

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ФАКУЛЬТЕТ ЗАХИСТУ РОСЛИН, БІОТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕКОЛОГІЇ**

ПОГОДЖЕНО

Декан факультету захисту рослин,
біотехнологій та екології

_____ Коломієць Ю.В.
«__» _____ 2025 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри загальної екології,
радіобіології та БЖД

_____ Клепко А.В.
«__» _____ 2025 р.

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему «Вплив воєнних дій на процеси акумуляції і транслокації
небезпечних речовин у ґрунті»**

Спеціальність _____ 101 «Екологія» _____
(код і назва)
Освітня програма _____ «Екологічний контроль та аудит» _____
(назва)
Орієнтація освітньої програми _____ освітньо-професійна _____
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

кандидат сільськогосподарських наук, доцент

(підпис)

Ладика М.М.

(ПІБ)

Керівник магістерської роботи

кандидат сільськогосподарських наук, доцент

(підпис)

Бондарь В.І.

(ПІБ)

Виконала

(підпис)

Михед Ю.А.

(ПІБ)

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ФАКУЛЬТЕТ ЗАХИСТУ РОСЛИН, БІОТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕКОЛОГІЇ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри загальної
екології, радіобіології та БЖД
Клепко А.В.
«__» _____ 2025р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ЗДОБУВАЧУ

Михед Юлії Анатоліївни

Спеціальність _____ 101 «Екологія»

Освітня програма _____ «Екологічний контроль та аудит»

Орієнтація освітньої програми _____ освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Вплив воєнних дій на процеси
аккумуляції і транслокації небезпечних речовин у ґрунті»

затверджена наказом від « 5 » листопада 2024 р. №1979 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 5 листопада 2025р.

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи:

1. Опрацювання літературних джерел з обраної теми;
2. Експериментальні виїзди з метою відбору зразків ґрунту та рослин;
3. Підготовка проб до аналізу;
4. Опрацювання експериментальних даних.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Провести агрохімічну оцінку ґрунтів порушених внаслідок бойових дій.
2. Оцінити стан мілітарно порушених ґрунтів на півночі України за екотоксикологічними показниками.
3. Визначити рівень радіаційного забруднення території постраждалої внаслідок збройної агресії російської федерації.
4. Оцінити вплив воєнних дій на процеси трансформації важких металів в
5. ґрунтах, що зазнали впливу воєнних дій.

Дата видачі завдання «11» вересня 2024 року

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи: кандидат сг. наук, доцент
Бондарь Валерія Іванівна

Завдання прийняв до виконання Михед Юлія Анатоліївна

РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота виконана на 71 сторінках, містить 5 таблиці, 35 рисунків та 48 джерел використаної літератури, додатки.

Метою магістерської дипломної роботи є: на основі зібраної інформації щодо наслідків російської військової агресії провести оцінювання ґрунту за вмістом небезпечних речовин на території Київської області.

Об'єктом магістерської роботи є оцінювання ґрунту за небезпечними речовинами.

Предмет дослідження: процеси акумуляції та транслокації небезпечних речовин.

Для досягнення мети магістерської дипломної роботи поставлено наступні завдання:

1. Провести агрохімічну оцінку ґрунтів порушених внаслідок бойових дій.
2. Оцінити стан мілітарно порушених ґрунтів на півночі України за екотоксикологічними показниками.
3. Визначити рівень радіаційного забруднення території постраждалої внаслідок збройної агресії російської федерації.
4. Оцінити вплив воєнних дій на процеси трансформації важких металів в ґрунтах, що зазнали впливу воєнних дій.

Стан ґрунтів України ще до початку повномасштабної війни оцінювався як напружений і в деяких випадках навіть як кризовий. Основними причинами такого становища ґрунтів в Україні були нераціональне землекористування, забруднення важкими металами та пестицидами, в такому відсутність єдиної системи державного моніторингу та охорони земель.

За даними Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, до повномасштабного вторгнення близько шести мільйонів гектарів сільськогосподарських угідь вже потребували відновлення, а початок

бойових дій значно ускладнив вже існуючу напружену ситуацію: вибухи, мінування, залишки боєприпасів, паливо та залишки токсичних продуктів горіння стали новими чинниками забруднення, що призводять до воєнної деградації ґрунтів.

Через тривалі бойові дії точне визначення площі постраждалих ґрунтів стає складним завданням. За інформацією платформи “ЕкоЗагроза” станом на весну 2025 року площа забруднених ґрунтів вже перевищила 1,1 млн м².

Ефективне подолання наслідків екологічної кризи, спричиненої наслідками повномасштабної збройної агресії, неможливе без співпраці науковців, представників аграрного сектору, держави та громадськості. Потрібні комплексні дослідження впливу воєнних дій на природні ресурси, оцінка екологічних та економічних витрат, в також обґрунтування шляхів відновлення компонентів довкілля з урахуванням як короткострокових, так і віддалених наслідків.

Ключові слова: забруднення ґрунту, воєнні дії, деградація ґрунту, важкі метали, токсичні речовини, транслокація, акумуляція, екотоксикологія.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	9
1.1 Забруднення ґрунту в результаті воєнних дій	9
1.2 Інші види впливу воєнних дій на ґрунтове середовище	15
1.3 Методи відновлення постраждалих від бойових дій ґрунтів.....	20
РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	23
2.1. Умови проведення дослідження.....	23
2.2. Методика проведення дослідження	31
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	36
3.1. Визначення агрохімічних показників ґрунту.....	36
3.2. Визначення екотоксикологічних показників ґрунту	45
1.3. Визначення радіологічних показників забруднення ґрунту	50
3.4 Оцінка впливу воєнних дій на процеси транслокації важких металів у дослідному ґрунті.....	53
ВИСНОВКИ	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	56

ВСТУП

Ще до війни стан ґрунтового середовища переважної частини території України характеризувався як напружений, а на деяких площах навіть як кризовий, з тенденцією до погіршення. Такий стан ґрунтів негативно впливає на стан екосистем, ландшафтне та біологічне різноманіття, а також на безпеку та здоров'я населення та значно сповільнює соціально-економічний розвиток країни та її регіонів. Погіршення якості земель, їх забруднення небезпечними поллютантами: важкими металами та пестицидами, та зниження продуктивності земель, все це є наслідками нераціонального використання земельних ресурсів держави і є основною причиною деградації ґрунтів України. Ситуація ускладнюється відсутністю єдиної державної системи моніторингу та охорони земель [1].

Згідно з даними Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, ще до початку повномасштабної агресії росії проти України 6 мільйонів гектарів сільськогосподарських угідь, переважно на півдні країни, були порушеними та потребували відновлення [2].

Бойові дії створюють нові виклики для довкілля України, чинячи багатогранний негативний вплив на всі компоненти навколишнього природного середовища. Особливо від бойових дій зазнає масштабних порушень ґрунтовий покрив. Залишки боєприпасів, уламки ракет, розливи ракетного палива, рештки вибухових пристроїв, мінування та продукти згорання стають ще одним джерелом забруднення ґрунту новими небезпечними токсичними речовинами, з якими ми не стикалися у довоєнний час. Відтак до вже існуючих процесів деградації ґрунтового середовища в Україні тепер додалася воєнна деградація, інтенсивність якої залежить від багатьох факторів в тому числі і від довоєнного стану ґрунтів [2].

Визначення площі порушених ґрунтів внаслідок воєнних дій сьогодні є складним завданням, оскільки активні бойові дії на території України продовжуються. За даними офіційної платформи Міндовкілля «ЕкоЗагроза»

станом на квітень 2025 року площа ґрунтів забруднених в результаті воєнних дій вже перевищила 1,1 млн м² [2,3].

Повоєнне відновлення України має здійснюватися зі збільшенням екологічної свідомості, відновленням деградованих екосистем та впровадженням екологічно орієнтованих технологій в сільське господарство. Варто знайти такий механізм господарювання в умовах забруднення ґрунтового середовища, який би не тільки задовольняв потреби населення у безпечній продукції сільського господарства, нарощував продуктивність, але й сприяв збереженню природних екосистем. Так пошук методів відновлення забруднених ґрунтів неможливий без спільної роботи науковців, представників аграрного бізнесу, держави та громадськості, адже вирішення гострих проблем повоєнного відновлення потребують об'єднання для їх розв'язання [4].

Сьогодні комплексні дослідження щодо вивчення особливостей впливу воєнних дій на природні ресурси, розміри завданих ними екологічних й економічних збитків, як у регіональних так і у державному масштабі практично не проводяться. Для подолання зазначених загроз потрібно дослідити особливості екологічних порушень, що виникли внаслідок воєнної агресії, здійснити їх оцінку та обґрунтувати способи відновлення стану компонентів навколишнього природного середовища та природних ресурсів. При цьому слід враховувати короткострокові та віддалені наслідки, прямий та опосередкований вплив воєнної агресії.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Забруднення ґрунту в результаті воєнних дій

Упродовж останніх трьох років ґрунти України потерпають від високого техногенного навантаження спричиненого повномасштабною агресією росії, що викликає особливе занепокоєння, адже ґрунт окрім того що є джерелом продуктивності агроєкосистем та відіграє ключову роль в продовольчій безпеці країни, через повільні процеси самоочищення є основним акумулятором небезпечних поллютантів. Окрім хімічного забруднення, сьогодні, за агроєкологічними аналізами вчених, ґрунти України зазнають цілого ряду деградацій процесів, як то: механічного, хімічного, біологічного, фізичного та радіаційного впливів, спричинених воєнними діями. Таким чином, саме ґрунтове середовище може найбільш наочно відображати масштабність, багатогранність та довгостроковість негативного впливу воєнних дій на навколишнє природне середовище [5].

У даний момент неможливо оцінити реальні масштаби забруднення ґрунтового середовища України, оскільки провести дослідження та оцінку значної площі ймовірно забруднених ґрунтів, які знаходяться на тимчасово окупованих територіях зараз немає можливості, як і територію вздовж лінії зіткнення, орієнтовно, яка досягає 20 – 30 км, та розміщення якої постійно трансформується в часі. Недоступними для обстеження також залишаються заміновані території в уже деокупованих районах. Так оперувати достовірними даними наразі є проблемою, а оцінки науковців та експертів суттєво різняться. Офіційний ресурс Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України ЕкоЗагроза звітує про близько 120 га площі забруднених ґрунтів та близько 2400 га засмічених територій. В свою чергу громадська організація Екодія повідомляє, що в результаті воєнних дій на території України забруднення зазнало близько 5 млн га сільськогосподарських земель. Дослідники робочої групи з вивчення екологічних наслідків війни в Україні UWEC оприлюднили дані про мільйони га забруднених ґрунтів та про 24 млн га, тобто 40% загальної

території України замінованих земель. Президент ВГО «УАК» Леонід Козаченко на форумі «Очищення територій: відновлення ґрунтів та інфраструктури» озвучив данні про 5,2 млн га потенційно забруднених вибухонебезпечними речовинами сільськогосподарських земель, а кількість потенційно замінованих територій, за його словами, становить близько 13,9 млн га. На цьому ж форумі менеджер з програмної діяльності USAID АГРО Захар Каневський інформував, що площа деградованих і постраждалих ґрунтів в результаті бойових дій становить 20 млн га. При цьому НААН України в своїй аналітичній записці «Відновлення ґрунтів, що постраждали від воєнних дій» звітують про близько 15 млн га вилучених з використання земель сільськогосподарського призначення постраждалих внаслідок воєнних дій [2, 6].

Одним із найпоширеніших небезпечних наслідків збройних конфліктів є хімічне забруднення ґрунту. Зокрема, під час бойових дій у ґрунт потрапляє низка токсичних сполук, що містяться в боєприпасах різних калібрів, продукти руйнування та горіння важкої техніки, паливо внаслідок його розливів, технічні мастила, органічні забруднювачі тощо. Поведінка більшості цих сполук в ґрунтах України досліджена недостатньо, і немає встановлених нормативних лімітів щодо їх концентрації в ґрунтового середовищі. Зважаючи на це варто не забувати, що потенційні джерела викидів різних токсичних речовин у природне середовище пов'язані з військовою діяльністю та забрудненням важкими металами, створюють ризики міграції токсичних забруднюючих речовин, що в свою чергу пов'язане з цим ризиком для здоров'я людини та біоти [39].

Результати значної кількості досліджень українських вчених вказують на те, що нафтопродукти та важкі метали є основними забруднюючими речовинами, що потрапляють в ґрунт внаслідок бойових дій. Так основним джерелом забруднення ґрунту нафтопродуктами визначають рух та руйнування воєнної техніки [40].

Забруднення нафтопродуктами спричиняє значні зміни в ґрунтовому середовищі: знижується водопроникність ґрунту, витісняється кисень, а також порушуються біохімічні та мікробіологічні процеси, та як наслідок погіршується водний та повітряний режими та колообіг поживних речовин. Також забруднення нафтопродуктами значно впливає на ріст рослин, адже на таких ґрунтах порушується кореневе живлення рослин, що в свою чергу призводить до гальмування ростових процесів, а за значного рівня забруднення — загибелі рослин [40].

Окрім залишків нафтопродуктів, результатами численних досліджень встановлено, що ґрунти на території військових об'єктів залишаються значно забрудненими токсичними сполуками боєприпасів та їх залишків протягом багатьох десятиліть, так до їх складу входять шкідливі речовини, зокрема: сурма (Sb), свинець (Pb), уран (U), 2,4-динітротолуол, 2,4,6-тринітротолуол (ТНТ), 1,3,5-тринітро-1,3,5-триазациклогексан (RDX) та інші. Більшість цих сполук стійкі до біологічного розкладання, тому зберігаються в біосфері та стають джерелом забруднення, потенційно завдаючи шкоди здоров'ю людини та навколишньому середовищу через свій токсичний вплив [39].



Рис. 1.1. Основні хімічні забруднювачі ґрунтів внаслідок воєнних дій [36]

Однією з найбільших загроз навколишньому природному середовищу є викид значної кількості важких металів під час бойових дій та бомбардувань.

Так залишки розірваних боєприпасів та іншої залишки зброї містять в своєму складі значну кількість цих токсичних металів, а саме: свинець (Pb), мідь (Cu), кадмій (Cd), сурма (Sb), хром (Cr), нікель (Ni) та цинк (Zn) [39].

За даними оцінки екологічного шкоди спричиненої воєнними діями на сході України, фахівцями ОБСЄ було встановлено, що для постраждалих внаслідок збройної агресії ґрунтів характерне перевищення над фоновими рівнями таких важких металів як: ртуть (Hg), ванадій (V), кадмій (Cd) — у 1,1-1,3 рази, для свинцю (Pb) та цинку (Zn) характерне перевищення ГДК в середньому в 2 рази, проте в деяких випадках були зафіксовані перевищення в 7-17 раз [40].

Зважаючи на цілий ряд наукових досліджень забруднених ґрунтів в районах, що постраждали від військової діяльності, дослідники визначають свинець (Pb) як основний токсичний елемент-забруднювач. Проте деякі дослідження в Україні в місцях бомбардувань спростовують це твердження, наприклад у Сумській області на територіях постраждалих внаслідок бойових дій, спостерігається підвищений вмісту цинку (Zn) до 132,8 мг/кг та заліза (Fe) – до 3656 мг/кг, проте не фіксується перевищень концентрації таких важких металів, як: свинець (Pb), кадмій (Cd), мідь (Cu), нікель (Ni) та манган (Mn). При цьому дослідження, проведене в Харківській області, показало значне збільшення рухомих форм кадмію (Cd), свинцю (Pb), нікелю (Ni), хрому (Cr) та міді (Cu) у ґрунтах на місцях поодиноких детонацій снарядів калібру 152 та 155 мм та авіабомб вагою 100 кг [42].

Якщо говорити про значний вплив бомбардувань на забруднення ґрунту то варто звернути увагу, що військові полігони та місця знищення боєприпасів також відомі своїм сильним забрудненням миш'яком (As), кадмієм (Cd), хромом (Cr), міддю (Cu), ртуттю (Hg), нікелем (Ni), сурмою (Sb) та цинком (Zn). Так в ході досліджень українські вчені зафіксували концентрацію цинку (Zn) 253,5 мг/кг на Яворівському військовому полігоні, що значно перевищує гранично допустимі значення, а на військовому полігоні «Дівички» в Київській області вміст свинцю (Pb) був у 3,5 раза, а

кадмію (Cd) – у 2,5 рази вищим на стрілецьких позиціях порівняно з місцем стрільби по мішенях, де підвищені концентрації цинку (Zn), міді (Cu) та вольфраму (W) були виявлені у верхніх 10 см ґрунту. Також у ході нещодавніх досліджень було зафіксовано підвищений рівень міді (Cu), свинцю (Pb) та цинку (Zn) у зразках ґрунту з воронки мінометів калібру 82 та 120 мм [42].

Важкі метали є одними з найчастіших та найстійкіших забруднювачів у зонах бойових дій, так, наприклад, ґрунти регіону Фландрія в Бельгії під час Першої світової війни і досі містять підвищену концентрацію міді (Cu) через інтенсивні обстріли на полях битв понад 100 років тому. У Франції зона відчуження, відома як «Червона зона», по сьогодні залишається занадто забрудненою та порушеною для ведення сільського господарства через бомбардування – засмічення колишнього поля бою залишками військових уламків, нерозірваними снарядами та боєприпасами [41].

Важливо зауважити, що важкі метали надходять до ґрунту в різних формах, в саме: як оксиди чи солі, розчинні чи нерозчинні у воді (сульфіді, сульфати, арсеніди). Так від форми залежить здатність важких металів до накопичення та міграції у ґрунтовому середовищі, а також їх подальше потрапляння в харчові ланцюги, що тим самим збільшує ризики негативного їх впливу на людину та біоту, адже численні біомоніторингові дослідження показали схильність рослин, безхребетних та хребетних тварин до накопичення важких металів [39, 40].

Потрапляючи в ґрунт, артилерійські та піхотні снаряди піддаються процесам корозії, а їх металеві елементи окислюються до катіонів. У свою чергу, мобілізація цих катіонів рослинами сильно залежатиме від гранулометричного складу ґрунту та вмісту в ньому органічної речовини. Щодо миш'яку (As), що відкладається в ґрунтах переважно у вигляді оксидів, біодоступність цього елемента залежатиме від того, як ці оксиди розчиняються [42].

