

ФІТОРЕМЕДІАЦІЯ В АСПЕКТІ ВІДНОВЛЕННЯ ГРУНТІВ, ЯКІ ЗАЗНАЛИ ВПЛИВУ ВОЄННО- ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ.

Мельниченко Вадим Васильович

Кандидат економічних наук, технічний директор

Natural Fertilisers Limited LLC (Ірландія)

vadym.mel@proton.me

Будь-які дії військового характеру, з застосуванням озброєнь, спричиняють катастрофічні наслідки не тільки для людей та інфраструктури, але й для навколишнього природного середовища, порушуючи природні процеси екосистем, на відновлення яких знадобляться роки, а деякі зміни є безповоротними. Негативний вплив воєнно-техногенного навантаження на ґрунті та земельні ресурси, прямо впливає й на національну продовольчу та екологічну безпеку. Це вимагає перегляду цілей і пріоритетів екологічної та аграрної політики, напрямів наукового забезпечення ремедіації ґрунтів, які відносяться, зокрема, до агропродовольчого сектору.

Наукове співтовариство зазначає, що проблема відновлення родючості ґрунтів після впливу військово-техногенного навантаження вже зараз стає надзвичайно актуальною. Площі сільськогосподарських угідь, які постраждали від вибухових уражень, забруднені нафтопродуктами та токсичними хімічними сполуками, фізичними руйнуваннями в результаті вибухів, постійно збільшуються, особливо в регіонах з найбільш родючими ґрунтами в Україні. За даними ДУ «Інститут охорони ґрунтів», негативний вплив позначився на ґрунтах, які мають найкращі агрохімічні характеристики та досить високий еколого-агрохімічний бал [1]. З огляду на світовий досвід, військові конфлікти суттєво впливають на властивості ґрунту в основному через його певні фізико-хімічні порушення та

забруднення, які є особливо небезпечними для ґрунтів сільськогосподарського призначення. Пряме потрапляння снарядів, згоріла військова техніка та нафтопродукти руйнують екосистеми і забруднюють ґрунти та воду важкими металами і токсичними елементами. Найшкідливішими забруднювачами ґрунтів є високотоксичний свинець, ртуть, арсен, кадмій, мідь, нікель та цинк [2, 3]. Тільки протягом 2022 року активних бойових дій ґрунтовому покриву дев'яти областей України завдано непоправної шкоди. Більше 200 тисяч гектарів територій забруднено та пошкоджено мінами, уламками боєприпасів і техніки, що може призвести до екологічної катастрофи [4].

На сьогоднішній день у Світі велика кількість ґрунтів забруднена енергоємними матеріалами внаслідок військових конфліктів, військових навчань на полігонах та розмінування з відкритими підривами нездетонованих боєприпасів. Попадаючи в ґрунт енергоємні матеріали зазнають різного ступеня хімічних і біохімічних перетворень залежно від хімічних сполук, що входять до їх складу і факторів навколишнього середовища. Особливу увагу слід приділити найпоширенішим вибуховим речовинам 2,4,6-тринітротолуолу (ТНТ або Тротилу), гексагідро-1,3,5-тринітро-1,3,5-триазину (RDX або Гексагену) та октагідро-1,3,5,7-тетранітро-1,3,5, 7-тетразоцин (HMX або Октогену), а також компонентам ракетного палива: (NG або Нітрогліцерин), (NQ або Нітрогуанідин), (NC або нітроцелюлоза), (DNT або Динітротолуол) і перхлорат. Ці енергоємні речовини найчастіше використовуються у виробництві конвенційних боєприпасів, а відтоді - під час ведення бойових дій або полігонних тренувань військових.

Вибухові речовини (іноді вказуються як «пропеленти») можна умовно розділити на три хімічні класи, кожен з яких по різному поводитися в навколишньому середовищі та ґрунті.

Перший хімічний клас є найпоширенішим компонентом палива, який використовується як у гарматному, так і в ракетному паливі. Він являє собою волокнисту полімерну нітроцелюлозу. Завдяки своїй структурі він має низьку розчинність, і хоча він може розкладатися через втрату атомів азоту, волокниста структура залишається недоторканою. Крім того, нітроцелюлоза є одним із найменш токсичних енергоємних матеріалів і часто не вважається серйозною проблемою для довкілля.

Другий хімічний клас вибухових речовин складається з нітрогліцерину та нітрогуанідину. Обидва є органічними сполуками та схожі на вторинні вибухові речовини за своєю поведінкою в довкіллі. Обидва є більш розчинними, ніж тротил або гексоген і можуть швидко рухатись шарами ґрунту та потенційно впливати на довкілля і ґрунтові води.

Однак обидва значно менш токсичні, ніж TNT або RDX, особливо в низьких концентраціях. Варто зазначити, що нітрогуанідин не особливо сприйнятливий до біологічного розкладання і може зберігатися в довкіллі, швидко переміщаючись через ґрунт до ґрунтових вод. Якщо нітрогуанідин знаходиться на поверхні, він може розкладатися під дією світла на аміак і похідні сполуки, що може сприяти іншим впливам на довкілля.

