

НУБІП України

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

06.04 – МКР.91«С»2023.01.23.14 ПЗ

БАЛИШЕВ ДАНИЛО ОЛЕКСІЙОВИЧ

2023

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

НУБІП України

Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології

УДК 502:631.427

ПОГОДЖЕНО

Декан факультету

захисту рослин, біотехнологій та екології

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

Загальної екології, радіобіології та  
безпеки життєдіяльності

\_\_\_\_\_ Коломієць Ю.В.

\_\_\_\_\_ Клепко А.В.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему «Вплив воєнних дій на екологічний стан ґрунту»

Спеціальність \_\_\_\_\_

101 «Екологія»

(код і назва)

Освітня програма «Екологія та охорона навколишнього середовища»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

НУБІП України

Керівник магістерської роботи

к. с.-г. наук

(науковий ступінь та вчене звання)

\_\_\_\_\_ Сальнікова А.В.

(підпис)

(ПІБ)

Виконав \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Балишев Д.О.

(підпис)

(ПІБ студента)

НУБІП України

НУБІП України

КИЇВ-2023

Національний університет біоресурсів  
і природокористування України

Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології  
Кафедра загальної екології, радіобіології та безпеки  
життєдіяльності

Освітній ступінь «Магістр»  
Спеціальність 101 «Екологія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри загальної екології,  
радіобіології та безпеки життєдіяльності

Клепко А.В.

“ ” 2023 р.

НАУБІП України

ЗАВДАННЯ  
НА ВИПУСКНУ

МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Балишева Данила Олексійовича

(прізвище, ім'я по батькові)

1. Тема роботи «Вплив воєнних дій на екологічний стан ґрунту»  
керівник роботи к.с.-г.н., Сальнікова Анна Валеріївна,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

2. Строк подання студентом роботи 30 жовтня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи вибір ділянки ґрунту у Харківській області, що зазнала впливу воєнних дій для визначення їх впливу на екологічний стан ґрунту за вмістом забруднюючих речовин, агрохімічні показники та мікробіологічну активність ґрунту. Методики проведення лабораторних досліджень агрохімічних показників та вмісту важких металів у чорноземі опідзоленому, визначення нітрифікаційної здатності та інгібіторної дії на мінералізацію нітрогену.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): За допомогою довідкової літератури проаналізовано вплив воєнних дій на навколишнє природне середовище та ґрунт в тому числі. Оцінено світовий досвід проведення рекультивациі сільськогосподарських земель пошкоджених активними бойовими діями. Здійснено ряд лабораторних досліджень, які встановлюють негативний вплив воєнних дій на екологічний стан ґрунту, зокрема, агрохімічні показники, нітрифікаційну здатність ґрунту та інгібіторну дію та N-мінералізацію ґрунту.

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	завдання видав	завдання прийняв
1	Сальнікова А.В.			

2 Сальнікова А.В.  
3 Сальнікова А.В.  
4 Сальнікова А.В.

# КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної бакалаврської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз впливу воєнних дій на довкілля та екологічний стан ґрунтів	Вересень- Жовтень 2022	
2	Визначення впливу забруднення ґрунтів внаслідок бойових дій на виробництво сільськогосподарської продукції	Жовтень - Листопад 2022	
3	Визначення світового досвіду проведення рекультивациі земель забруднених внаслідок воєнних дій	Листопад-Грудень 2022	
4	Методи та методика досліджень, характеристика обраних біопрепаратів	Грудень 2022- Січень 2023	
5	Аналіз впливу бойових дій на агрохімічні показники чорнозему опідзоленого	Лютий - Вересень 2023	
4	Дослідження впливу воєнних дій на вміст важких металів у чорноземі опідзоленому	Лютий - Вересень 2023	
5	Дослідження впливу біопрепаратів мікробного походження на агрохімічні показники чорнозему опідзоленого	Лютий - Вересень 2023	
6	Оцінка впливу воєнних дій на нітрифікаційну здатність ґрунту (на прикладі чорнозему опідзоленого)	Вересень - Жовтень 2023	
7	Оцінка впливу воєнних дій на інгібіторну дію та N-мінералізацію ґрунту (на прикладі чорнозему опідзоленого)	Вересень - Жовтень 2023	

Студент

Балишев Д.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

Сальнікова А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

НУБІП України

## РЕФЕРАТ

# НУБІП України

Робота викладена на 44 сторінках машинописного тексту, містить 3 таблиці, 2 рисунки. Список використаних джерел нараховує 54 літературних посилання, із них 13 джерел іноземною мовою.

