

6. Крушельницький О.Д., Огороднійчук І.В., Іванько О.М. Ландшафтні зміни навколишнього середовища внаслідок воєнних дій та їх епідемічні ризики. Профілактична медицина. Медичні перспективи. 2016. Вип.16. Том XXI. С. 104-106. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/landshaftni-zmini-navkolishnogo-seredovischa-vnaslidok-voennih-diy-ta-yih-epidemichni-riziki/viewer>.

7. Ландшафти війни: нові «врожаї» на українських полях. Укрінформ. 4.04.2023. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-ato/3503152-landsafti-vijni-novi-vrozai-na-ukrainskih-polah.html>

8. Тарнавський А.Б., Хром'як У.В. Залучення підрозділів Державної служби з надзвичайних ситуацій до розмінування та рекультивациі територій, порушених внаслідок воєнних дій на сході України. Науковий вісник НЛТУ України, 2015. Вип. 25.9. С. 190-196.

Мазур Світлана, к.с.-г.н.

Матусевич Галина, к.с.-г.н., с.н.с.

Інститут агроекології і природокористування НААН

МІКРООРГАНІЗМИ – ОСНОВА БІОРЕМЕДІАЦІЇ ЗАБРУДНЕНИХ, ВНАСЛІДОК БОЙОВИХ ДІЙ, ГРУНТІВ

Анотація. Збереження ґрунту та його біологічного різноманіття є основним завданням аграрної держави, для якої ґрунт є національним надбанням. Але сьогодні, кожної хвилини і кожної секунди, довкілля України, її флора, фауна та природні ресурси, несуть непоправні збитки від злочинних дій агресора. Доведено, що мікроорганізми *Bacteroidetes*, *Firmicutes*, *Acidobacteria*, *Proteobacteria* та *Gemmatimonadetes*, як біоіндикатори здатні не лише вказувати на проблеми, але й бути біологічним, екологічно обґрунтованим, економічно доцільним шляхом вирішення проблеми відновлення ґрунтів після військових дій.

Ключові слова: ґрунтові мікроорганізми, біореєдатори, ґрунти, війна.

Сьогодні, кожної хвилини і кожної секунди, довкілля України, її флора, фауна та природні ресурси, несуть непоправні збитки від злочинних дій агресора, що немає людської моралі. Довкілля, як зовнішня оболонка Землі, яка охоплює частину атмосфери, гідросферу і верхню частину літосфери, потерпає від нещадних ударів різних видів озброєння – від далекобійних гаубиць та систем залпового вогню до фосфорних бомб та крилатих ракет, що супроводжується розривами в складній системі біохімічних циклів міграції речовин та енергії. І хоча такі дії ставлять на меті звести нанівець потенціал до відновлення країни, яка потерпає від агресії, наслідки будуть відчутні не лише в Україні, але й на планетарному рівні. Адже для будь якого живого організму навколишнє природне середовище – це сукупність зовнішніх об'єктів та умов, що разом впливають на його життєдіяльність. І саме порушення сукупності абіотичних та біотичних чинників, природних і змінених діяльністю людини, впливають на основні властивості біосфери, кругообіг речовин, регуляцію динаміки та стійкості екосистем і біологічну продуктивність, що визначаються біорізноманіттям. Нині збереження сприятливого середовища для існування живих істот у всій повноті біологічного розмаїття є ключовим завданням світової спільноти.

Війна знищує не лише інфраструктуру України, але й національне багатство – ґрунти, які є найродючішими та найціннішими ґрунтами світу. Не правильне ведення господарської діяльності, екстенсивне сільське господарство та порушення співвідношення площ ріллі та природних кормових угідь, лісових та водних ресурсів ще до війни сприяло зменшенню частки гумусу в ґрунтах в середньому на 32,5%. Великої шкоди завдала також надлишкова меліорація, яка сприяла закисленню та засоленню, а також підтопленню великих площ ґрунтів. Загальні втрати родючих ґрунтів щорічно складають мільйони тонн. Крім того, 3,7 млн га землі знаходиться в зоні дії аварії на Чорнобильській АЕС. До всіх цих негараздів додалися вибухи ракет, артилерійських снарядів найрізноманітніших форм та типів, фугасних авіабомб, «вакуумних» бомб, фосфорних боєприпасів. Агресор не гребує ніякими типами озброєнь та застосовує їх у надмірній кількості, від чого

страждає навколишнє природне середовище. Ґрунти при цьому змінюють свої фізичні, хімічні та фізико-хімічні властивості, а як наслідок змінюється їх родючість.