Третій хімічний клас пропелентів складається з солей, таких як перхлорат амонію, які є стійкими в довкіллі. Перхлорат амонію є легко розчинний у воді, не розкладається і не адсорбується, а отже має тенденцію залишатися десятиліттями. Завдяки цьому в районах, де був великий вплив перхлорату амонію є значне забруднення ґрунтів. Хоча це не призводить до негайного летального результату, вплив перхлорату може спричинити негативний вплив на як на екосистему так і здоров'я людини.

Найчастіше, коли мова йде про забруднення ґрунту внаслідок воєнно-техногенного впливу, мається на увазі хімічне забруднення. Хімічне забруднення виникає шляхом попадання в ґрунт шкідливих речовин, таких як нафта та її похідні продукти, важкі метали, вибухові речовини,

фосфорорганічні речовини, радіоактивні елементи, тощо. Потрапляючи у ґрунт, хімічні сполуки призводять до його серйозного забруднення. Зазвичай хімічні речовини не є біорозкладними та містять широкий спектр хімічних сполук, які є токсичними. Вони призводять до забруднення ґрунту, сповільнення росту рослин та загрожують екосистемі в цілому. Такі забруднення можуть мати довгострокові наслідки для екосистеми ґрунту, довкілля та здоров'я людей. Відмічається вплив хімічного забруднення ґрунту як на рослини – для яких погіршується доступ до води та поживних речовин, так і на здоров'я людей – за рахунок потрапляння хімічних домішок у харчові ланцюги через забруднені рослини та водні джерела [5].

Наразі у світовій практиці відновлення сільськогосподарських земель активно розвиваються економічно ефективні та екологічно безпечні технології очищення ґрунтів, які ґрунтуються на фізіологічних властивостях рослин та їх ролі у зниженні вмісту ксенобіотиків. У загальному це визначається як фіторемедіаційні технології. В наш час фітотехнології технології широко використовуються для відновлення, стабілізації та контролю над забрудненими ґрунтами. Фіторемедіація, будучи складовою фітотехнологій, спрямована на видалення або розкладання забруднювачів у ґрунті. Ця технологія використовує природні фізіологічні властивості рослин для відновлення ґрунтів, забруднених важкими металами або органічними сполуками. У порівнянні з фізико-хімічними і механічно-технічними способами фіторемедіація є більш екологічно доцільним і економічно вигідним методом відновлення ґрунтів.

Використання технологій фіторемедіації надасть можливість не лише зменшити ступінь забруднення навколишнього середовища ксенобіотиками, а й, що найбільш важливе, повернути відновлені землі в систему землекористування, адже з ґрунту важкі метали можуть потрапляти в культури, а далі – в їжу. Сам факт потрапляння важких металів в продукти харчування унеможлиблює використання земель у виробництві продукції

рослинництва і тваринництва з огляду на небезпеку як для тварин так і для людини. До прикладу регламент Комісії (ЄС) № 1881/2006 від 19 грудня 2006 року [7], встановлює максимальні рівні певних забруднюючих речовин у харчових продуктах. Обмеження у вказаному регламенті стосується зокрема й важких металів.

Щодо сільськогосподарських земель України, які зазнали впливу внаслідок військових дій, пропонується використання узагальненого алгоритму, який спрямований на відновлення ґрунтів з використанням фіторемедіації, як однієї з можливих методик.

Спрощений алгоритм дій для сільськогосподарських земель пошкоджених вибухами, горінням військової техніки та потраплянням ПММ до ґрунту наведено у Таблиці 1:

Таблиця 1. Алгоритм дій для сільськогосподарських земель пошкоджених вибухами, горінням військової техніки та потраплянням ПММ до ґрунту з подальшою фіторемедіацією.

1	Розмінування визначених території
2	Супутниковий моніторинг площ зі створенням мапи забруднення
3	Відбір зразків ґрунту у зоні враження та навколо
4	Лабораторний аналіз на вміст забруднюючих речовин
5	Аналіз можливості подальшого цільового використання земель
6	Механічне очищення ділянок від джерел забруднення та уламків
7	Механічне відновлення ґрунтового покриву ділянок
8	Складання плану фіторемедіації та визначення оптимального фіторемедіанта
9	Поетапний контроль результатів фіторемедіації шляхом відбору зразків ґрунтів та їх аналізу
10	Прийняття рішення про повернення відновлених ділянок до сільськогосподарського виробництва

