застосування методу ризодеградації велике значення має вибір рослин. Дослідження показали високу ефективність використання суміші лугових трав: великий синій (*Andropogon gerardi*), малий синій (*Schizachyrium*

*scoparius*), індійський пирій (*Sorghastrum nutans*), світчграс (*Panicum virgatum*), канадське дике жито (*Elymus canadensis*), західний пирій (*Agropyron smithii*), вівсянка бічна (*Bouteloua curtipendula*) і синя грама (*Bouteloua gracilis*), а також таких рослин як бобові (*Lespedeza cuneata* (Dumont)), сосна лоболлі (*Pinus taeda* (L.)), соя (*Glycine max* (L.) Merr., сорт Davis), пирій гребінчастий Нусcrest, м'ята колосиста (*Mentha spicata*), шовковиця червона (*Morus rubra* L.), яблуня (*Malus fusca* (Raf.) Schneid) [4].

До переваг цього методу можна віднести можливість використовувати як наземні, так і водні рослини для застосування *in situ* або *ex situ*; Можна використовувати інші види, окрім гіперакумуляторів; Система *ex situ* може бути розміщена де завгодно, оскільки очищення не обов'язково має відбуватися на місці первинного забруднення.

Внаслідок проведення бойових дій територія України сильно забруднена вибухонебезпечними предметами. Метод ризодеградації є одним з ефективних природоохоронних заходів відновлення ґрунтів і потребує більш детальних досліджень для впровадження в післявоєнній відбудові нашої країни.

### Література

1. Musa, Snjezana , Šakić, Dario & Šiljković, Željka. Geographical reflections of mine pollution in Bosnia and Herzegovina and Croatia. 2017. 12-2.
2. Paz-Ferreiro, J., Lu, H., Fu, S., Mendez, A. and Gasco, G. Use of Phytoremediation and Biochar to Remediate Heavy Metal Polluted Soils: A Review. 2014. *Solid Earth*, 5, 65–75. <http://dx.doi.org/10.5194/se-5-65-2014>
3. Elekes, C.C. Eco-Technological Solutions for the Remediation of Polluted Soil and Heavy Metal Recovery. In: Hernández-Soriano, M.C., Ed., *Environmental Risk Assessment of Soil Contamination*, InTech, Rijeka, 2014. 309-335. <http://dx.doi.org/10.5772/57314>
4. Sinha, S., Mishra, R.K., Sinam, G., Mallick, S. and Gupta, A.K. Comparative Evaluation of Metal Phytoremediation Potential of Trees, Grasses and Flowering Plants from Tannery Wastewater Contaminated Soil in Relation with Physico-Chemical Properties. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*. 2013. 22, 958–983.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА  
КАФЕДРА ІНЖЕНЕРНОЇ ЕКОЛОГІЇ МІСТ



## МАТЕРІАЛИ

ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЇ  
«ЕКОЛОГІЧНО СТАЛІЙ РОЗВИТОК УРБОСИСТЕМ:  
ВИКЛИКИ ТА РІШЕННЯ  
В КОНТЕКСТІ ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ УКРАЇНИ»



до дня пам'яті доктора технічних наук, професора  
Стольберга Фелікса Володимировича  
5–6 листопада 2024 р.

Харків – 2024

УДК 502.11:[332.146.2+339.92(4-6ЄС+477)](06)

E45

**Редакційна колегія:**

*Дядін Дмитро Володимирович*, канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри інженерної екології міст ХНУМГ ім. О. М. Бекетова;

*Дрозд Олена Миколаївна*, канд. с.-г. наук, с. н. с., доцент кафедри інженерної екології міст ХНУМГ ім. О. М. Бекетова;

*Хандогіна Ольга Вадимівна*, канд. екон. наук, доцент, доцент кафедри інженерної екології міст ХНУМГ ім. О. М. Бекетова;

*Вергелес Юрій Ігорович*, старший викладач кафедри інженерної екології міст ХНУМГ ім. О. М. Бекетова

*Рекомендовано до друку Вченою радою Харківського національного  
університету міського господарства імені О. М. Бекетова,  
протокол № 4 від 29.11.2024 р.*

□

E45 **Екологічно** сталий розвиток урбосистем: виклики та рішення в контексті євроінтеграції України : матеріали Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. : до дня пам'яті Ф. В. Стольберга, Харків, 05–06 листоп. 2024 р. / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; [редкол.: Д. В. Дядін, О. М. Дрозд, О. В. Хандогіна та ін.]. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. – 232 с.

УДК 502.11:[332.146.2+339.92(4-6ЄС+477)](06)

ISBN 978-966-695-614-2

У збірнику наведено матеріали всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції , висвітлюють питання сучасних проблем урбоекології, впливу міни клімату на урбосистеми, екологічних аспектів впливу війни на довкілля та повоєнного відновлення територій, екологічних безпеки і технологій захисту урбанізованого довкілля, екологічної освіти та трансферу знань.

ISBN 978-966-695-614-2

© Колектив авторів, 2024

© Харківський національний  
університет міського господарства  
імені О. М. Бекетова, 2024