Підсумовуючи численні дослідження українських науковців щодо впливу воєнних дій на забруднення ґрунту можемо говорити, що найвищі рівні забруднення ґрунту відзначені для свинцю (Pb), цинку (Zn) та кадмію (Cd). Згідно з отриманими даними, вплив забруднення важких металів на ґрунти має такий розподіл: $Pb > Zn > Cd > Cu$ [39].

Забруднення спричинене воєнними діями включає в себе також і забруднення вибуховими речовинами – тротилом, а також іншими двома поширеними вибуховими речовинами – гексоген та октоген, відбувається, коли армії залишають на землі невибухнувші снаряди. У цьому випадку металеві капсули цих снарядів з часом піддаються корозії, що призводить до поступового вивільнення вибухівки у ґрунт. Оскільки тротил має високу хімічну стабільність, ця вибухова речовина залишається у ґрунті надовго. Так до прикладу, приблизно через 90 років після закінчення Верденської битви (Франція) концентрація тротилу та кількох його похідних у ґрунті все ще становила близько 11 мг/кг [42].

Матеріали в системах озброєння, які містять як вибухівку, так і ракетне паливо, також забруднюють ґрунт. Найчастіше в сучасному озброєнні використовуються такі вибухові речовини, як гексагідро-1,3,5-тринітро-1,3,5-триазин (RDX), 2,4,6-тринітротолуол (TNT) та октагідро-1,3,5,7-тетранітро-1,3,5,7-тетразоцин (HMX). Рідше до вибухових речовин належать нітрогліцерин, 1,3,5-тринітробензол (TNB), динітробензол (DNB), 2,4,6-тринітрофенол та N-метил-N,2,4,6-тетранітроанілін (тетрил), нітрогуанідин (NQ), нітроцелюлоза (NC), 2,4-динітротолуол (2,4-DNT) та перхлорат. Доля цих токсичних забруднюючих речовин у навколишньому середовищі дуже мінлива та залежить від їхніх специфічних фізико-хімічних властивостей та здатності до біорозкладання. Боєприпаси також можуть містити пер- та поліфторалкільні речовини (ПФАР), які зберігаються в навколишньому середовищі протягом тривалого часу [41].

Сьогодні перед науковцями постає проблема у визначенні вмісту вибухонебезпечних речовин таких як: тринітротолуол, гексоген, ракетне

паливо тощо, оскільки дослідженням цих речовин традиційно займаються військові установи, які і володіють методиками та обладнанням. Також варто зауважити, що в Україні не встановлені ГДК для більшості вибухонебезпечних речовин. Зважаючи на це оцінка небезпечності впливу цих поллютантів на ланцюги живлення та біоту ускладнюється відсутністю достатньої кількості актуальних досліджень [2].

1.2 Інші види впливу воєнних дій на ґрунтове середовище

Загрози пов'язані з впливом воєнних дій на ґрунтове середовище не обмежуються лише хімічним забрудненням небезпечними речовинами, а є наслідком комплексного впливу цілого ряду негативних факторів, основний перелік яких наведено на рис 1.2 та рис. 1.3.

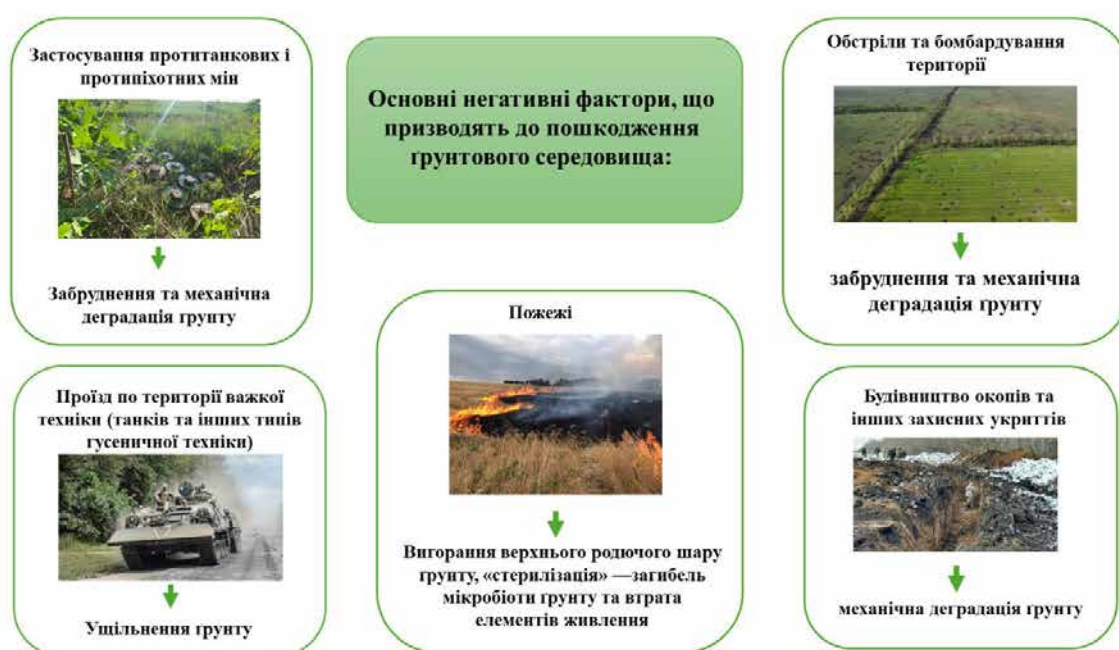


Рис. 1.2. Основні фактори негативного впливу на ґрунти внаслідок воєнних дій[47]

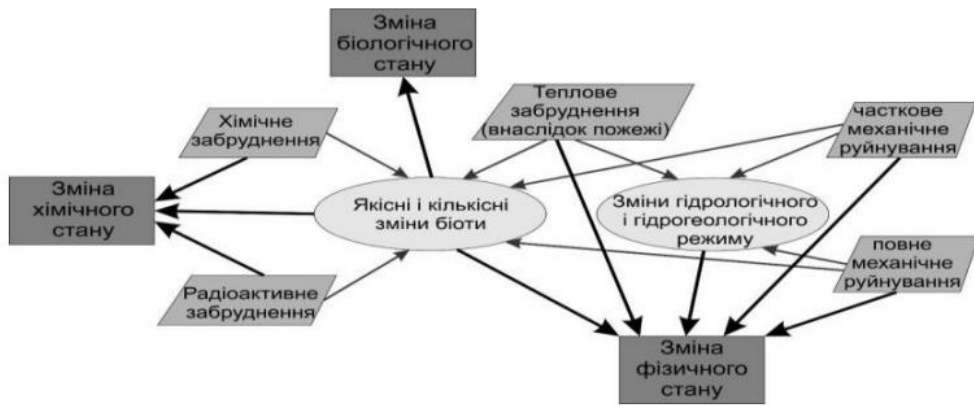


Рис. 1.3. Вплив бойових дій на ґрунти [47]

Внаслідок прямої чи опосередкованої шкоди, спричиненої внаслідок воєнних дій, виділяють три типи порушень ґрунту, які наведені на рис 1.4.



Рис. 1.4. Типи порушення ґрунту, спричинені воєнними діями [48]

Від так одним з викликів, який стає все більш актуальним в контексті наслідків збройної агресії є деградація ґрунтів. Через масштабність змін ґрунтового покриву, що відбуваються внаслідок воєнних дій стає важко віднести отримані порушення до одного конкретного, вже відомого нам, виду деградаційних процесів. Цю проблему вирішили співробітники ННЦ «ІГА імені О. Н. Соколовського», виокремивши новий вид деградації ґрунтів — воєнна деградація, що спричиняється в ході порушення ґрунтового середовища внаслідок воєнних дій. Новий вид деградації поєднує в собі наступні види деградаційних процесів — механічну, фізичну, хімічну, фізико-хімічну, біологічну та інші можливі деградаційні впливи на ґрунти [36].

Види деградації	Основні вияви деградації
Механічна	Активізація ерозійних процесів, зсувів
	Механічні порушення морфологічної будови профілю ґрунту
	Перемішування генетичних горизонтів (педотурбація)
	Утворення вирв, ровів, ям
Фізична	Погіршення фізичних властивостей ґрунтів
	Стійкі зміни гранулометричного складу
	Стійкі зміни агрегатного складу (знеструктурення)
	Ущільнення
Хімічна	Погіршення гумусового стану ґрунтів
	Трофічне виснаження ґрунту
	Засолення
	Забруднення
Фізико-хімічна	Підкислення, підлуження
Біологічна	Зменшення (звуження) біорізноманіття
	Зменшення біологічної активності ґрунту
	Погіршення санітарного стану
	Токсичність ґрунту

Рис. 1.5. Воєнна деградація ґрунтів [36]

Механічна деградація ґрунтів переважно пов'язана з деформацією ґрунтового покриву внаслідок пересування колісної та гусеничної важкої військової техніки, безпосереднім рухом військ, бомбардуванням, розмінуванням територій та будівництвом оборонної інфраструктури [37].



Рис. 1.6. Прояви механічної деградація ґрунтів внаслідок воєнних дій [18]

Фізичні порушення також включають розкопки тунелів і траншей, ущільнення ґрунту внаслідок масштабних переміщень військ з технікою та утворення кратерів вибухівкою. Російські укріплення в Україні є наймасштабнішими оборонними спорудами з часів Другої світової війни. Вони простягаються на понад 1000 км і включають протитанкові рови, окопи та бетонні бар'єри. Щодня вистрілюють десятки тисяч артилерійських снарядів, залишаючи на землі вирви [41].

Під час побудови підземних укриттів та оборонних споруд відбувається переміщення величезної кількості ґрунтової маси, а мінування територій та підходів до позицій також призводить до руйнування, переважно верхнього родючого шару ґрунту, що спричиняє ризик прискореного розвитку ерозійних процесів [37].

Говорячи про фізичну деградацію ґрунту то основними проявами її є переущільнення та деструкція ґрунту. Результати численних досліджень іноземних вчених свідчать про те, що рух військової гусеничної техніки також призводить до ущільнення ґрунту. Навіть рух піших колон під час військових навчань може збільшити об'ємну щільність ґрунту на 32% порівняно з контрольною зоною, зменшити при цьому швидкість інфільтрації води майже на 83%, зменшити надземну біомасу та збільшити ризик вітрової та водної ерозії [37].

Окрім цього механічна та фізична деградація також проявляється у зміні гранулометричного складу ґрунту. Такі зміни фіксуються в місцях горіння воєнної техніки, де в результаті пожеж у 1,2 – 1,8 рази збільшується фракція піску (2,0 – 0,05 мм), при цьому фракція глини (< 0,002 мм) зменшується у 1,1 – 1,2 рази [7].

Також серед наслідків воєнних дій на ґрунтове середовище виділяється і вібраційний вплив — імпульси від вибухів боєприпасів та від стрільби з різних систем озброєння. Вібрація, що передається в ґрунті, може спричинити його ущільнення, видавлювання води, просідання поверхні, утворення порожнин та зміни мікрорельєфу [37].

Відомо, що катастрофічні концентрації хімічних елементів та різних сполук, що є наслідком застосування вибухових боєприпасів та іншої воєнної техніки, призводять до порушень фізіологічних та біохімічних процесів у живих організмах. Наприклад, підвищений рівень важких металів у ґрунті не лише має прямий токсичний ефект, але й опосередковано негативно впливає на розмноження та біопродукцію ґрунтових мікроорганізмів [39].

Воєнні дії значно впливають на структурний склад, кількість та активність мікроорганізмів ґрунту. Так на порушених територіях спостерігається значне збільшення кількості міцеліальних організмів у 20,5 разів, що говорить про значні зміни в структурі мікробіому. У той же час активність мікробіологічних процесів у ґрунті знижується в 1,2 рази, а мікробна біомаса в 2,1 рази. Стресові умови викликані порушенням ґрунтового середовища воєнними діями сприяють активній адаптації мікробіому до нових умов, так на постраждалих ґрунтах значно збільшується кількість мікроміцетів, педотрофів та оліготрофів, що свідчить про значний рівень органічного забруднення токсичними речовинами, та їх залучення в процеси розкладання органічних полютантів [7].

Вибухові речовини мають значний вплив на рослини, а їх концентрація прямо пропорційна силі прояву негативних наслідків, як затримка проростання насіння, зниження біомаси рослин, порушення фізіологічних процесів та біологічних ритмів тощо. Також спостерігається посилення утворення аномалій у процесах фотосинтезу та загальному функціонуванні рослинних організмів [39].

Вибухи та згорання бронетехніки також чинять значний вплив на мезобіоту ґрунту. Так в деяких випадках, ці організми можуть служити кращими та більш показовими біомаркерами, адже вони здатні до накопичення ксенобіотиків, безпосередньо споживаючи поживні субстрати та поглинаючи їх через свої поверхневі покриви. Дослідження показують, що такі безхребетні тварини, як: *Eisenia andrei*, *Enchytraeus crypticus* та *Folsomia candida* чутливі до вибухового забруднення. Вибухові речовини, такі як тринітротолуол, гексоген, октоген та інші, не є смертельними для дощових черв'яків; однак, відомо, що вони знижують біомасу дощових черв'яків та їх репродуктивну здатність (що призводить до зменшення кількості коконів та молодих черв'яків) [7, 39].

1.3 Методи відновлення постраждалих від бойових дій ґрунтів

Висока токсичність вибухових сполук у поєднанні зі стабільністю їх хімічних структур та здатністю зв'язуватися з органічними речовинами в ґрунті перешкоджає та значно ускладнює зусилля науковців та аграріїв з відновлення ґрунту [39].

Методи, що використовуються для відновлення порушених територій постраждалих внаслідок ведення бойових дій, залежать як від типу забруднювача, так і від військової діяльності, що там здійснювалася [43].



Рис. 1.7. Види деградації земель внаслідок воєнних дій та заходи щодо їх відновлення [38]

Сьогодні експерти вважають найефективнішими заходами відновлення земель консервацію або ренатуралізацію – поступове повернення їх до природного стану [38].

У цьому розділі ми обговоримо використання природних технологій з метою відновлення порушеного ґрунту внаслідок збройної агресії на території України.

Так дані технології мають низку екологічних та економічних переваг порівняно з іншими методами ре медіації, наприклад нижчі витрати, ніж інші відомі методи відновлення ґрунту, що може сприяти їх використанню для

відновлення значних площ територій постраждалих внаслідок воєнних дій. Крім того, в ході використання цих методів ремедіації ґрунт зберігає багато своїх ключових функцій, що може дозволити використання землі після відновлення в цілях ведення сільського господарства, забезпечуючи таким чином додаткову економічну та соціальну вигоду. Однак слід також зазначити деякі обмеження, такі як їхня зазвичай повільна продуктивність, необхідність повторювання проведених заходів та часто непередбачуваність кінцевого результату. Очевидно, що застосовність того чи іншого підходу до відновлення певної ділянки необхідно аналізувати індивідуально. Тим не менш, існують успішні приклади використання природних технологій для відновлення забруднених ділянок ґрунту внаслідок військових дій [43].

Метод біоремедіації ґрунтується на здатності деяких мікроорганізмів до деградації забруднюючих речовин та у зв'язку з цим їх використання для очищення забрудненого ґрунту. Такі активні мікроорганізми-розкладачі можуть вже бути присутніми в порушеному ґрунті та стимулюватися додаванням відповідних поживних речовин, а також коригуванням екологічних умов, що називається біостимуляцією. У інших ситуаціях є необхідним додавання специфічних активних мікроорганізмів на порушену ділянку шляхом біоаугментації [43].

Різноманітні ґрунтові добавки, такі як органічні відходи, можуть додаватися для покращення мікробної активності. Компостування також може використовуватися під час біоремедіації ділянок, забруднених внаслідок бойових дій. Так під час компостування органічний матеріал (гній або рослинні відходи) використовується для підсилення аеробних та анаеробних процесів, що генерують тепло. Використання цієї методики обмежене утворенням токсичних метаболітів, ризик якого необхідно контролювати [43].

Незважаючи на відсутність успішного повномасштабного застосування методологій фіторемедіації для відновлення постраждалих ґрунтів внаслідок воєнних дій, здатність деяких видів рослин видаляти органічні та неорганічні

забруднювачі на рівнях, порівнянних з тими, що виявлені на забруднених територіях порушених внаслідок воєнних дій, добре задокументована. Рослини можуть накопичувати або безпосередньо метаболізувати хімічні речовини, самостійно або в поєднанні з мікроорганізмами у ґрунті [43].

За результатами багатьох наукових досліджень, нам вже відомо, що фітодеградація є більш сприятливим методом для усунення гідрофільних органічних сполук, ніж гідрофобних органічних хімічних речовин з порушених ґрунтів. Наприклад, для фіторемедіації ґрунтів забруднених вибуховими речовинами використовують кілька рослин, таких як: *Echinochloa crusgalli*, *Helianthus annuus*, *Abutilon avicennae*, *Vetiveria zizanioides*. Так *Phragmites australis* у ході досліджень показав чудові результати з зменшення концентрації тротилу в ґрунті, а *Panicum maximum* – для гексогену та октогену. Дані сучасних досліджень свідчать про те, що просо (*Panicum virgatum*has) може бути використане для знищення гексогену на полігонах, що використовувались для стрільб, сховищах боєприпасів та мінних полях. Платан звичайний (*Acer pseudoplatanus*) – ще одна рослина, фіторемедіаційна здатність якої була оцінена на забруднених військовими діями ділянках [43].

Однак говорячи про природне відновлення ґрунту маємо пам'ятати, що для цього можуть знадобитися роки або навіть десятиліття. Відомо, що деякі ґрунти, пошкоджені під час Першої світової війни, досі залишаються непридатними для використання, а для відновлення зруйнованого 20-сантиметрового шару гумусу потрібно від 1500 до 7400 років, а за 100 років відновлюється лише шар гумусу товщиною 0,5–2 см. Так проведені моніторингові дослідження земель у Донецькій та Луганській областях, починаючи з 2014 року, свідчать про те, що період відновлення ґрунтів після вибухів (авіабомб та снарядів калібру 80 та 120 мм) для піщаних ґрунтів становить 5–7 років, чорноземи ж відновлюються швидше – за 2–3 роки [37].

РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Умови проведення дослідження

Село Мощун знаходиться на території Бучанського району Київської області, що розташовується на півночі України в басейні правої притоки Дніпра – річки Ірпінь. Загальна площа населеного пункту становить 19 км² та відноситься до Гостомельської селищної громади.