# НУБІП України

За даними Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів понад 17 млн га ґрунтів опинилися під впливом бойових дій внаслідок воєнної агресії РФ проти України, що негативно впливає на екологічну та продовольчу безпеку

# НУБІП України

України. Всі ці ґрунти опинилися у зоні ризику засмічення, забруднення або погіршення їх агрофізичних та агрохімічних показників, що негативно впливає на екологічний стан ґрунту. Найбільш вразливими до забруднення є землі сільськогосподарського призначення, від стану яких залежить якість та безпечність вирощуваної продукції.

# НУБІП України

Актуальним є визначення впливу бойових дій на стан ґрунтового покриву на звільнених територіях задля визначення їх рівня забруднення та розробки природоохоронних заходів з відновлення та рекультивациі.

# НУБІП України

Мета роботи – оцінити вплив воєнних дій на звільнених територіях на агрохімічні показники та мікробіологічну активність ґрунту (на прикладі чорнозему опідзоленого).

Об'єкт дослідження – ґрунти на звільнених від воєнних дій територіях та їх екологічний стан.

# НУБІП України

Предмет дослідження – вивчення впливу воєнних дій на екологічний стан ґрунту, зокрема, його агрохімічні показники, вміст важких металів та процеси пов'язані із мікробіологічною активністю ґрунту (на прикладі чорнозему опідзоленого).

Завдання:

# НУБІП України

1. Провести аналіз можливого впливу воєнних дій на довкілля та ґрунти
2. Дослідити вплив воєнних дій на агрохімічні показники та вміст забруднюючих речовин чорнозему опідзоленого.
3. Визначити вплив воєнних дій на нітрифікаційну здатність ґрунту

4. Встановити вплив воєнних дій на інгібіторну дію та N-мінералізацію ґрунту

У процесі роботи було використано: 1) Лабораторний метод – для оцінки впливу воєнних дій на агрохімічні показники ґрунту та вміст забруднюючих речовин, на нітрифікаційну здатність ґрунту, інгібіторну дію та мінералізацію нітрогену у ґрунті. 2) Статистичні методи – використовувались з метою визначення достовірності отриманих результатів аналізів; 3) Загальнонаукові методи – аналіз, синтез, узагальнення та конкретизація, для визначення впливу воєнних дій на сільськогосподарські землі.

У роботі розглянуто вплив воєнних дій на агрохімічні показники, вміст забруднюючих речовин чорноземі опідзоленого та процеси мікробіологічної активності ґрунту, а саме нітрифікаційну здатність та мінералізацію азоту.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: воєнний вплив, екологічний стан ґрунту, агрохімічні показники, нітрифікаційна здатність, інгібіторна дія, N-мінералізація ґрунту.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	5
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	9
1.1. Воєнні дії та їх вплив на довкілля	9
1.2. Вплив воєнних дій на екологічний стан ґрунтів	13
1.3. Вплив забруднення ґрунтів на виробництво сільськогосподарської продукції	15
1.4. Методи проведення рекультивативних робіт на сільськогосподарських землях пошкоджених воєнними діями	18
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	23
2.1. Методи і методики дослідження	23
2.2. Фізико-географічні, кліматичні, едафічні та гідрологічні умови місця проведення дослідження ґрунту пошкодженого внаслідок бойових дій	25
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВОЄННИХ ДІЙ НА АГРОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ҐРУНТУ ТА ВМІСТ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН	26
3.1. Дослідження впливу воєнних дій на агрохімічні показники чорнозему опідзоленого	27
3.2. Дослідження впливу воєнних дій на вміст мікроелементів та важких металів у чорноземі опідзоленому	26
РОЗДІЛ 4. АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВОЄННИХ ДІЙ НА ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ҐРУНТУ	36
4.1. Оцінка впливу воєнних дій на нітрифікаційну здатність ґрунту	38
4.2. Оцінка впливу воєнних дій на інгібіторну дію та N-мінералізацію ґрунту	40
ВИСНОВКИ	43
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	45

НУБІП України

НУБІП України

# НУБІП України

## ВСТУП

У сучасних умовах активних бойових дій на території України гостро постає необхідність дослідження їх впливу на навколишнє природне середовище та агрокосистеми.