Джерело: розробка автора

Таким чином етапи очищення ґрунтів на земельних ділянках, які зазнали впливу військових дій, включають в себе виявлення та оцінку ступеня забруднення, механічного видалення залишків небезпечних матеріалів, вибір фіторемедіанту, моніторинг та оцінку результатів з коригуванням методу, за необхідності, та заключну оцінку ступеня готовності ґрунту до повернення в сільськогосподарське виробництво. Варто зазначити, що фіторемедіація це тривалий процес, який потребує капіталовкладень з метою інтенсифікації, а отже важливою складовою є економічне обґрунтування за-для забезпечення найоптимальнішого результату.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Романова С.А., Еколого-агрохімічне обстеження сільськогосподарських угідь у зоні бойових дій. Збірка доповідей. Конференція: "Національний виклик: деградація ґрунтів чи відновлення їх родючості?". - 09.12.2022. URL: <https://youtu.be/dBGXeT1qmCE?t=3832>
2. Шепелюк М.О. Визначення вмісту важких металів у ґрунтах різних екологічних зон міста Луцька. Таврійський науковий вісник. 2019. № 107. С. 317–321.
3. Флоря Л.В. Оцінка рівня забруднення ґрунтів важкими металами та їх вплив на урожайність сільськогосподарських культур у Північно-Західному Причорномор'ї. Вісник Одеського державного екологічного університету. 2013. Вип. 13. С. 131–141.
4. Зайцев Ю.О., Грищенко О.М., Романова С.А., Зайцева І.О. Вплив бойових дій на вміст валових форм важких металів у ґрунтах Сумського та Охтирського районів Сумської області. Агроекологічний журнал. 2022. №3. С. 136–149. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2022.266419>

5. Борецька І.Ю., Фіторемедіація техногенно забруднених ґрунтів з використанням енергетичних культур. Екологічні науки №6 (39). Науково-практичний журнал. Львівський національний університет імені Івана Франка. с.72-76.
6. John Pichtel, “Distribution and Fate of Military Explosives and Propellants in Soil: A Review.” Applied and Environmental Soil Science, volume 2012, Article ID: 617236. p.1-4.
7. Регламент Комісії (ЄС) № 1881/2006 від 19 грудня 2006. URL: <https://dpss.gov.ua/storage/app/sites/12/uploaded-files/sertifikati-na-eksport-z-ukrayini/metod-rekomend-aflotoksin-dod-4.pdf>



**МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
«ПІСЛЯВОЄННЕ ВІДНОВЛЕННЯ ҐРУНТОВИХ І РОСЛИННИХ
РЕСУРСІВ ТА ПРОДОВОЛЬЧА БЕЗПЕКА КРАЇНИ»**



м. Київ, 20–21 червня 2024 року

МАТЕРІАЛИ МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
«ПІСЛЯВОЄННЕ ВІДНОВЛЕННЯ ҐРУНТОВИХ І РОСЛИННИХ РЕСУРСІВ
ТА ПРОДОВОЛЬЧА БЕЗПЕКА КРАЇНИ» (м. Київ, 20–21 червня 2024 року)
НУБІП України, 2024. 222 с.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

–Тонха О.Л., проректор з науково-педагогічної роботи, голова організаційного комітету;

–Літвінов Д.В., директор НДІ рослинництва та ґрунтознавства, професор кафедри агрохімії та якості продукції рослинництва ім. О.І. Душечкіна, співголова організаційного комітету;

–Ткаченко М.А., директор ННЦ «Інститут землеробства НААН» (за згодою);

– Паламарчук Р.П., в.о. директора Державної установи «Інститут охорони ґрунтів України» (за згодою);

–Корнієнко В.І., директор УЛЯБП АПК НУБіП України

–Kashtanova Olena, Prof. Anhalt University of Applied Sciences, Germany (за згодою);

–Kutcher Randy, Prof. Saskatchewan University (за згодою);

–Jean Jong, Prof. Swedish University of Agricultural Sciences (за згодою);

–Ghaley Bhim, PhD. Prof Copenhagen University (за згодою);

–Sahar Azarkamand PhD. Researcher UNESCO Chair in Life Cycle and Climate Change (за згодою);

–Гаврилюк О.С., заступник декана агробіологічного факультету, доцент кафедри садівництва ім. проф. В.Л. Симиренка, секретар оргкомітету.

Члени організаційного комітету:

– Бикін А.В., завідувач кафедри агрохімії та якості продукції рослинництва ім. О.І. Душечкіна;

– Забалуєв В.О., завідувач кафедри ґрунтознавства та охорони ґрунтів ім. проф. М.К. Шикули;

– Завгородній В.М., заступник декана агробіологічного факультету, доцент кафедри технології зберігання, переробки і стандартизації продукції рослинництва ім. проф. Б.В. Лесика;

- Каленська С.М., завідувач кафедри рослинництва
- Коваленко В.П., декан агробіологічного факультету, професор кафедри рослинництва;
- Мазур Б.М., завідувач кафедри садівництва ім. проф. В. Л. Симиренка, кандидат сільськогосподарських наук, доцент;
- Макарчук О.С., завідувач кафедри генетики, селекції і насінництва ім. проф. М. О. Зеленського;
- Подпрятів Г.І., завідувач кафедри технології зберігання, переробки і стандартизації продукції рослинництва ім. проф. Б. В. Лесика;
- Танчик С.П., завідувач кафедри землеробства та гербології;
- Федосій І.О., завідувач кафедри овочівництва і закритого ґрунту;

Редактори випуску:

- **Літвінов Д.В.**, директор НДІ рослинництва та ґрунтознавства, професор кафедри агрохімії та якості продукції рослинництва ім. О.І. Душечкіна, співголова організаційного комітету;
- **Гаврилюк О.С.**, заступник декана агробіологічного факультету, доцент кафедри садівництва ім. проф. В.Л. Симиренка, секретар оргкомітету.