З початку повномасштабного вторгнення с. Мощун значно постраждало внаслідок бойових дій, так в лютому-березні 2022 року село стало стратегічно важливим об'єктом в боях за оборону Києва. 27 лютого колони військової техніки псковських десантників першими зайшли в село. Проте вже після кількох невдалих спроб прорвати оборону Києва армія РФ почала масовий обстріл Мощун з артилерії та авіації. Успішний підрив Козаровицької дамби Київського водосховища ЗСУ 8 березня претворив береги річки Ірпінь, що протікає поряд з селом Мощун, в болото, це дозволило значно сповільнити наступ противника. 11 березня росіяни почали масовано штурмували с. Мощун, що відкривало шлях до столиці. У результаті запеклих боїв було зруйновано близько 70% будинків у селі. 29 березня збройні сили України повністю звільнили населений пункт від окупаційних військ [13, 14].

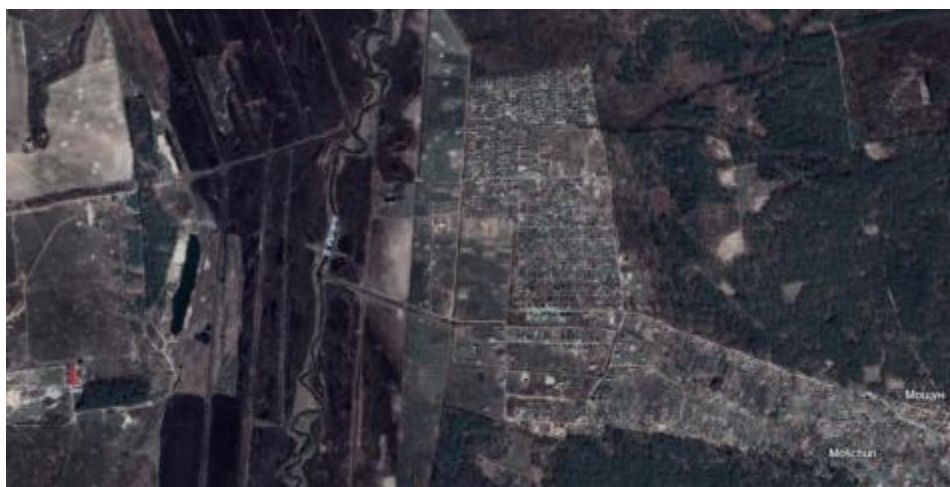


Рис. 2.1. Наслідки бойових дій с. Мощун 15 квітня 2022 року [18]

Рельєф на території дослідної території в основному рівнинний так як село Мощун лежить в межах Київського Полісся, яке входить до структури Поліської низовини, де максимальна висота над рівнем моря становить – 116 м. Характерною особливістю рельєфу Поліської низовини є її розвинена сітка багатьох річкових долин (Дніпра, Ірпеня та інших), що і формують унікальний геоморфологічний профіль даної території. Так село Мощун знаходиться в межах річкової мережі р. Ірпінь та її приток [8, 12].

Клімат Київщини є помірно континентальним, з м'якою зимою – багаторічна середня температура повітря у січні – - 6 °С, теплим літом – + 19,5 °С та достатньою кількістю вологи протягом року – середньорічна кількість опадів становить 500-600 мм. Однак протягом останніх десятиліть чітко спостерігається тенденція до постійного зростання середньорічної температури, так протягом тридцятирічного періоду середньорічна температура повітря підвищилася на + 3,4 °С, починаючи з + 7,0 °С у 1996 р. до + 10,3 °С у 2023 р. Ці зміни можна чітко прослідкувати на рис. 2.2., де пунктирна лінія показує поступовий тренд до підвищення середньорічної температури з кожним наступним роком, а кольорові смужки дають можливість наочно візуалізувати дану тенденцію до потепління, так синій колір вказує на холодніші, а червоний – на тепліші роки [8, 16].

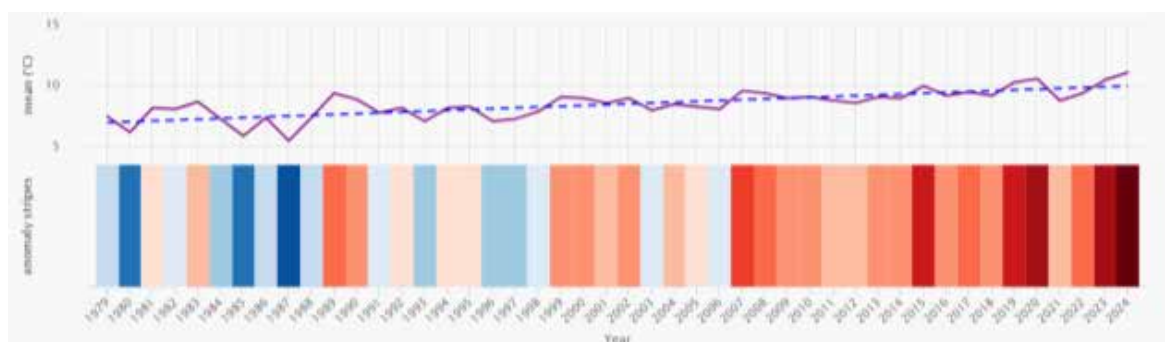


Рис. 2.2. Середньорічна температура повітря у Києві та області [17]

Щорічне поступове зростання середньорічної температури повітря не могло не вплинути і на кількість середньорічної кількості опадів, від так починаючи з 2014 спостереженнями фіксуються більш посушливі роки в регіоні. Цю тенденцію ясно видно на рис. 2.3., де лінія тренду сигналізує про

поступову трансформацію клімату Київщини в більш посушливий в порівнянні з минулими роками, а кольорові смужки, котрі зображують загальну кількість опадів за рік, де блакитний колір – вологіші, а жовтий – посушливіші роки, ще більш чітко візуалізують та підтверджують цю тенденцію [16].

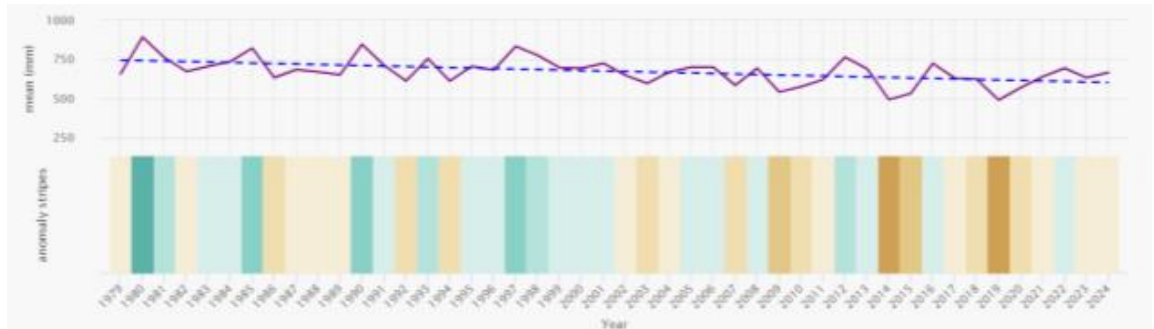


Рис. 2.3. Середньорічна кількість опадів у Києві та області [17]

Опираючись на вже відомі нам дані багаторічних спостережень за показниками середньорічної температури та кількості опадів в регіоні можемо впевнено говорити про початок процесу кліматичних змін на Київщині. Зміни клімату безперечно чинять значний вплив на антропогенні та природні екосистеми, так вони впливають на ведення сільського господарства в регіоні та створюють нові виклики для підтримки екологічної рівноваги в природних біотопах. Тож без сумніву додаткового дослідження вимагає вивчення процесів самоочищення та самовідновлення природних екосистем порушених внаслідок бойових дій в контексті кліматичних змін.

С. Мощун традиційно відносять до природно-кліматичної зони мішаних лісів, характерними рисами якої є: низинний рельєф, з наявністю піщаних та супіщаних відкладів, густої гідрографічної сітки з широкими заболоченими долинами річок, помірним кліматом із позитивним балансом вологи, та переважанням хвойно-широколистяних лісів, лучної та болотяної рослинності [10].



Рис. 2.4. Природно-кліматичні зони України [9]

Проте останні 20 років на всій території України спостерігається щорічне підвищення середньорічної температури на 1-2 градуси вище норми. Ця тенденція дала можливість науковцям НААН України зафіксувати зміни меж природно-кліматичних зон країни, так фактично вони змістилися на 100-150 км на північ [9].



Рис. 2.5. Зміни меж природно-кліматичних зон України [11]

Опираючись на оновлені данні щодо природно-кліматичних зон України варто починати говорити про віднесення с. Мощун до лісостепової зони, що

створює загрози для підтримання екологічної рівноваги в типових для даного регіону природних екосистемах.

Поєднання унікальних фізико-географічних рис характерних для зони Українського Полісся, а саме: кліматичних умов, рельєфу та рослинності – стали сприятливими умовами для формування дерново-підзолистих ґрунтів на території села Мощун.

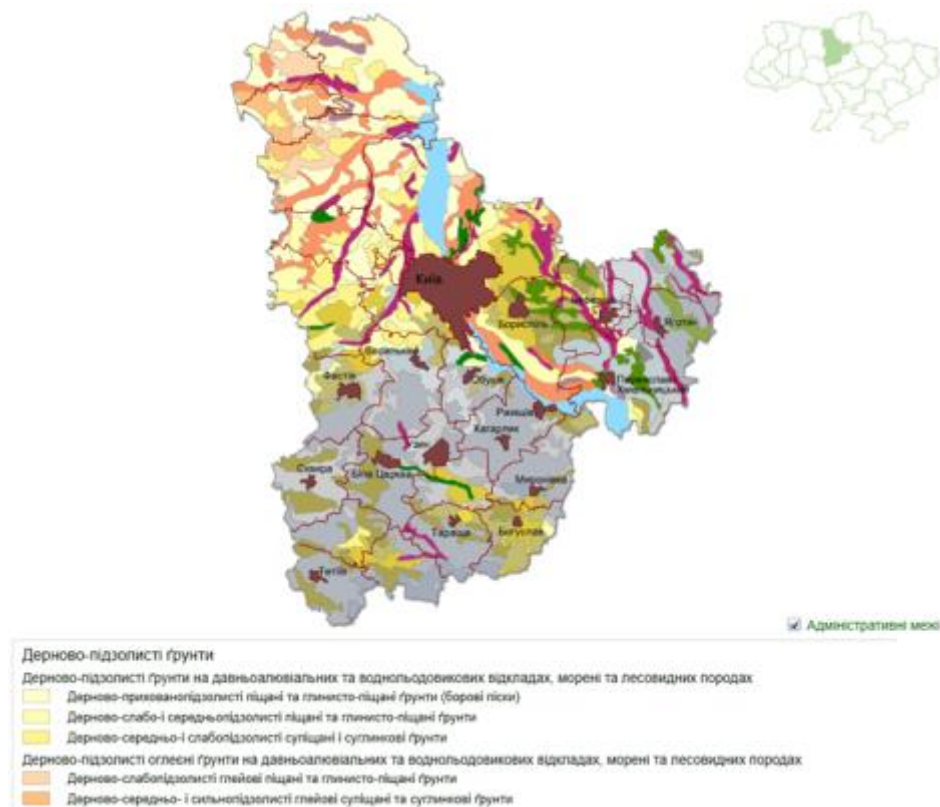


Рис. 2.3. Карта ґрунтів Київської області [15]

Один з різновидів підзолистих ґрунтів, утворених в зонах з лісною рослинністю, особливо на місцевостях з широколистяними та мішаними лісами за умови наявності трав'янистого покриву є дерново-підзолисті ґрунти, які формуються в умовах помірного теплого клімату, на супісках та за наявності близько розташованих ґрунтових вод. Утворення цих ґрунтів відбувається при взаємодії двох процесів – підзолистого та дернового, що діють суміжно чи почергово за умови зміни типу рослинності [19, 20].

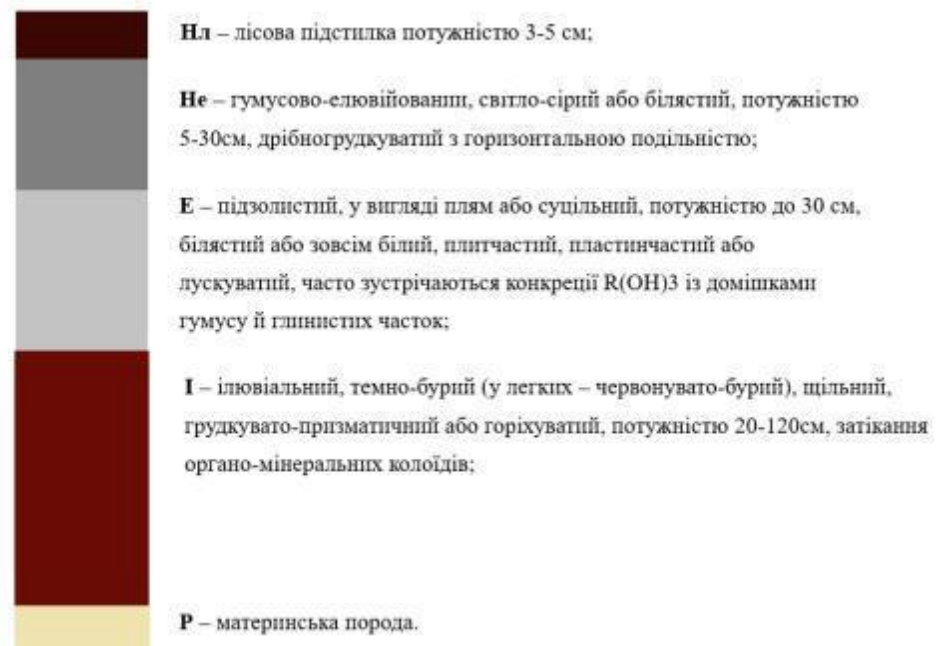


Рис. 2.6. Будо́ва профілю дерново-підзолистого ґрунту [20]

Профіль дерново-підзолистого ґрунту характеризується добре вираженими горизонтами, так чітко видно незначний верхній гумусовий шар, також добре окресленим є і підзолистий горизонт – він ущільнений, багатий на залізо та глину. Через свої структурні особливості з цього горизонту вимиваються поживні речовини та в ньому погано утримується волога, в результаті чого в посушливі періоди ґрунт швидко пересихає, а під час затяжних дощів – стає надмірно вологим [21, 22].

Однією з типових особливостей цих ґрунтів є відносно невеликий вміст гумусу – близько 3-7 %, а родючість оцінюється на 22-43 бали за 100-бальною шкалою. Кисла реакція ґрунтового середовища рН в межах 3,3-5,5 – ще одна типова характеристика дерново-підзолистих ґрунтів [19].

Зважаючи на всі особливості, ці ґрунти є придатними для ведення сільського господарства за умови дотримання всіх агротехнічних заходів та застосування ряду необхідних меліоративних робіт [19].

Кліматичні зміни є ще одним фактором, що впливає на стан та процеси що відбуваються в ґрунтовому середовищі, так все частіші періоди посухи на території Київщини призводять до швидкого пересихання дерново-

підзолистих ґрунтів, у той же час як сильні зливи створюють загрозу вимивання разом з поживними речовинами токсичних політантів [22].

Ґрунтово-гідрологічні умови характерні для території розташованої в заплаві річки Ірпінь, а саме близьке розташування ґрунтових вод (0,5 м та вище) та різноманітна лучно-болотяна рослинність стали сприятливим середовищем для накопичення тонкого мулуватого шару, багатого органікою та як наслідок – формування лучно-болотних ґрунтів. Для ґрунтового профілю лучно-болотних ґрунтів притаманний нижній сильно оглеєний горизонт сизого кольору, при цьому ознаки оглеєння прослідковуються по всьому ґрунтовому профілю майже до поверхні, а також потужний гумусовий горизонт (близько 20 см) із залишками напівроскладених рослинних рештків [28, 29].

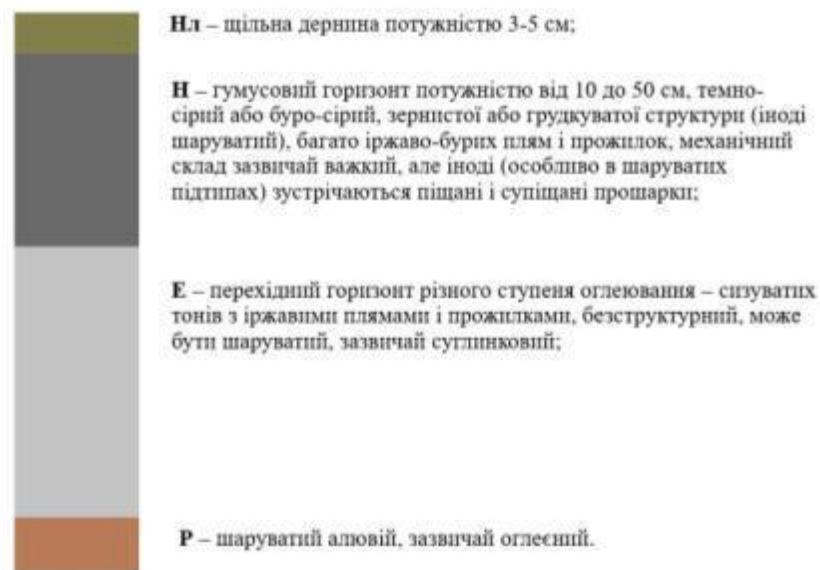


Рис. 2.7. Будова профілю лучно-болотного ґрунту [28]

На відміну від дерново-підзолистих лучно-болотним ґрунтам характерна наявність високого вмісту органічної речовини, що робить їх надзвичайно родючими та придатними до ведення сільського господарства [28].

Дослідна територія розташована в межах річкової мережі річки Ірпінь, яка протікає в зоні Правобережного Полліся та є правою притокою річки Дніпро. Ірпінь належить до річок середнього розміру – довжина 162 км, а

площа басейну дорівнює 3340км². Долина річки Ірпінь у верхів'ї – вузька, V-подібна, а на решті території – широка, трапецієподібна. Заплава – заболочена з переважанням лучно-чагарникової рослинності [32].