Крім того, слід пам'ятати, що вибух будь-якого боєприпасу – це потрапляння у довкілля цілої низки найрізноманітніших токсичних сполук та мінералів. За даними фахівців ГО «Екодія», під час детонації ракет та артилерійських снарядів утворюються чадний газ, вуглекислий газ, водяна пара, закис азоту, діоксид азоту, формальдегід, пари ціанистої кислоти, а також велика кількість токсичної органіки. Ґрунтознавці відзначають систематичне перевищення в 6-8 разів показників ртуті, цинку та кадмію. Сірка у контакті з опадами перетворюється на сірчану кислоту, яка випадає на найродючіший верхній шар ґрунту, де живуть мільйони організмів. Кислота випалює ці організми майже блискавично. Українська природоохоронна група повідомляє, що є такі території, на одному квадратному кілометрі якої лише на сьогодні нараховано 2 052 вирви від різноманітних снарядів, що в еквіваленті забруднення для ґрунту дорівнює 50 тонн заліза, 1 тонна сполук сірки, 2,5 тонни купрум. Нині навіть важко уявити та оцінити масштаб забруднення земель та його наслідки для довкілля та для майбутнього.

Збереження ґрунту та його біологічного різноманіття є основним завданням аграрної держави, для якої ґрунт є національним надбанням. Відомо, що катастрофічні концентрації хімічних елементів та різноманітних сполук, які надходять від обстрілів спричиняють порушення фізіологічних та біохімічних процесів у живих організмах. Наприклад, підвищення «норм» металів у ґрунті викликають не лише пряму токсичну дію, але мають негативний вплив на відтворення і біопродуктивність ґрунтових мікроорганізмів. Доведено, що важкі метали знижують/пригнічують активність ґрунтових ферментів, а також порушують трансформацію вуглецю, азоту та органічної речовини та зменшують біорізноманіття та біомасу мікроорганізмів, що призводить до домінування специфічних мікроорганізмів, толерантних до важких металів у ґрунтах.

Разом з тим використання ґрунтових мікроорганізмів та їх природних механізмів, як метод біоремедіації, вважається дуже перспективним інструментом для видалення забруднюючих речовин ґрунтів, оскільки вони є екологічно безпечними та економічно ефективними.

Наразі активно використовують мікробні біосорбенти, а також мікроорганізми які здатні до біовилуговування. Повідомляється, що мікроорганізми *Bacteroidetes*, *Firmicutes*, *Acidobacteria*, *Proteobacteria* та *Gemmatimonadetes* домінують у забруднених ґрунтах. *Gemmatimonadetes* складають 2% усіх бактерій ґрунтів і мають здатність досить швидко адаптуватися до низького вмісту води та до змін рН ґрунту.

Чисельність *Acidobacteriay* ґрунтах корелюється з рН ґрунту. Представники типу *Chloroflexi* колонізують різноманітні середовища, включаючи забруднені ґрунти. *Firmicutes* – домінуюча група мікроорганізмів у забруднених хромом середовищем, тоді як *Proteobacteria* – забруднення важкими металами. Представники *Actinobacteria* є найбільш ефективними в розкладанні органічних речовин, включаючи геміцелюлозу та лігнін.

Дослідження молекулярно-генетичних властивостей всіх цих мікроорганізмів дало змогу виявити гени, що кодують механізми толерантності до важких металів: *czc A* та *ncc A* виявлено у *Variovoraxsp.*, *Arthrobactersp.*, *Pseudomonassp.* і *Methylobacterium*, тоді як *cad A* виявлено у *Pseudomonassp.* Отже дані мікроорганізми здатні транспортувати важкі метали, осаджувати їх або ж зв'язувати їх за рахунок синтезу екзополісахаридів, які можна використовувати для відновлення забруднених територій.

Доведено, що мікроорганізми, як біоіндикатори здатні не лише вказувати на проблеми, але й бути біологічним, екологічно обґрунтованим, економічно доцільним шляхом вирішення проблеми відновлення ґрунтів після військових дій.

Список використаних джерел

1. <https://ecoaction.org.ua/>
2. <https://uncg.org.ua/>
3. <https://ecozagroza.gov.ua/>