Село Мощун знаходиться в межах Дніпровського артезіанського басейну. Режим водоносного горизонту характеризується як непостійний з залежністю від кількості атмосферних опадів та коливань рівня води в річці Ірпінь. Рівень ґрунтових вод знаходиться на глибині близько 1,0-5,6 м, а водовміщуючими породами на дослідній території є супіски текучі та піски. Живлення ґрунтових вод відбувається переважно за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, поверхневих вод та перетоку з інших водоносних горизонтів за межами дослідної території. Такі гідрогеологічні особливості території на якій розташоване село Мощун свідчать про можливі загрози потрапляння токсичних забруднюючих речовин з ґрунтові води, шляхом їх змиву та інфільтрації атмосферними опадами з територій постраждалих від бойових дій [12].



Рис. 2.8. Геоботанічне районування України [30]

С. Мощун знаходиться в межах зони Київського Полісся для якої характерною є переважання хвойних, широколистяних та мішаних лісів. Наша дослідна ділянка розташована на території заплави річки Ірпінь, яка згідно геоботанічного районування класифікується та відноситься до Київського правобережного округу грабово-дубових, дубових, дубово-соснових лісів, заплавної лук і евтрофних боліт Поліської підпровінції хвойношироколистяних лісів Східноєвропейської провінції Європейської широколистянолісової області [8, 16, 31].

Рослинний світ дослідної ділянки розташованої в мешах заплави річки Ірпінь характеризується як лучно-чагарникова рослинність з переважанням таких видів, як осока болотна (*Carex heleonastes*), кропива дводомна (*Urtica dioica* L.), очерет звичайний (*Phragmites communis*), верба кушова (*Salix* L.), підмаренник чіпкий (*Galium aparine* L.), дикий кінський шавель (*Rumex confertus*), очеретянка звичайна (*Phalaroides arundinacea*) та інші.

Київська область має різноманітний рослинний світ, проте наразі через антропогенну діяльність фітоценози Київщини зазнають значних трансформацій [12].

2.2. Методика проведення дослідження

Об'єктами дослідження магістерської кваліфікаційної роботи є ґрунти порушені внаслідок бойових дій на півночі України. Так дослідна ділянка була вибрана на території села Мощун Бучанського району Київської області.

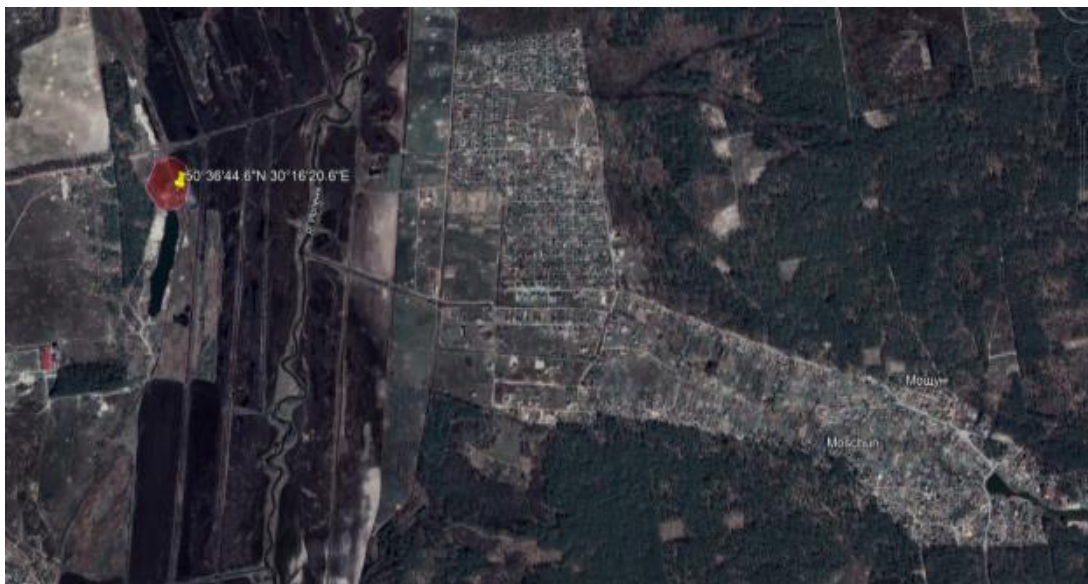


Рис. 2.9. Зона відбору проб ґрунту в межах території села Мощун [18]

Для дослідження впливу воєнних дій на рівень забруднення ґрунтів розташованих в межах природної екосистеми – лучного фітоценозу заплави річки Ірпінь, дослідні проби ґрунту було відібрано на місці горіння важкої воєнної техніки та на місці вирви від розриву боєприпасу.



а



б

**Рис. 2.10 – Обрана територія для відбору проб дослідного ґрунту:
а) залишки знищеної воєнної техніки; б) вирва від вибуху боєприпасу**

Для моніторингу фонового забруднення контрольні проби ґрунту були взяті в межах цього ж фітоценозу далі по руслу річки Ірпінь, але на території яка не зазнала впливу воєнних дій.



Рис. 2.11 - Схема відбору проб ґрунту: а) проби для визначення фонового рівня забруднення відібрані у заплаві р. Ірпінь; б) проби ґрунту порушеного в наслідок воєнних дій – на околицях с. Мощун [18]

Відбір проб було проведено в червні 2024 року. Пробовідбір та підготовка проб дослідного ґрунту для подальшого якісного та кількісного аналізу здійснювалися згідно чинного національного стандарту – ДСТУ 4287:2004 з урахуванням всіх методик [23].

Хімічний аналіз відібраних зразків ґрунту було проведено в акредитованій лабораторії відповідно до вимог ДСТУ EN ISO/ IEC 17025:2019 – Українська лабораторія якості і безпеки продукції АПК Національного університету біоресурсів і природокористування України в період з червня по серпень 2024 року.

Визначення масової частки свинцю (Pb), кадмію (Cd), хрому (Cr), міді (Cu), цинку (Zn), кобальту (Co) та нікелю (Ni) здійснювалося згідно з методикою РМ.УЛ.5.4–100 «Визначення вмісту елементів (Ag, Al, B, Ba, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Sr, Tl, Zn, Be, Mo, Se, Ti, V, As, Hg, S, P) методом атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно-зв’язаною плазмою».

Визначення масової частки ртуті та арсену проводилося за методикою ISO/TS 16965:2013 Soil quality. Determination of trace elements using inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) – Якість ґрунту.

Визначення мікроелементів в екстрактах ґрунту з використанням індуктивно-зв'язаною плазмою (ІЗП-МС) або мас-спектрометрії з використанням індуктивно-зв'язаною плазмою (ІЗП-МС). Метод базується на визначення масової частки елементів в царській водці або гідролізатах азотної кислоти або інших екстракційних розчинах та використанням спектрометра з індуктивно-зв'язаною плазмою (ІЗП-МС) або мас-спектрометра з індуктивно-зв'язаною плазмою (ІЗП-МС) [24].

У рамках даного дослідження також було проведено радіологічні дослідження для визначення можливого радіаційного забруднення порушених територій внаслідок бойових дій на півночі України в межах Київської області – село Мошун.

Для оцінки рівня фонового радіаційного забруднення було проведено виміри на території набережної річки Ірпінь, яка не зазнала порушень в ході воєнних дій на Київщині.

У процесі дослідження також було проведено відбір зразки ґрунту та трав'яної рослинності для визначення показників питомої активності ^{137}Cs , а також щільності забруднення радіонуклідом території постраждалої в процесі бойових дій, які проходили на дослідній території – село Мошун в лютому-березні 2022 року.



**Рис. 2.12 – Область проведення радіометричних досліджень:
а) визначення фонового забруднення – набережна р. Ірпінь; б)
вимірювання на території порушеній в наслідок воєнних дій – на
околицях с. Мощун [18]**

Визначення потужності дози гама-випромінювання (ПАЕД – потужність амбієнту еквівалентної дози гамма-випромінювання) на місцевості, порушеній в ході активних бойових дій внаслідок збройної агресії росії на півночі України, було проведено за допомогою дозиметра-радіометра «Стора-ТУ» (Екотест, Україна) та радіометра РКГ-14. Вимірювання питомої активності ^{137}Cs у відібраних на дослідній території рослинах і ґрунті проводилося за допомогою гамма-спектрометра СЕГ-001 «АКП-С»-63

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Визначення агрохімічних показників ґрунту

Дослідні проби ґрунту було відібрано на території с. Мощун в межах заплави річки Ірпінь для якої типовими є лучно-болотні ґрунти.

Під час формування лучно-болотних ґрунтів переважають такі ґрунтоутворчі процеси як: оглеєння з інтенсивною гідрогенною акумуляцією сполук заліза і марганцю та гумусно-акумулятивний з утворенням потужного гумусового шару, оглеєного до поверхні. Розвиток і потужність цих двох ґрунтоутворчих процесів є основним фактором від якого залежить склад та властивості лучно-болотних ґрунтів. Так дані ґрунти характеризуються як: за показниками рН – слабокислі, близькі до нейтральних, легкого механічного складу, з потужним гумусовим горизонтом [25, 34].



Рис 3.1. Агрохімічна карта України [35]

Одним з найважливіших агрохімічних показників ґрунту є його родючість. Вміст органічної речовини є одним з найважливіших показників, який відіграє ключове значення в процесах ґрунтоутворення, визначаючи основні агрохімічні та агроекологічні властивості ґрунту. Вміст гумусу – показник, що прийнято використовувати при оцінці родючості ґрунту [33].

Лучно-болотні ґрунти характеризуються високим вмістом гумусу – в районі 2-5 % в залежності від механічного складу ґрунту, що є задовільним показником, тип гумусу – фульватний [26].

Таблиця 3.1. Результати визначення агрохімічних показників лучно-болотного ґрунту в межах заплави річки Ірпінь біля с. Мощун Київської області

Місце відбору проби	Результати досліджень								
	Масова частка загального фосфору (P) г/кг	Масова частка загального фосфору (P ₂ O ₅) мг/кг	Масова частка загального калію (K) мг/кг	Масова частка загального калію (K ₂ O) мг/кг	Масова частка загального кальцію (Ca) г/кг	Масова частка загальної сірки (S) мг/кг	Масова частка загального заліза (Fe) г/кг	Масова частка загального магнію (Mg) мг/кг	Масова частка загального алюмінію (Al) г/кг
Фоновий рівень (контроль)	2,39	5470,00	449,02	538,82	2,38	426,9	20,17	345,09	1,29
Місце горіння важкої військової техніки	404,56	926,44	165,72	198,87	1,96	292,50	3,37	274,17	1,73
Вирва	306,28	701,38	192,18	230,61	1,31	172,60	2,63	209,00	2,04
ГДК, згідно НД, мг/кг	Не нормується	200,00	Не нормується	Не нормується	Не нормується	160,00	Не нормується	Не нормується	Не нормується

Ще одним показником, який прийнято використовувати для оцінки родючості ґрунту є – вміст поживних елементів, загальний вміст яких відображає потенційну родючість ґрунту. Так лучно-болотні ґрунти – непогано забезпечені елементами живлення рослин, наприклад фосфор – є одним з основних поживних елементів, який як і азот, є показником вмісту органічної речовини у ґрунті, а його вміст в лучно-болотних ґрунтах оцінюється як високий [26, 33, 35].

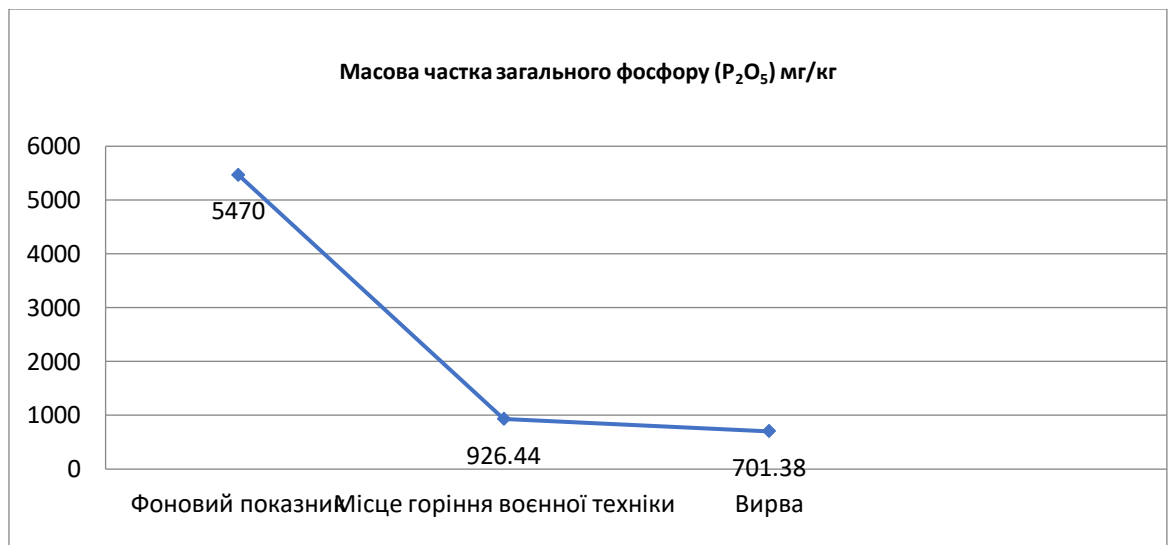


Рис 3.2. Масова частка загального фосфору (P₂O₅) мг/кг в ґрунтах на території села Мощун Київської області

Данні нашого дослідження підтверджують це твердження, так за результатами аналізу показник масової частки загального фосфору (P₂O₅) становить 5470,00 мг/кг, що говорить про значне перевищення граничної концентрації визначеної в нормативних документах України, де цей показник дорівнює 200,00 мг/кг, що у 27 разів перевищує норму. Також перевищення ГДК (P₂O₅), проте не такі значні, фіксуються і у інших місцях відбору проб уже в межах порушеного бойовими діями фітоценозу, так у місці горіння військової техніки цей показник становить 926,44, що у 4,6 разів перевищує норму, а у вирві на місці розриву боєприпасу – 701,38, що є перевищенням норми у 3,5 рази.

Такі результати аналізу вмісту масової частки загального фосфору (P₂O₅) можуть пояснюватися розташуванням та особливістю використання

даної досліджуваної території. Оскільки проби ґрунту були відібрані в межах лучно-чагарникового фітоценозу заплави річки Ірпінь, на ділянці, що не використовувалася для ведення сільського господарства та не зазнавала значного антропогенного навантаження, можемо говорити про можливість збільшення показника фосфору (P_2O_5) природнім шляхом в ході процесів розкладання та накопичення органіки в природній рослинній екосистемі.

При цьому спостерігається значне зменшення, в порівнянні з фоновим рівнем, масової частки загального фосфору (P_2O_5) на ділянках порушених ґрунтів воєнними діями. За результатами аналізу вміст фосфору (P_2O_5) на місці згорілої важкої воєнної техніки зменшився на 83% в порівнянні з контролем, а на місці вирви – на 87,2%. Отже, можемо говорити про значне зниження фосфору (P_2O_5) у місцях горіння воєнної техніки, як наслідок вигорання верхнього родючого шару ґрунту, де і акумулюється значна частка фосфору. Зниження ж кількості фосфору (P_2O_5) на місці вирви від розриву боєприпасу можна пояснити переміщенням верхнього родючого шару ґрунту та вивертанням на поверхню нижніх малородючих шарів ґрунтового профілю.

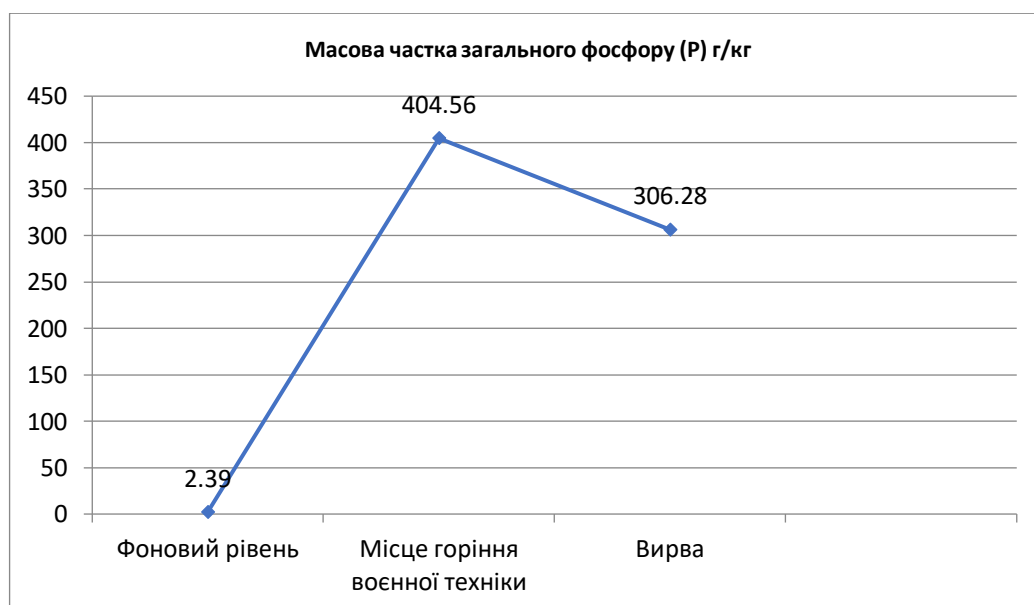


Рис 3.3. Масова частка загального фосфору (P) мг/кг в ґрунтах на території села Мощун Київської області

Незважаючи на зниження масової частки загального фосфору (P_2O_5) спостерігається різке збільшення кількості загального фосфору (P) на ділянці порушеній внаслідок бойових дій порівняно з фоновим рівнем. Так за результатами аналізу вміст загального фосфору (P) у місці горіння важкої воєнної техніки підвищився в 169,3 рази, а на місці вирви – у 128,2 рази. Ці дані дослідження можуть свідчити про значне забруднення ґрунту фосфором (P), який входить до складу ряду сучасних боєприпасів, що сьогодні активно використовуються в збройних конфліктах.

Очевидною є і тенденція до зниження масової частки загального калію (K) та оксиду калію (K_2O) порівняно з фоновим рівнем у природному фітоценозі. За результатами хімічного аналізу найнижчі рівні калію (K) та оксиду калію (K_2O) були зафіксовані в місці спалення важкої воєнної техніки – у 2,7 разів нижчі порівняно з фоном для калію (K) та у 2,7 разів для оксиду калію (K_2O).

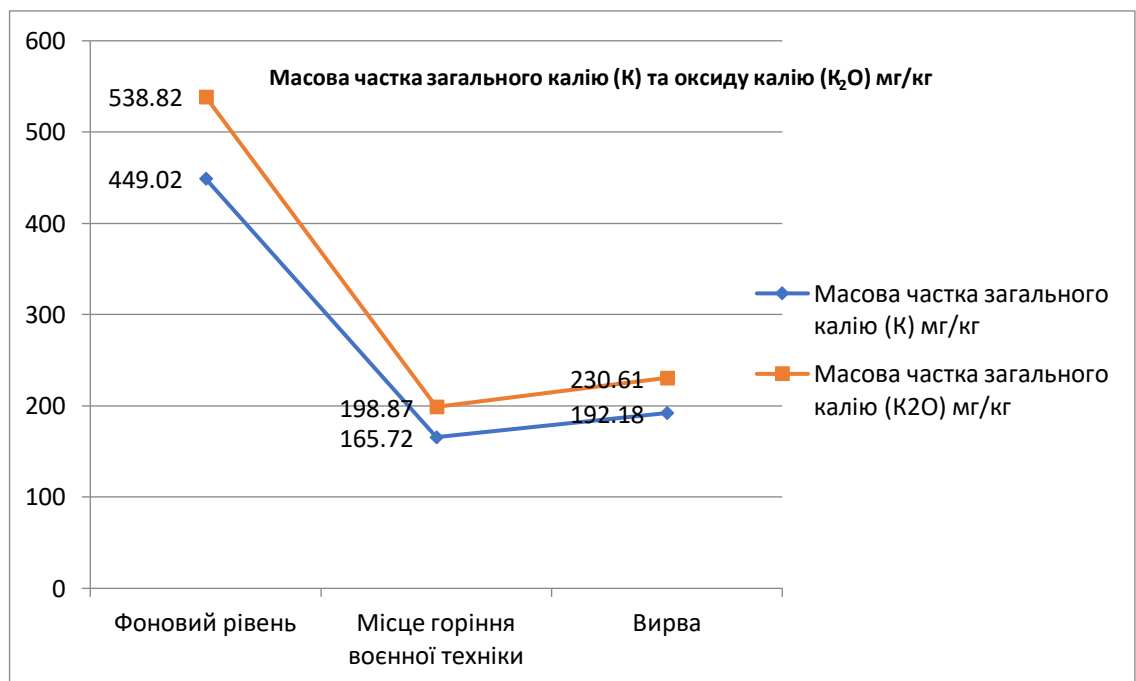


Рис 3.4. Масова частка загального калію (K) та оксиду калію (K_2O) мг/кг в ґрунтах на території села Мощун Київської області

Дослідні ґрунти характеризуються низьким вмістом обмінного кальцію – в межах 1,3-2,4 у всіх відібраних зразках ґрунту.

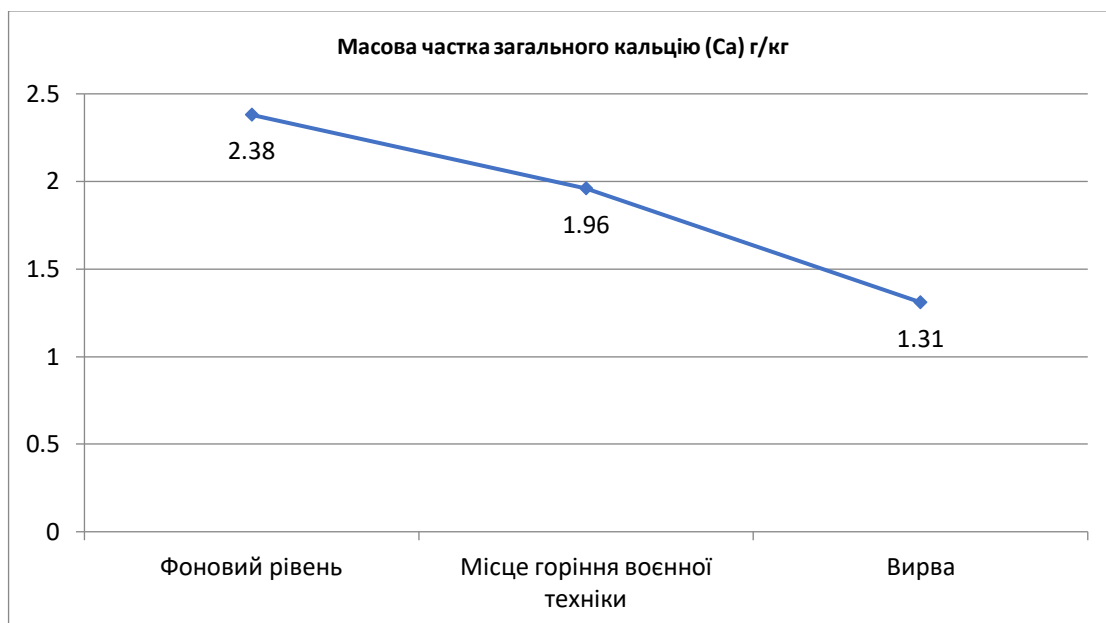


Рис 3.5. Масова частка загального кальцію (Ca) мг/кг в ґрунтах на території села Мощун Київської області

Традиційно лучно-болотні ґрунти відносять до ґрунтів з порівняно низьким вмістом сірки [35].

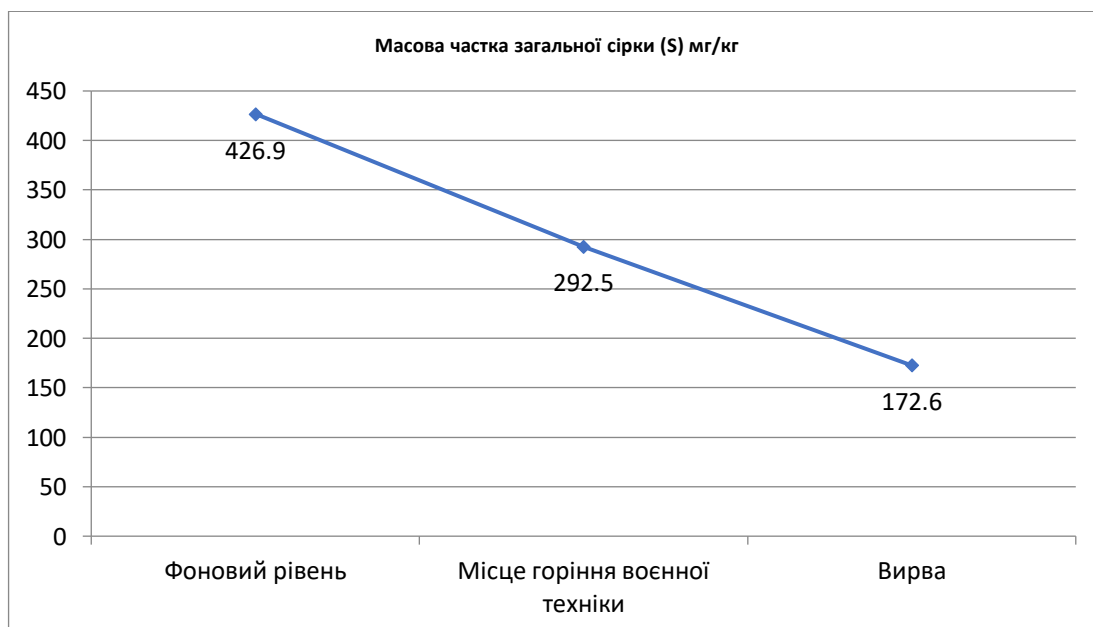


Рис 3.6. Масова частка загальної сірки (S) мг/кг в ґрунтах на території села Мощун Київської області

Проте у ході нашого дослідження було зафіксовано нетипово високий вміст частки загальної сірки (S) для лучно-болотних ґрунтів, що значно

перевищує граничну концентрацію цього елемента встановлену нормативами України. Так вміст масової частки загальної сірки (S) у зразках ґрунту відібраних на території природного лучно-чагарникового фітоценозу заплави річки Ірпінь, що не зазнала антропогенного впливу та використовувалася в ролі контрольних значень фонового рівня, становить 426,9 мг/кг що у 2,7 рази перевищує встановлені значення ГДК для сірки (S), в той же час як на ділянках порушених внаслідок бойових дій, фіксуємо перевищений вміст сірки (S) в 1,8 рази – в місці горіння воєнної техніки та у 1,1 рази – на місці вирви.

Можемо зробити висновок, що отримані під час нашого дослідження високі показники вмісту сірки (S) у відібраних пробах ґрунту зумовлені значними запасами органічної речовини в ґрунті, які сформувалися за ґрунтоутворчих процесів накопичення органічної речовини в умовах лучно-чагарникової рослинності заплави річки Ірпінь.

У той же час нами реєструється значне зменшення концентрації сірки (S) на території порушеної внаслідок збройного конфлікту. Від так у пробі ґрунту відібраної на місці згорілої техніки масова частка загальної сірки (S) на 31,5% нижча порівняно з фоновим значенням, тоді як результати хімічного аналізу ґрунту відібраного на місці вирви демонструють зниження концентрації загальної сірки (S) на 59,6%. Доволі високий показник зниження масової частки загальної сірки (S) на місці розриву боєприпасу, як і у випадку зі зниженням концентрації масової частки загального фосфору (P₂O₅), може бути результатом переміщення верхнього родючого шару ґрунту та вивертання на поверхню нижніх малородючих шарів ґрунтового профілю.

Загалом високі показники вмісту заліза (Fe) та магнію (Mg) в контрольних пробах ґрунту відібраних на території заплави річки Ірпінь, що не зазнала впливу бойових дій, пояснюються процесами оглеєння, що протікають в лучно-болотних ґрунтах і відбуваються з інтенсивною гідрогенною акумуляцією сполук заліза і марганцю.

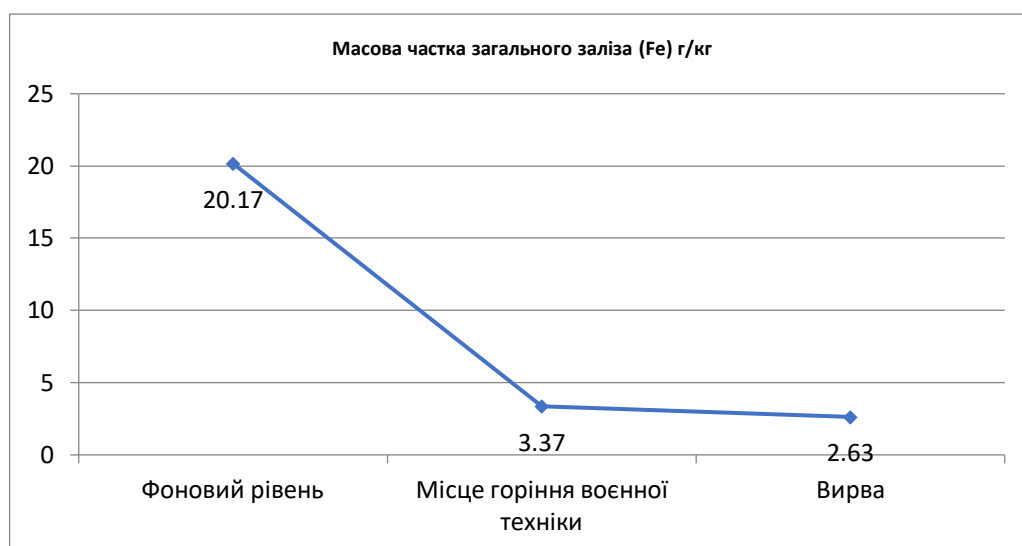


Рис 3.7. Масова частка загального заліза (Fe) мг/кг в ґрунтах на території села Мощун Київської області

Масова частка загального заліза (Fe) на територіях, що зазнали впливу бойових дій не перевищує показників фоновому рівня. Навпаки концентрація заліза (Fe) в ґрунті відібраному на місці згорілої військової техніки нижче контрольного показника в 5,9 разів, а на місці вирви – у 7,6 разів, що свідчить про відсутність додаткового впливу бойових дій на забруднення ґрунтового середовища залізом (Fe).



Рис 3.7. Масова частка загального магнію (Mg) мг/кг в ґрунтах на території села Мощун Київської області

За результатами дослідження можемо прослідкувати також тенденцію до зниження масової частки загального магнію (Mg) в пробах ґрунту, відібраного на територіях, що зазнали впливу збройного конфлікту.

Підсумовуючи результати дослідження агрохімічних показників ґрунту на територіях, що зазнали міліарної деградації в ході бойових дій на півночі Київської області – в межах села Мощун, ми чітко прослідковуємо тенденцію до суттєвого зниження вмісту загальної масової частки всіх дослідних елементів – фосфору (P_2O_5), калію (K, K_2O), кальцію (Ca), сірки (S), заліза (Fe) та магнію (Mg) в дослідному ґрунті порівняно з їх фоновим рівнем, визначеним в контрольній точці відбору проб, що не зазнала впливу воєнних дій.

Зважаючи на отримані дані, можемо дійти висновку, що зафіксоване в ході дослідження зниження вмісту поживних елементів є наслідком механічної деградації ґрунтового покриву дослідної території внаслідок активних бойових дій.



Рис 3.8. Залишки вирв від розриву боєприпасів зафіксовані на території села Мощун Київської області

Значне зниження показників вмісту поживних елементів зафіксоване саме в місці розриву боєприпасу, що є наслідком вивертання на поверхню ґрунту нижніх – збіднених на поживні елементи шарів ґрунту вибуховою хвилею.

Також зниження агрохімічних показників поживних елементів ґрунту зафіксовано і місці горіння важкої воєнної техніки, яке є результатом вигорання верхнього – збагаченого органікою, а як наслідок – поживними елементами шару ґрунту.



Рис 3.9 Сліди залишені важкою воєнною технікою зафіксовані на території села Мощун Київської області [18]

Механічна деградація ґрунтового покриву дослідної території проявляється не лише руйнуванням ґрунтового профілю внаслідок вибухів боєприпасів та спалення ґрунту – від горіння воєнної техніки, але й пересуванням важкої воєнної техніки, що спричиняє не лише переущільнення верхнього шару ґрунту, але й призводить до горизонтальної міграції як поживних елементів верхнього родючого шару ґрунту, вивернутого назовні вибухом, так і забруднюючих речовин, що потрапляють у ґрунт внаслідок ведення активних бойових дій.

3.2. Визначення екотоксикологічних показників ґрунту

У ході аналізу впливу воєнних дій на території села Мощун Бучанського району Київської області на стан лучно-болотних ґрунтів було здійснено екотоксикологічну оцінку порушених ґрунтів на дослідній ділянці природного лучно-чагарникового фітоценозу заплави річки Ірпінь, в результаті якого було здійснено визначення масової частки ряду токсичних елементів – важких металів, а саме: свинцю (Pb), кадмію (Cd), хрому (Cr), міді (Cu), цинку (Zn), кобальту (Co), нікелю (Ni), арсену (As) та ртуті (Hg). Результати вимірів продемонстровані в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2. Результати визначення екотоксикологічних показників лучно-болотного ґрунту на території с. Мощун та їх порівняння з гранично допустимими концентраціями в Україні та країнах світу [27]

Місце відбору зразків	Результати досліджень, мг/кг								
	As	Pb	Hg	Cd	Cr	Cu	Zn	Co	Ni
Фоновий рівень	8,40	6,14	0,007	0,79	2,99	2,97	18,24	3,51	0,24
Місце горіння воєнної техніки	1,10	6,70	0,007	0,72	2,84	18,00	11,42	0,63	1,29
Вирва	0,84	3,48	0,006	<0,10	2,65	6,29	5,37	0,63	1,09
ГДК Україна	2,0	32,0	2,1	3,0	Не нормується	Не нормується	Не нормується	Не нормується	Не нормується
ГДК Німеччина	50,0	70,0	0,5	1,0	60,0	40,0	150,0	Не нормується	50,0
ГДК Польща	Не нормується	100,0	Не нормується	3,0	100,0	100,0	300,0	50,0	100,0
ГДК Болгарія	10,0	26,0	0,03	0,4	65,0	34,0	88,0	20,0	46,0
ГДК Великобританія	32,0	450,0	10,0	10,0	130,0	Не нормується	Не нормується	Не нормується	130,0
ГДК Канада	20,0	200,0	0,8	3,0	250,0	150,0	500,0	Не нормується	100,0
ГДК ВООЗ/ФАО	20,0	100,0	Не нормується	3,0	100,0	100,0	300,0	50,0	50,0

Так у ході проведених досліджень забруднення лучно-болотних ґрунту токсичними речовинами, що стало наслідком ведення активних бойових дій у даному регіоні в період з лютого по березень 2022 року, не було зафіксовано перевищень гранично допустимих концентрацій важких металів на території села Мощун Бучанського району Київської області.

Виходячи з відсутності належної санітарно-гігієнічної нормативної бази України щодо нормування гранично допустимих концентрацій найбільш поширених важких металів – забруднювачів ґрунтового середовища, отримані показники результатів хімічного аналізу відібраних зразків ґрунту було порівняно з відомими нам ГДК цих елементів в країнах Європи, Канаді та нормативами ГДК рекомендованими ВООЗ та ФАО. В ході порівняльного аналізу перевищень ГДК виявлено не було.

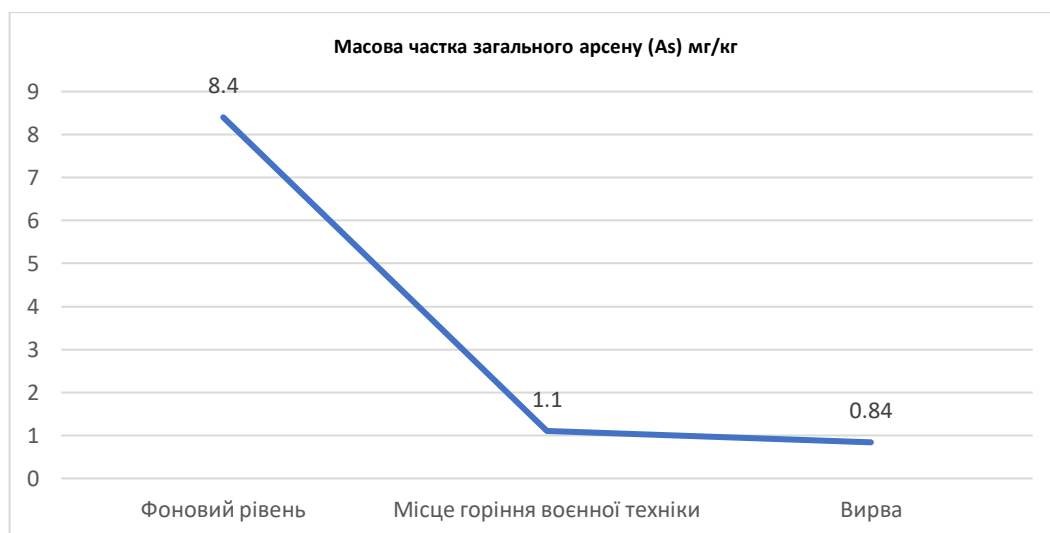


Рис 3.8. Масова частка загального арсену (As) мг/кг в ґрунтах на території села Мощун Київської області

Проте у ході хімічного аналізу проб лучно-болотного ґрунту, було виявлено значне перевищення вмісту масової частки арсену (As) в 4,2 рази порівняно з його гранично допустимою концентрацією згідно нормативних актів України, яка дорівнює 2,0 мг/кг на території не порушеного антропогенним втручанням природного лучно-чагарникового фітоценозу заплави річки Ірпінь, де проби ґрунту відбиралися для демонстрації фонового рівня забруднення.

Звернемо увагу, що результати аналізу проб ґрунту відібраних на ділянках порушених внаслідок воєнного конфлікту, не показали перевищення ГДК арсену (As), а продемонстрували значення нижчі за фоновий рівень, що може свідчити про вплив горизонтальної міграції забруднювачів, спричинений внаслідок механічного перевертання шарів ґрунтового профілю внаслідок вибухів боєприпасів, руху військової техніки чи інших факторів.

Так можемо говорити про фіксування локальної геохімічної аномалії підвищеного вмісту арсену (As) в лучно-болотному ґрунті на території заплави річки Ірпінь. Таке перевищення гранично допустимого рівня забруднення ґрунту арсеном (As) може бути наслідком як природних так і антропогенних процесів, проте точно не є наслідком бойових дій на півночі України. Відповідь на питання природи виявленого значного забруднення дослідної території арсеном (As) потребує подальших детальних досліджень з хронологічним аналізом факторів, що чинили свій вплив на дану територію.

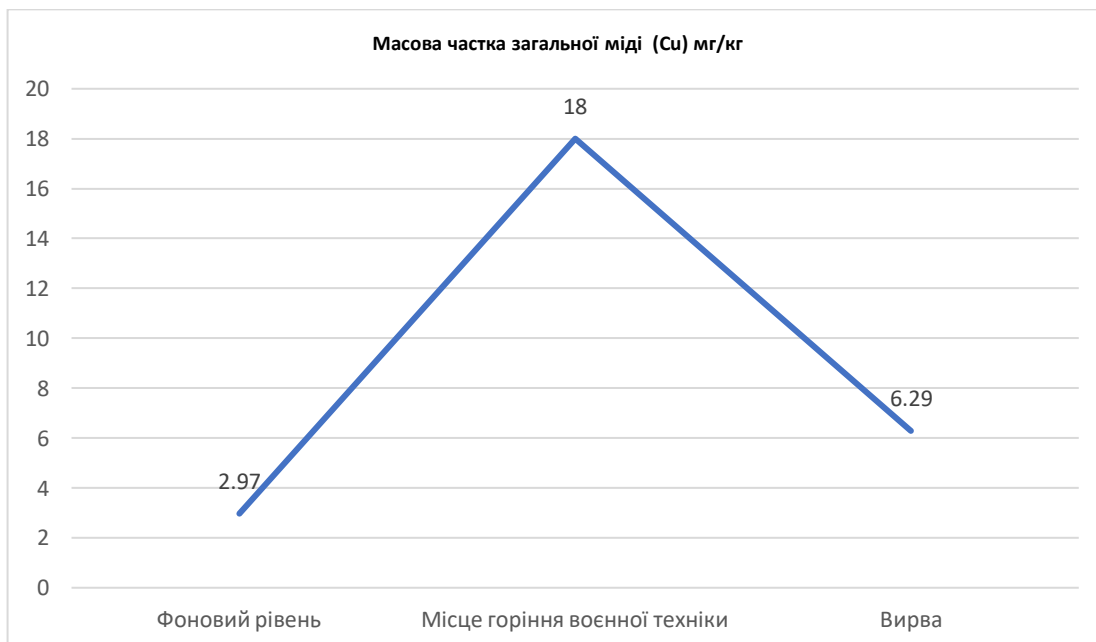


Рис 3.9. Масова частка загальної міді (Cu) мг/кг в ґрунтах на території села Мощун Київської області

У ході дослідження також було зафіксоване незначне підвищення концентрації міді (Cu) у ґрунті – 18 мг/кг на місці згорання важкої воєнної

техніки у порівнянні з показником визначеним в контрольній пробі. Отримані результати можуть свідчити про локальне забруднення ґрунту купрумом (Cu) в місцях руйнування та горіння важкої воєнної техніки.



Рис 3.10. Масова частка загального нікелю (Ni) мг/кг в ґрунтах на території села Мощун Київської області

Порівняно з фоновим рівнем спостерігаємо незначні підвищення концентрації нікелю (Ni) в місцях горіння воєнної техніки та розриву боєприпасів, що говорить про фактор впливу воєнних дій на забруднення ґрунту нікелем (Ni), адже як відомо, сполуки нікелю входять до складу сплавів, акумуляторів та електроніки, що є складовими воєнної техніки.

Підсумовуючи отримані результати можемо говорити про низький вплив воєнних дій на території села Мощун Бучанського району Київської області на рівень забруднення лучно-болотних ґрунтів важкими металами.

Однак варто не забувати про здатність дослідних полютантів – важких металів до акумуляції в ґрунтовому середовищі та характерного їх повільного розкладання, що створює загрозу хронічного забруднення території постраждалої внаслідок воєнних дій.

Більш явною є механічна деградація ґрунту внаслідок бойових дій, спричинена вибухами боєприпасів. Підтвердженням цього є значні зниження

концентрації всіх дослідних елементів у відібраних пробах ґрунту на місці вирви, що свідчить про вивертання нижніх, ще не забруднених, шарів ґрунту на зовні та їх горизонтальну міграцію внаслідок вибухової хвилі, що спричиняє їх просторове поширення на ураженій площі.

1.3. Визначення радіологічних показників забруднення ґрунту

На території дослідної ділянки, що постраждала від проведення бойових дій з початку повномасштабних бойових дій в межах села Мощун було проведено оцінку радіаційної ситуації з визначенням потужності дози гама-випромінювання на місцевості (ПАЕД – потужність амбієнту еквівалентної дози гамма-випромінювання).



Рис. 3.11. Треки маршруту проведення радіометричних досліджень (набережна м. Ірпінь)

У результаті дослідження на контрольній дослідній ділянці в районі набережної м. Ірпінь, вимірювання показників гамма-фону показали, що підвищення показнику гамма-фону не зафіксовані, а отримані показники характерні для природного радіаційного фону, прийнятого в Україні. Всього вимірювання проведено в 50 точках, де потужність ПАЕД змінювалася від 0,04 до 0,06 мкЗв/год.

Результати вимірювання показали, що питома активність радіоактивного цезію в залежності від глибини вимірювання складала: на поверхні ґрунту 57 ± 14 Бк/кг, а на глибині 10 см – 38 ± 8 Бк/кг, що також

свідчить про відсутність додаткового радіоактивного забруднення території радіоактивним ізотопом цезію ^{137}Cs .

Таблиця 3.3. Результати вимірювання питомої активності ^{137}Cs у рослинах і ґрунті на гамма-спектрометрі СЕГ-001 «АКП-С»-63 та значення щільності забруднення території радіонуклідом

Проби	Глибина відбору, см	Питома активність, Бк/кг	Щільність забруднення, кБк/м ²
Ґрунт відібраний на території набережної р.Ірпінь	0-10	40,0±4,6	4,8
Ґрунт відібраний на території набережної р.Ірпінь	0-20	52,6±7,9	13,8
Рослинність відібрана на території набережної р.Ірпінь	-	< 2,7 (МДА)	-



Рис. 3.12. Маршрут проведених вимірів потужності гама-фону неподалік с. Мощун біля вирви від розриву снарядів

Результати вимірювання потужності гама фону на території постраждалої внаслідок бойових дій спричиненої збройною агресією російської федерації на півночі України, у передмісті с. Мощун показали, що

питома активність ^{137}Cs у ґрунті, відібраному безпосередньо у місцях розриву боєприпасів не перевищує 38 ± 10 Бк/кг. Цей показник радіоактивного забруднення ґрунту у даному регіоні характерний для віддаленого періоду після аварії на ЧАЕС і суттєвого додаткового радіонуклідного забруднення не спостерігається.

Таблиця 3.4. Результати вимірювання питомої активності ^{137}Cs у рослинах і ґрунті на гамма-спектрометрі СЕГ-001 «АКП-С»-63 та значення щільності забруднення території радіонуклідом (околиці с. Мощун)

Проби	Глибина відбору, см	Питома активність, Бк/кг	Щільність забруднення, кБк/м ²
Ґрунт відібраний на території села Мощун	0-10	$30,9 \pm 3,5$	4,2
Ґрунт відібраний на території села Мощун	0-20	$19,1 \pm 2,8$	5,41
Рослинність відібрана на території села Мощун проба №1	-	$4,1 \pm 6,7$	-
Рослинність відібрана на території села Мощун проба №2	-	< 2,5 (МДА)	-

Підсумовуючи результати радіометричних досліджень можемо зробити висновок, що результати вимірювання питомої активності забруднення ґрунту штучним радіоактивним ізотопом ^{137}Cs свідчать про відсутність додаткового радіоактивного забруднення навколишнього середовища в районі проведення інтенсивних бойових дій навколо с. Мощун у перші тижні після початку війни, тому що такі рівні радіоактивного забруднення цим радіоактивним ізотопом характерні для даного регіону після аварії на ЧАЕС.

3.4 Оцінка впливу воєнних дій на процеси транслокації важких металів у дослідному ґрунті

Концентрація важких металів у системі «ґрунт-рослина» є важливим показником забруднення ґрунту важкими металами, а міграційна та транслокаційна здатність важких металів з ґрунту надходити до рослин має велике значення для оцінки безпеки харчових продуктів та зниження ризиків для здоров'я людини [45].

Транслокація важких металів — це переміщення важких металів від коренів рослин до пагонів. Транслокація важких металів в першу чергу стосується надходження важких металів у харчовий ланцюг, що становить значну загрозу впливу забруднювачів на здоров'я людини. Транслокація також описує переміщення цих металів усередині рослин, зокрема перенесення від коренів до пагонів, процес, критично важливий для фітореMediaції, яка полягає у використанні рослин для видалення забруднюючих речовин з ґрунту [44].

Під час дослідження для визначення значення транслокації забруднюючих речовин в рослинні організми використовують таку характеристику як – коефіцієнт біологічного поглинання, який показує ступінь накопичення поллютанту відносно його показника в ґрунті.

Коефіцієнт біологічного поглинання визначається таким чином:

$$K(\text{б.п.}) = C_1 / C_2,$$

де $K(\text{б.п.})$ – коефіцієнт біологічного поглинання;
 C_1 – концентрація забруднюючої речовини в генеративних і вегетативних органах рослини;
 C_2 – концентрація забруднюючої речовини в ґрунті [46].

Коефіцієнт біологічного поглинання дає можливість оцінити вплив забруднюючої речовини не лише на процеси накопичення важких металів рослинами, а й охопити всю систему «ґрунт –рослина» [46].

Таблиця 3.3. Результати визначення екотоксикологічних показників ґрунту на території с. Мощун

Місце відбору зразків	Результати досліджень, мг/кг								
	As	Pb	Hg	Cd	Cr	Cu	Zn	Co	Ni
Фоновий рівень	8,40	6,14	0,007	0,79	2,99	2,97	18,24	3,51	0,24
Місце горіння воєнної техніки	1,10	6,70	0,007	0,72	2,84	18,00	11,42	0,63	1,29
Вирва	0,84	3,48	0,006	<0,10	2,65	6,29	5,37	0,63	1,09
ГДК Україна	2,0	32,0	2,1	3,0	Не нормується	Не нормується	Не нормується	Не нормується	Не нормується

Опираючись на отримані в ході хімічного аналізу екотоксикологічні показники забруднення важкими металами порушеного ґрунту внаслідок воєнних дій на півночі Київської області, було прийнято рішення не проводити визначення коефіцієнту біологічного поглинання через його недоцільність, оскільки нами в результаті дослідження не було зафіксовано перевищень гранично допустимих концентрацій важких металів на території села Мощун.

ВИСНОВКИ

Аналіз наукової літератури дозволив встановити, що сьогодні воєнні дії чинять значний багатогранний негативний вплив на ґрунти України, котрий не обмежується лише хімічним забрудненням.

На території, що зазнала міліарної деградації в ході бойових дій на півночі Київської області – в межах села Мощун ми чітко прослідковуємо тенденцію до суттєвого зниження вмісту загальної масової частки поживних елементів – фосфору (P_2O_5), калію (K, K_2O), кальцію (Ca), сірки (S), заліза (Fe) та магнію (Mg) порівняно з їх фоновим рівнем – є наслідком механічної деградації ґрунту.

У ході проведених досліджень не було зафіксовано перевищень гранично допустимих концентрацій важких металів в ґрунті, на території села Мощун, що зазнала впливу збройної агресії.

Отримані результати свідчать про низький вплив воєнних дій на рівень забруднення лучно-болотних ґрунтів важкими металами на території села Мощун.

Результати вимірювання забруднення ґрунту штучним радіоактивним ізотопом ^{137}Cs свідчать про відсутність додаткового радіоактивного забруднення навколишнього середовища в районі проведення інтенсивних бойових дій навколо с. Мощун.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бобровська Н. Проблеми використання земельних ресурсів України в умовах війни. Екологічна і біологічна безпека в умовах війни: реалії України : Зб. матеріалів науково-практ. конф., м. Київ, 19–20 лип. 2023 р. Київ, 2023. С. 15–18.
2. Воєнні дії та українські ґрунти: правда, інформаційний шум та науковий погляд. URL: <https://superagronom.com/blog/1098-voynni-diyi-ta-ukrayinski-grunti-pravda-informatsiyniy-shum-ta-naukoviy-poglyad>
3. Площа забруднених ґрунтів через війну в Україні перевищила 1,1 млн м², — Міндовкілля. URL: <https://komersant.ua/ploshcha-zabrudnenykh-gruntiv-cherez-viynu-v-ukraini-perevyshchyla-1-1-mln-m-mindovkillia/>
4. Афара К., Литвиненко О., Криворучко Д. Сучасні екологічні проблеми в Україні. Екологічна і біологічна безпека в умовах війни: реалії України : Зб. матеріалів науково-практ. конф., м. Київ, 19–20 лип. 2023 р. Київ, 2023. С. 12–15.
5. Razanov S., Kutsenko M., Razanova A. Агроекологічні наслідки війни та способи підвищення ефективності відновлення ґрунтів в період реабілітації. Sustainable restoration of agricultural landscapes affected by military activities : Proceedings of the international research and practice conference, м. Kyiv, 30 верес. – 4 жовт. 2023 р. Kyiv, 2023. С. 1. URL: <https://doi.org/10.36994/978-966-388-681-7-2023-71-1-71>
6. Завдані збитки. Земельні ресурси. URL: <https://ecozagroza.gov.ua/damage/shove>
7. Вплив воєнних дій на стан ґрунтів в Україні. URL: <https://agro-business.com.ua/zberezhennia-hruntu/item/31567-vplyv-voiennykh-dii-na-stan-gruntiv-v-ukraini.html>
8. Екологічний паспорт Київської області 2024 рік. URL: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichnyj-monitoryng/ekologichni-pasporty/>

9. Як зміни клімату впливають на площі основних сільськогосподарських культур в Україні. URL: <https://old.nas.gov.ua/UA/Messages/Pages/View.aspx?MessageID=7830>

10. Мішаних лісів фізико-географічна зона / О. М. Маринич, А. В. Мельник // Енциклопедія Сучасної України [Електронний ресурс] / редкол. : І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк [та ін.] ; НАН України, НТШ. – Київ: Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2019. – Режим доступу: <https://esu.com.ua/article-69505>.

11. Клімат України – як в Аризоні. Як спека впливає на вартість землі. URL: <https://agreview.com/content/klimat-ukrayiny-yak-v-aryzoni-yak-speka-vplyvaye-na-vartist-zemli/>

12. ЗВІТ з оцінки впливу на довкілля «Нове будівництво автозаправного комплексу за адресою по вул. Ірпінська, 2-а, в селищі Гостомель, Бучанського району, Київської області». URL: https://hostomelva.gov.ua/attachments/467cfa31-bc9e-446e-a13b-c54fd13ed059_%D0%97%D0%B2%D1%96%D1%82%20%D0%B7%20%D0%9E%D0%92%D0%94%20%D0%93%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D0%BB%D1%8C.pdf

13. "Саме тут була визначена доля України": минає два роки звільнення Мощуна. URL: <https://suspilne.media/kyiv/710814-same-tut-bula-viznacena-dola-ukraini-minae-dva-roki-zvilnenna-mosuna/>

14. Опір окупації на Поліссі: Мощун, Ясногородка, Качали. URL: <https://www.ukrainer.net/opir-na-polissi/>

15. Ґрунти України в розрізі областей. URL: <https://геоmap.land.kiev.ua/obl-0.html>

16. Стратегія розвитку Київської області на 2021-2027 роки (нова редакція). URL: <https://koda.gov.ua/wp-content/uploads/2025/03/strategiya-ko-2021-2027-nova-redakcziya-1.pdf>

17. Зміни клімату Київ. URL: https://www.meteoblue.com/uk/weather/historyclimate/change/%d0%9a%d0%b8%d1%97%d0%b2_ukraine_703448
18. Google Планета Земля. URL: https://earth.google.com/web/search/%d0%9c%d0%be%d1%89%d1%83%d0%bd,%d0%9a%d0%b8%d0%b5%d0%b2%d1%81%d0%ba%d0%b0%d1%8f+%d0%be%d0%b1%d0%bb%d0%b0%d1%81%d1%82%d1%8c/@50.61321395,30.29043349,106.88492178a,4746.16602288d,35y,0h,0t,0r/data=CjQIJgokCSkrry4WEDVAEScrry4WEDXAGZY6_Ts6V0lAIYomREKQJUrAKgYIARIAGAFCAggBQgIIAЕoNCP_____wEQAA?hl=uk
19. Дерново-підзолисті ґрунти. Властивості, характеристики та добрива. URL: <https://him-element.com.ua/uk/news/61?srsltid=AfmBOoo-f-O8f15P-tNGbGf2HjvHgZH-JGVXXGQwk2ZfGjlfXqkcWTsM>
20. Назаренко І.І., Польчина С.М. Нікорич В.А. Ґрунтознавство: Підручник. – Чернівці: Книги – XXI, 2004. – 400 с.
21. Дерново-підзолисті ґрунти Рівненської області та шляхи їх покращення. URL: <https://npcz-rivne.ucoz.ua/Konkyrs2012/Net/stattja.pdf>
22. Підзолисті ґрунти: властивості, проблеми та способи покращення. URL: <https://dudkin.in.ua/%D0%BF%D1%96%D0%B4%D0%B7%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D1%81%D1%82%D1%96-%D2%91%D1%80%D1%83%D0%BD%D1%82%D0%B8-%D0%B2%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%96-%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BB/>
23. Якість ґрунту. Відбирання проб: ДСТУ ISO 4287:2004. – [Чинний від 2004-04-30]. – К. : Держспоживстандарт України, 2005. – 9 с. – (Національний стандарт України).
24. Заключний звіт про виконання листа-угоди між офісом Продовольчої та Сільськогосподарської організації Об'єднаних Націй («ФАО») та державної установи «Інститут охорони ґрунтів України» за

темою «Посилення потенціалу зі збору та узгодження агрохімічних даних про ґрунти для подальшої автоматичної обробки: приклад лісостепової зони в Україні». URL: <https://www.iogu.gov.ua/link/zvit.pdf>

25. Морфологічна та агрохімічна характеристика ґрунтів у ландшафтах різного типу дендропарку "Тростянець" НАН України / І. М. Северин // Інтродукція рослин. - 2015. - № 2. - С. 96-107.

26. Ґрунтознавство з основами геології. Навч. посіб./ О.Ф. Гнатенко, М.В. Капштик, Л.Р. Петренко, С.В. Вітвицький, К.: Оранта. – 2005. – 648 с.

27. Kamunda C., Mathuthu M., Madhuku M. Health Risk Assessment of Heavy Metals in Soils from Witwatersrand Gold Mining Basin, South Africa. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2016. Vol. 13, no. 7. P. 663. URL: <https://doi.org/10.3390/ijerph13070663>

28. 1.5. Ґрунти заплави Дніпра у Києві. URL: <https://www.myslenedrevo.com.ua/uk/Sci/Kyiv/Islands/Nature/1-5-grunty.html>

29. Starodubtsev, V., Ladyka, M., & Naumovska, O. (2022). Peculiarity of soil cover formation in the upper part of the Kaniv Reservoir. *Biological Systems: Theory and Innovation*, 13(2), 67-78. [https://doi.org/10.31548/biologiya13\(3-4\).2022.086](https://doi.org/10.31548/biologiya13(3-4).2022.086)

30. Геоботанічне районування України. URL: <https://geomap.land.kiev.ua/zoning-5.html>

31. Коломійчук В., Баранський О. Флора та рослинність Ірпінського лісу // ВІСНИК Київського національного університету імені Тараса Шевченка. - БІОЛОГІЯ. 4(83)/2020. - С. 49-55.

32. Ладика М. М. Екологічна оцінка стану водно-болотних угідь заплави р. Ірпінь: апробація американського досвіду // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Біологія, біотехнологія, екологія. 2017. № 270. С. 224–235.

33. Петрище О., Кушнірук Т. Ключові показники родючості ґрунту і методи їх регуляції //Розвиток аграрної галузі та впровадження наукових розробок у виробництво : матеріали VII міжнародної науково-практичної

конференції (м. Миколаїв, 17-18 жовтня 2024 р.) / Міністерство освіти і науки України ; Миколаївський національний аграрний університет. - Миколаїв: МНАУ, 2024. - 96 с.

34. Географія ґрунтів з основами ґрунтознавства: Навчально-методичний посібник / О.В.Аріон, Т.Г.Купач, С.О.Дем'яненко . – К., 2017. – 226 с.

35. Агрохімічна карта України. URL: <https://геомар.land.kiev.ua/agrochemical.html>

36. А. С. Заришняк, С. А. Балюк, А. В. Кучер, М. О. Солоха, І. В. Пліско, В. Б. Соловей, К. Б. Смірнова, О. В. Анісімова, Г. Ф. Момот, В. В. Шимель, А. В. Ревтьє-Уварова, Ю. В. Залавський, В. В. Лебедь, А. Я. Левін, Т. В. Шевченко
Стан і завдання наукового забезпечення управління ґрунтовими ресурсами на етапі збройної агресії та післявоєнного відновлення: монографія; за ред. С. А. Балюка, А. В. Кучера. Київ: Аграрна наука, 2023. 168 с.

37. Plisko I., Romanchuk K., Krylach S. Mechanical and physical degradation of arable soils as a result of military operations in Ukraine. *Visnyk agrarnoi nauky*. 2023. Vol. 101, no. 10. P. 5–12. URL: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202310-01>

38. Джиґа В.Є., Трегуб М.В. Структуризація видів деградації земель внаслідок воєнних дій. Молодь: наука та інновації: матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених, Дніпро, 22–24 листопада 2023 року: у 2-х т. / Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» – Дніпро : НТУ «ДП», 2023. Том 1. 147- 149 с.

39. Soil Degradation and Contamination Due to Armed Conflict in Ukraine / M. Solokha et al. *Land*. 2024. Vol. 13, no. 10. P. 1614. URL: <https://doi.org/10.3390/land13101614>


40. Дослідження впливу техногенного забруднення внаслідок воєнних дій на показники ґрунту агроценозів / П. В. Писаренко та ін. Аграрні

- інновації. 2022. № 14. С. 94–102.
URL: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.14.14>
41. The environmental health impacts of Russia's war on Ukraine / D. Hryhorczuk et al. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*. 2024. Vol. 19, no. 1. URL: <https://doi.org/10.1186/s12995-023-00398-y>
42. Magnetic and chemical signals of post-blast residue in soil: A case study from northern Ukraine / K. M. Bondar et al. *Science of The Total Environment*. 2025. Vol. 977. P. 179342. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.179342>
43. Fernandez-Lopez C., Posada-Baquero R., Ortega-Calvo J. J. Nature-based approaches to reducing the environmental risk of organic contaminants resulting from military activities. *Science of The Total Environment*. 2022. P. 157007. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157007>
44. Significance of Translocation of heavy metals. URL: <https://www.wisdomlib.org/concept/translocation-of-heavy-metals>
45. Wang J., Hu Y. Translocation and accumulation of heavy metals from the rhizosphere soil to the medicinal plant (*Paeonia Lactiflora* Pall.) grown in Bozhou, Anhui Province, China. *Environmental Pollutants and Bioavailability*. 2023. Vol. 35, no. 1. URL: <https://doi.org/10.1080/26395940.2023.2223768>
46. Тогачинська О. В., Семенова О. І., Котинський А. В. Науково-теоретичні основи отримання якісної й безпечної продукції рослинництва // *Екологічний журнал*. 2018. Вип. 3. С. 68–72.
47. Юрченко А. І. Щодо впливу стоку сільськогосподарських угідь на якість води поверхневих водних об'єктів / *Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: зб. наук. статей XIX Міжнародної науково-практичної конференції (м. Харків, 14–15 вересня 2023 р.) / УКРНДІЕП. – Харків, 2023. – С. 395–401. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.niiep.kharkov.ua/sites/default/files/konfer2023.pdf>*
48. Чайка Т. О., Короткова І. В. Відновлення родючості ґрунту в Україні після воєнних дій. Захист і відновлення екологічної рівноваги та



забезпечення самовідновлення екосистем : колективна монографія / за заг. ред. Т. О. Чайки. Полтава : Видавництво ПП «Астрія», 2023. С. 232–281.

ДОДАТКИ

А



**УКРАЇНЬСЬКА ЛАБОРАТОРІЯ
ЯКОСТІ І БЕЗПЕКИ ПРОДУКЦІЇ АПК
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

30724
 ДСТУ EN ISO/IEC 170

ПРОТОКОЛ ВИПРОБУВАНЬ/ЗАМОВЛЕННЯ № 3021-P/11442 **ДАТА ВИДАННЯ ПВ** 02.08.2024

ДАТИ ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ 28.06-02.08.2024 **ДАТА ОТРИМАННЯ ЗРАЗКІВ** 28.06.2024

НАЗВА ТА АДРЕСА ЗАМОВНИКА:
 НУБІП України, Бондарь Валерія Іванівна
 Адреса замовника: вул. Героїв Оборони, 13, м. Київ.

ОПИС ОБ'ЄКТІВ ВИПРОБУВАНЬ ТА ЇХ ІДЕНТИФІКАЦІЯ:
 Зазначена інформація про зразки вказана згідно з супровідними документами. Зразки відібрані представником Замовника та доставлені у неопломбованих поліетиленових упаковках.

11442/1 **Грунт (еталон, історія)**
 Обсяг наданого зразка на випробування: 1,630 кг.

11442/2 **Грунт (Мощун, техніка)**
 Обсяг наданого зразка на випробування: 1,405 кг.

11442/3 **Грунт (Мощун, важкі метали, біла вири)**
 Обсяг наданого зразка на випробування: 2,935 кг.


СУПРОВІДНІ ДОКУМЕНТИ:
 Лист-Заявка від 28.06.2024 р. № Б/Н, яка зареєстрована в УЛЯБП АПК від 28.06.2024 р. за № 11442

РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ

Визначення валового вмісту хімічних елементів:

Реєстраційний код зразка: 11442/1

Найменування показників, одиниці вимірювань	(1) Результати випробувань	(2) Розширена невизначеність	Межа детектування, мг/кг	(3) ГДК згідно (4,5) НД, мг/кг
1	2	3	4	5
Масова частка загального заліза (Fe), г/кг	20,17	4,11	0,10	не нормується
Масова частка загального алюмінію (Al), г/кг	1,29	0,14	0,10	не нормується
Масова частка загального фосфору (P), г/кг	2,39	0,24	0,10	не нормується
Масова частка загального фосфору (P ₂ O ₅), мг/кг	5470,00	479,16	-	200,0
Масова частка загального калію (K), мг/кг	449,02	57,30	0,10	не нормується
Масова частка загального калію (K ₂ O), мг/кг	538,82	66,90	-	не нормується
Масова частка загального кальцію (Ca), г/кг	2,38	0,67	0,10	не нормується
Масова частка загального магнію (Mg), мг/кг	345,09	45,82	0,10	не нормується
Масова частка загального марганцю (Mn), мг/кг	490,69	61,79	0,10	1500 (загально-санітарний)
Масова частка загальної сірки (S), мг/кг	426,9	54,89	0,50	160,0 (загально-санітарний)
Масова частка загального барію (Ba), мг/кг	153,82	23,06	0,10	200,0
Масова частка загального натрію (Na), мг/кг	34,66	6,50	0,10	не нормується
Масова частка загального стронцію (Sr), мг/кг	21,18	4,28	0,10	не нормується
Масова частка загального цинку (Zn), мг/кг	18,24	3,77	0,10	не нормується
Масова частка загального арсену (миш'яку) (As), мг/кг	8,4	0,9	0,05	2,0 (транс-локаційний)
Масова частка загального свинцю (Pb), мг/кг	6,14	1,50	0,10	32,0 (загально-санітарний)
Масова частка загального кобальту (Co), мг/кг	3,51	0,93	0,10	не нормується
Масова частка загального бору (B), мг/кг	3,32	0,89	0,10	30,0
Масова частка загального хрому (Cr), мг/кг	2,99	0,81	0,10	не нормується
Масова частка загальної міді (Cu), мг/кг	2,97	0,81	0,10	не нормується
Масова частка загального літію (Li), мг/кг	1,51	0,45	0,10	не нормується
Масова частка загального кадмію (Cd), мг/кг	0,79	0,26	0,10	3,0
Масова частка загального нікелю (Ni), мг/кг	0,24	0,10	0,10	не нормується



Фактична адреса: вул. Машинобудівників, 7, смт Чабани, Фастівський р-н, Київська обл., 08162, Україна.
 Юридична адреса: вул. Героїв Оборони, 13, м. Київ, 03041, Україна.
 Тел./факс: +38 (044) 526 45 02, +38 (093) 225 09 78
 e-mail: info@quality.ua, info@quality.ua
 web: www.quality.ua

Протокол випробувань №3021-P/11442
 Оформила: К. ШВИДЧЕНКО
 тел.: +38 (044) 526 45 02
 Сторінка 1 з 4

Продовження результатів випробувань для зразка 1144;

1	2	3	4	5
Масова частка загальної ртуті (Hg), мг/кг	0,007	0,002	0,002	2,1 (транс-локаційний)
Масова частка загального срібла (Ag), мг/кг	<0,10	-	0,10	не нормується
Масова частка загального вісмуту (Bi), мг/кг	<0,10	-	0,10	не нормується
Масова частка загального талію (Tl), мг/кг	<0,10	-	0,10	не нормується

Реєстраційний код зразка:

11442/2

Найменування показників, одиниці вимірювань	⁽¹⁾ Результати випробувань	⁽²⁾ Розширена невизначеність	Межа детектування, мг/кг	⁽³⁾ ГДК згідно ^(4,5) НД, мг/кг
Масова частка загального заліза (Fe), г/кг	3,37	0,32	0,10	не нормується
Масова частка загального алюмінію (Al), г/кг	1,73	0,51	0,10	не нормується
Масова частка загального кальцію (Ca), г/кг	1,96	0,20	0,10	не нормується
Масова частка загального магнію (Mg), мг/кг	274,17	37,68	0,10	не нормується
Масова частка загального фосфору (P), мг/кг	404,56	52,45	0,10	не нормується
Масова частка фосфору (P ₂ O ₅), мг/кг	926,44	106,02	-	200,0
Масова частка загального калію (K), мг/кг	165,22	24,57	0,10	не нормується
Масова частка загального калію (K ₂ O), мг/кг	198,87	28,69	-	не нормується
Масова частка загального сірки (S), мг/кг	292,50	39,81	0,50	160,0 (загально-носанітарний)
Масова частка загального марганцю (Mn), мг/кг	72,98	12,24	0,10	1500 (загально-санітарний)
Масова частка загального натрію (Na), мг/кг	58,78	10,19	0,10	не нормується
Масова частка загального барію (Ba), мг/кг	34,76	6,52	0,10	200,0
Масова частка загального міді (Cu), мг/кг	18,00	3,73	0,10	не нормується
Масова частка загального цинку (Zn), мг/кг	11,42	2,53	0,10	не нормується
Масова частка загального стронцію (Sr), мг/кг	8,29	1,93	0,10	не нормується
Масова частка загального свинцю (Pb), мг/кг	6,70	1,61	0,10	32,0 (загально-санітарний)
Масова частка загального бору (B), мг/кг	3,16	0,85	0,10	30,0
Масова частка загального хрому (Cr), мг/кг	2,84	0,78	0,10	не нормується
Масова частка загального літію (Li), мг/кг	1,85	0,54	0,10	не нормується
Масова частка загального нікелю (Ni), мг/кг	1,29	0,40	0,10	не нормується
Масова частка загального арсену (миш'яку) (As), мг/кг	1,1	0,2	0,05	2,0 (транс-локаційний)
Масова частка загального кадмію (Cd), мг/кг	0,72	0,24	0,10	3,0
Масова частка загального кобальту (Co), мг/кг	0,63	0,22	0,10	не нормується
Масова частка загальної ртуті (Hg), мг/кг	0,007	0,003	0,002	2,1 (транс-локаційний)
Масова частка загального срібла (Ag), мг/кг	<0,10	-	0,10	не нормується
Масова частка загального вісмуту (Bi), мг/кг	<0,10	-	0,10	не нормується
Масова частка загального талію (Tl), мг/кг	<0,10	-	0,10	не нормується

Реєстраційний код зразка:

11442/3

Найменування показників, одиниці вимірювань	⁽¹⁾ Результати випробувань	⁽²⁾ Розширена невизначеність	Межа детектування, мг/кг	⁽³⁾ ГДК згідно ^(4,5) НД, мг/кг
1	2	3	4	5
Масова частка загального заліза (Fe), г/кг	2,63	0,26	0,10	не нормується
Масова частка загального алюмінію (Al), г/кг	2,04	0,21	0,10	не нормується
Масова частка загального кальцію (Ca), г/кг	1,31	0,14	0,10	не нормується



Протокол випробувань №2021-0211442
Форми: А. ШИВІДЕНКО
тел.: +38 (044) 526-45-02

Продовження результатів випробувань для зразка 1144;

1	2	3	4	5
Масова частка загального магнію (Mg), мг/кг	209,00	29,56	0,10	не нормується
Масова частка загального фосфору (P), мг/кг	306,28	41,40	0,10	не нормується
Масова частка фосфору (P ₂ O ₅), мг/кг	701,38	83,69	-	200,0
Масова частка загального калію (K), мг/кг	192,18	27,87	0,10	не нормується
Масова частка загального калію (K ₂ O), мг/кг	230,61	32,52	-	не нормується
Масова частка загальної сірки (S), мг/кг	172,60	25,44	0,50	160,0 (загально-санітарний)
Масова частка загального натрію (Na), мг/кг	44,74	8,08	0,10	не нормується
Масова частка загального марганцю (Mn), мг/кг	42,88	7,79	0,10	1500 (загально-санітарний)
Масова частка загального барію (Ba), мг/кг	37,78	7,00	0,10	200,0
Масова частка загального стронцію (Sr), мг/кг	6,31	1,53	0,10	не нормується
Масова частка загальної міді (Cu), мг/кг	6,29	1,53	0,10	не нормується
Масова частка загального цинку (Zn), мг/кг	5,37	1,33	0,10	не нормується
Масова частка загального свинцю (Pb), мг/кг	3,48	0,92	0,10	32,0 (загально-санітарний)
Масова частка загального хрому (Cr), мг/кг	2,65	0,73	0,10	не нормується
Масова частка загального бору (B), мг/кг	2,37	0,67	0,10	30,0
Масова частка загального літію (Li), мг/кг	1,94	0,56	0,10	не нормується
Масова частка загального нікелю (Ni), мг/кг	1,09	0,34	0,10	не нормується
Масова частка загального арсену (миш'яку) (As), мг/кг	0,84	0,20	0,05	2,0 (транс-локаційний)
Масова частка загального кобальту (Co), мг/кг	0,63	0,22	0,10	не нормується
Масова частка загальної ртуті (Hg), мг/кг	0,006	0,002	0,002	2,1 (транс-локаційний)
Масова частка загального срібла (Ag), мг/кг	<0,10	-	0,10	не нормується
Масова частка загального вісмуту (Bi), мг/кг	<0,10	-	0,10	не нормується
Масова частка загального кадмію (Cd), мг/кг	<0,10	-	0,10	3,0
Масова частка загального талію (Tl), мг/кг	<0,10	-	0,10	не нормується

МЕТОДИ ВИПРОБУВАНЬ:

Визначення масової частки хімічних елементів - РМ. УЛ 5.4-100 Визначення вмісту елементів (Ag, Al, B, Ba, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Sr, Ti, Zn, Be, Mo, Se, Ti, V, As, Hg, S, P) методом атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно-зв'язною плазмою.

Визначення масової частки ртуті та арсену - ¹⁶⁾ ISO/TS 16965:2013 Soil quality. Determination of trace elements using inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS).

Примітки:

1. Протокол випробувань стосується тільки зразків, які представлені на випробування.
2. Протокол випробувань не підлягає повному або частковому передрукуванню без дозволу Української лабораторії якості і безпеки продукції АПК.
3. Без оригіналу відтиску печатки і оригіналу підпису Директора УЛЯБП АПК Протокол випробувань не дійсний.
4. Українська лабораторія якості і безпеки продукції агропромислового комплексу Національного університету біоресурсів і природокористування України акредитована Національним агентством з акредитації України відповідно до вимог ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019 (EN ISO/IEC 17025:2017, IDT; ISO/IEC 17025:2017, IDT). Атестат про акредитацію зареєстрований в Реєстрі НААУ від 1 листопада 2022 р. за № 20724. Методи, що акредитовані можна переглянути за посиланням <http://quality.ua/atestati-fa-sertifikati/>

¹⁾ Результати подано на повітряно-суху речовину.

²⁾ Розширена невизначеність отримана шляхом множення стандартного відхилення відтворюваності, обчисленого за уточненим рівнянням Горвіца-Томпсона, на коефіцієнт охоплення $k=2$, що визначає інтервал з рівнем довіри, який приблизно дорівнює 95 % при допустимому нормальному розподілі.

³⁾ ГДК - гранично допустимі концентрації небезпечних речовин у ґрунтах.

⁴⁾ Гігієнічні регламенти допустимого вмісту хімічних речовин у ґрунті затверджені наказом Міністерства охорони здоров'я України № 1595 від 14.07.2020 (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0722-20#Text>) (усі значення нормативів надаються виключно в інформаційних цілях).

⁵⁾ Нормативи гранично допустимих концентрацій небезпечних речовин у ґрунтах, а також перелік таких речовин затверджені Постановою Кабінету Міністрів України від 15 грудня 2021 р. № 1325 (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1325-2021-%D0%BF#Text>) (усі значення нормативів надаються виключно в інформаційних цілях).

⁶⁾ Метод не входить до сфери акредитації УЛЯБП АПК НУБіП України.

4. Проект організації території НПП «Голосіївський»: охорона, відтворення та рекреаційне використання / НПП «Голосіївський». — Київ: НПП «Голосіївський», 2018. — 96 с.
5. Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів щодо охорони пралісів» № 2063-VIII (23.05.2017). — Київ: Офіц. вид., 2017. — 12 с.
6. Лісовий кодекс України: Закон України від 21.01.1994 № 3852-XII (зі змінами). — Київ: Вид-во парламенту України, 2019. — 84 с.
7. IPCC. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. — Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014. — 1132 p.

УДК 234.67/15

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЦЕОЛІТІВ У РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ҐРУНТІВ ЗАБРУДНЕНИХ ВНАСЛІДОК ВОЄННИХ ДІЙ

Михед Ю.А., магістр II р.н., факультет захисту рослин, біотехнологій та екології

Бондарь В.І., кандидат с.-г. наук, доцент, старший науковий співробітник кафедри загальної екології, радіобіології та безпеки життєдіяльності

Національний університет біоресурсів та природокористування України

Ґрунти України зазнають значних порушень в ході повномасштабного вторгнення. Спираючись на сучасні дослідження вчені ННЦ «ІА імені О. Н. Соколовського» виділяють новий тип деградації ґрунтів – воєнна (мілітарна) деградація, спричинена воєнними діями, яка поєднує в собі механічну, фізичну, хімічну, біологічну та фізико-хімічну деградацію. Детонація снарядів різних видів та потужностей, уламки ракет, залишки боєприпасів призводять до потрапляння у ґрунт низки забруднюючих речовин, таких як важкі метали, нітроароматичні вибухові речовини та їх метаболіти, діоксини та радіоактивні ізотопи, а також забруднення ґрунту паливно-мастильними матеріалами та іншими нафтопродуктами [1, 2].

Сьогодні все більшої актуальності набуває розробка та впровадження ефективних методів екологічної ремедіації забруднених ґрунтів. Це пов'язано з унікальною здатністю різних ремедіантів не лише знижувати рівень техногенного забруднення, а й сприяти відновленню природних властивостей і функціонування ґрунтової системи. Особливу увагу при цьому приділяють інноваційним підходам до очищення, серед яких використання сорбентів мінерального походження. Їх застосування забезпечує комплексний процес ремедіації ґрунту, спрямований на

зменшення вмісту шкідливих речовин, підвищення екологічної безпеки агроєкосистем і відновлення родючості ґрунтів [3].

Цеоліти — це велика група мінералів, що належать до класу гідратованих алюмосилікатів лужних і лужноземельних металів, зокрема натрію, кальцію, калію та барію. Вони відрізняються своєю унікальною кристалічною структурою, що формує розгалужену систему пор і каналів. Саме ця особливість забезпечує високу здатність цеолітів до адсорбції молекул води й газів, а також обміну іонів [4].

Останні дослідження свідчать про зростаючий інтерес до використання цеолітів як ефективних агентів у процесах біодеградації нафти та нафтопродуктів у ґрунтовому середовищі. Завдяки високій питомій поверхні та розвиненій пористій структурі цеоліти здатні не лише адсорбувати вуглеводні, але й створювати сприятливі умови для активізації нафтоокислювальних мікроорганізмів. Важливу роль у цьому процесі відіграє наявність у ґрунті достатньої кількості мікроелементів, а також сполук фосфору й азоту, які слугують додатковим живильним середовищем для мікробіоти. За таких умов застосування цеолітів значно підвищує швидкість і повноту розкладання нафтопродуктів [6].

Результати експериментальних досліджень підтверджують, що використання цеолітовмісних порід у поєднанні з органічними меліорантами (зокрема, торфом) дозволяє істотно зменшити ступінь нафтового забруднення ґрунтів. Зокрема, за вихідної концентрації нафти на рівні 10% рівень забруднення знижується більш ніж удвічі. Це демонструє перспективність впровадження комбінованих методів ремедіації, де цеоліти виступають як ключовий мінеральний сорбент та стимулятор природних процесів самоочищення ґрунтових систем [6].

Окрім абсорбції забруднювачів цеоліти чинять багатогранний позитивний вплив на ґрунтову систему. Завдяки своїм фізико-хімічним властивостям вони ефективно нейтралізують надмірну кислотність, підвищують вологоємність ґрунту на 24—34% і водночас зменшують його водопроникність на 35—67%. Таке поєднання ефектів сприяє збереженню вологи та зменшенню втрат поживних елементів, що створює більш стабільні умови для росту рослин [5].

Отже, застосування цеолітів у процесах біоремедіації ґрунтів, забруднених нафтою та нафтопродуктами, є перспективним напрямом ремедіації. Завдяки своїм сорбційним та біостимулюючим властивостям вони не лише зменшують рівень токсичного забруднення, а й сприяють активізації природних механізмів самоочищення, що робить їх ефективним та екологічно безпечним засобом відновлення ґрунтових екосистем.

Список використаних джерел:

1. Стан і завдання наукового забезпечення управління ґрунтовими ресурсами на етапі збройної агресії та післявоєнного відновлення: монографія; за ред. С.А. Балюка, А. В. Кучера. Київ: Аграрна наука, 2023. 168 с.
2. Концептуальні підходи до відновлення ґрунтів, що постраждали від збройної агресії: монографія; за ред. С.А. Балюка, А.В. Кучера, І.В. Пліско. Київ: Аграрна наука, 2024. 216 с.
3. Хохлов А.В., Гомеля М.Д., Хохлова Л.Й. Детоксикація важких металів у ґрунті застосуванням модифікованого біовугілля з рисового лущиння. Таврійський науковий вісник. 2022, №125, С.244-251.
4. Цеоліти. Властивості, використання та перспективи. URL: <https://insgeo.com.ua/ceolit/>
Технологія цеолітової меліорації піщаних ґрунтів. URL: <http://www.minagro.kiev.ua/page/?2072>
5. Інноваційні підходи до фіторе mediaції та фіторекультивуації у сучасних системах землеробства. Монографія / Я.Г. Цицюра, Ю.М. Шкатула, Т.А. Забарна, Л.В. Пелех. Вінниця: ТОВ «Друк», 2022. 1200 с.

УДК 567.34

ЕКОЛОГІЧНЕ УПРАВЛІННЯ ПРИРОДООХОРОННИМИ ТЕРИТОРІЯМИ

Надвичиний Д., директор ДУ ППСМЗЗ «Межигір'я»

Наумовська О., кандидат сільськогосподарських наук, доцент, завідувач кафедру екології агросфери та екологічного контролю НУБіП України, начальник науково-дослідного відділу ДУ ППСМЗЗ «Межигір'я»

Першочерговим пріоритетом екологічної політики України є екологічне управління територіями природно-заповідного фонду через збільшення їх частки. На природоохоронні території і об'єкти покладено визначальну роль у збереженні біорізноманіття та його генофонду, охороні природних систем і ландшафтів. Україна володіє 35 % біорізноманіття Європи, а показник заповідності становить 6,8 % (рис.1). Останній показник є важливим екологічним і соціальним індикатором, адже відображає екологічний баланс та екологічну стабільність територій, моніторинг яких, в останнє десятиліття є вкрай важливим для України при наявності значних екологічних загроз антропогенного впливу. Конвенцією про охорону біологічного різноманіття, сторонами

надходження від ведення господарства цими роками то вони склали 1 млн 493 тис грн, з яких 97,6% коштів надійшло саме від реалізації тварин трьох видів відловлених на розселення. Ці маркетингово-економічні аспекти і визначають пріоритети подальшого розвитку господарювання в ДО «Резиденція Залісся», та в Україні у цілому, на найближчі роки саме у формі фермерського розведення оленевих, передусім оленя благородного та лані європейської.

УДК456.34

ОСОБЛИВОСТІ БІОКУМУЛЯЦІЇ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ РОСЛИНАМИ

Михед Ю.А., магістр I року навчання, факультету захисту рослин, біотехнологій та екології

Бондарь В.І., кандидат с.-г. наук, доцент, старший науковий співробітник кафедри загальної екології, радіобіології та безпеки життєдіяльності

Національний університет біоресурсів та природокористування України

Забруднення важкими металами всіх компонентів навколишнього природного середовища: повітря, ґрунту та води – є глобальною проблемою, яка стає все більш актуальною загрозою сьогодення. Існують сотні джерел забруднення довкілля важкими металами. Вони надходять в навколишнє середовище із природних джерел, а також внаслідок діяльності людини, такої як швидка індустріалізація, урбанізація та інших антропогенних джерел. Повномасштабна війна, яка триває на території України з 2022 року, спричинила значне зростання загрози забруднення довкілля важкими металами. Важкі метали становлять потенційну небезпеку для життя через свою токсичність, здатність до біокумуляції та біорозкладання. Основними наслідками забруднення довкілля важкими металами можна назвати проблеми зі здоров'ям людей і забруднення екосистем. Ці проблеми викликають дедалі більше занепокоєння громадськості в усьому світі [1].

Рослини поглинають ряд хімічних елементів із ґрунту. Деякі з цих елементів є незамінними, оскільки вони необхідні рослинам для важливих фізіологічних процесів життєвого циклу та є складовими багатьох компонентів рослин, включаючи білки, нуклеїнові кислоти і хлорофіл. Такі метали як залізо, марганець, молібден, мідь, цинк і нікель, відомі як мікроелементи, оскільки вони потрібні рослинам у невеликій кількості. Рослини також поглинають елементи, які не мають відомих біологічних функцій і навіть відомі як токсичні в низьких концентраціях. Серед них важкі метали: миш'як, кадмій, хром, ртуть і свинець. Однак навіть мікроелементи стають токсичними для рослин, якщо вони поглинаються вище порогових значень. Оскільки рослини є основою харчового ланцюга, виникає занепокоєння щодо можливості транспортування токсичних концентрацій важких

металів від рослин до вищих рівнів харчового ланцюга, та, в результаті чого, загрози – небезпечного впливу на людину [2].

Біокумуляція — це накопичення забруднюючих речовин організмами з харчових джерел (трофічний перенос) та абіотичного середовища (повітря, вода, ґрунт). Біокумуляція відбувається, коли кількість поглинання забруднювача перевищує швидкість його видалення. В результаті забруднююча речовина потрапляє всередину організму і накопичується. Біокумуляцію рослинами можна використовувати для фітореMediaції ділянок, забруднених важкими металами [4].

Метали надходять у клітини рослини тими ж шляхами, що й поживні речовини. Біодоступність важких металів залежить від ґрунтових умови, виду рослини, типу металу та ряду інших екологічних факторів. Усі вищезазначені фактори разом визначають, яку кількість важких металів будуть поглинати рослинами з ґрунтового середовища [3].

Під час біокумуляції іони металів поглинаються всією клітиною. Процес біокумуляція відбувається у два етапи: адсорбція іонів металу на поверхні клітини, відома як метод біосорбції, та активний транспорт металів у клітинах. Кількість біомаси рослини збільшується, якщо на другому етапі підтримуються оптимальні умови для росту, що дозволяє накопичувати більшу кількість іонів металу. Рослини поглинають та накопичують важкі метали з навколишнього середовища через кореневу систему. З часом ці речовини транспортуються до надземних частин рослини, таких як листя та пагони. Процес поглинання шкідливих речовин корінням із подальшим перенесенням і накопиченням у пагонах і листі відомий як фітоабсорбція або фітоаккумуляція. Надземні частини рослин можна збирати та спалювати для отримання енергії, а важкі метали вилучати із золи для подальшої утилізації. Цей підхід широко використовується для фітореMediaції та видалення таких металів, як свинець, цинк, мідь, нікель і кадмій, за допомогою такої рослини як соняшник (*Helianthus annuus*) [4].

Рослини, які використовуються для фітореMediaції, повинні, як правило, мати такі характеристики: стійкість до високих концентрацій металів, швидкий ріст, високий приріст біомаси, розгалужену кореневу систему, високе накопичення металу в надземних тканинах, високу стійкість до шкідників та хвороб і бути непривабливими для травоядних тварин (щоб запобігти потраплянню важких металів у харчові ланцюги) [4].

ФітореMediaція поступово стає популярним підходом для відновлення забруднених важкими металами ґрунтів, оскільки вона є набагато більш екологічною, безпечною та економічно ефективною ніж традиційні фізичні та хімічні методи реMediaції, які, як правило, дуже дорогі та неефективні, коли концентрації важких металів у ґрунті низькі [4].

Список використаних джерел

1. Stankovic S., Stankovic A.R. Bioindicators of Toxic Metals. *Environmental Chemistry for a Sustainable World*. Dordrecht, 2013. P. 151–228. URL: https://doi.org/10.1007/978-94-007-6836-9_5
2. The biochemistry of environmental heavy metal uptake by plants: Implications for the food chain / J.R. Peralta-Videa et al. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*. 2009. Vol. 41, no. 8-9. P. 1665–1677. URL: <https://doi.org/10.1016/j.biocel.2009.03.005>
3. Pachura P., Ociepa-Kubicka A., Skowron-Grabowska B. Assessment of the availability of heavy metals to plants based on the translocation index and the bioaccumulation factor. *Desalination and Water Treatment*. 2015. Vol. 57, no. 3. P. 1469–1477. URL: <https://doi.org/10.1080/19443994.2015.1017330>
4. Bioaccumulation for heavy metal removal: a review / N. D. Nnaji et al. *SN Applied Sciences*. 2023. Vol. 5, no. 5. URL: <https://doi.org/10.1007/s42452-023-05351-6>

УДК 502.175(477-175.3):338.48

ВПЛИВ ТУРИСТИЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА ГЕОЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ТЕРИТОРІЇ ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА ГОРГАНИ

Мицик В.В., студентка 4 курсу, факультету захисту рослин, біотехнології та екології

Сербенюк Г.А., кандидат с.-г. наук, доцент кафедри екології агроферми та екологічного контролю

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Природний заповідник «Горгани» розташований на території Надвірнянського району Івано-Франківської області. Площа заповідника становить 5344 га. Заснований природний заповідник «Горгани» у 1996 році з метою збереження реліктової кедрової сосни європейської (*Pinus cembra* L.). З 13 липня 2017 року ділянка заповідника «Горгани» площею 753,48 га входить у світову спадщину ЮНЕСКО як один з масивів букових пралісів Карпат та інших регіонів Європи [1].

Згідно фізико-географічного і геоморфологічного районувань територія природного заповідника «Горгани» відноситься до Зовнішньокарпатської фізико-географічної і геоморфологічної областей, а згідно геоботанічного районування України – в область Європейських широколистяних лісів, Центральноевропейську провінцію, Східнокарпатську гірську підпровінцію, Гірськокарпатський округ смерекових лісів, Горганський район смерекових лісів у поєднанні з кам'яними розсіпами і заростями гірської сосни, Горганський підрайон ялицево-буково-смерекових лісів і Вододільно-