# НУБІП України

Оскільки саме стан ґрунтового покриву визначає якість та безпечність сільськогосподарської продукції, необхідне встановлення рівня забруднення територій для розробки природоохоронних заходів щодо відновлення ґрунтів.

# НУБІП України

Негативний вплив воєнних дій проявляється у деградаційних процесах, а саме механічне руйнування генетичних горизонтів, погіршення фізичних, фізико-хімічних властивостей ґрунтів. Особливо негативним є забруднення ґрунту як специфічними токсичними сполуками, так і важкими металами, які концентруються у ґрунті та можуть мігрувати у ґрунтовому профілі та переходити у продукцію вирощену на цій території.

# НУБІП України

Важливо проводити екологічну оцінку ґрунтів, зокрема, агрохімічні показники та вміст забруднюючих речовин, що впливають на фізико-хімічні властивості ґрунтів та направленість та інтенсивність процесів, які в ньому відбуваються. Найбільшої уваги потребує дослідження впливу воєнних дій на мікробіологічну активність ґрунту та процеси мінералізації та гуміфікації, що забезпечують урожайність та якісні показники сільськогосподарської продукції.

# НУБІП України

Водночас, необхідно детально визначити та вивчити стан ґрунтів сільськогосподарських угідь, які зазнали впливу бойових дій у ґрунті. Дослідження в цьому напрямку дозволять встановити межі забруднених територій для виключення з обігу земель рівень забруднення яких становить загрозу переходу у вирощувану продукцію. Збереження здоров'я населення шляхом контролю за показниками якості та безпечності продуктів харчування є пріоритетним завданням держави.

# НУБІП України



## РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

# НУБІП України

### 1.1. Воєнні дії та їх вплив на довкілля

Повномасштабне вторгнення росії до України призвело і продовжує призводити до серйозних втрат для населення та значних збитків інфраструктури населених пунктів, де тривають воєнні дії. Навколишнє природне середовище зазнає величезного негативного впливу внаслідок активних бойових дій [1]. Військовий конфлікт вразив всі складові довкілля, зокрема, флору та фауну, атмосферу, водні ресурси та ґрунт. Наслідки цього впливу будуть відчутні протягом тривалого часу і матимуть вплив як на локальному, так і на глобальному рівні.

Будь-яка військова конфронтація негайно впливає на навколишнє середовище незалежно від місцевості, де вона відбувається. Вплив бойових дій на навколишнє середовище включає забруднення, яке передбачає довготермінові негативні наслідки для населення та природних екосистем.

Війна в Україні призводить не лише до людських втрат, але й до катастрофічних екологічних наслідків, оскільки відбувається руйнування генетичних горизонтів та забруднення великих площ ґрунтів, які є основними джерелами для накопичення різноманітних контамінантів [2]. Основні небезпечні речовини, що спричиняють забруднення ґрунтів, включають сірку та її сполуки, аміак, токсичний та нетоксичний цинк, свинець, залишки пестицидів, тощо.

Для природи фортифікаційних споруд, виконання бойових маневрів та військових навчань, а також використання боєприпасів [2]. У точці вибуху набоїв виникає воронка чи вирва - вирізання в ґрунті чи породі, створене вибухом. У окремих місцях воронки мають таку велику щільність, що їх можна легко розгледіти на знімках, зроблених з космосу [3]. У цих умовах відбувається пошкодження верхнього шару ґрунту та його руйнування через активні бойові дії та розмінування території.

Кожен окремий вибух викликає окрему хімічну реакцію, зокрема, внаслідок вибуху і викиду "траду" у ґрунт скидається понад 0,5 кг сірки [4]. У

випадку контакту сірки з водою, всі живі організми просто згорають від сірчаної кислоти. Крім того, після вибуху в атмосферу потрапляє велика кількість частинок, які забруднюють атмосферне повітря та підлягають транскордонній міграції.

Під час масового застосування артилерії та авіації виникають масштабні лісові пожежі, які сильно ушкоджують рослинний покрив. Це призводить до тяжких наслідків для тварин і комах, які опиняються під впливом руйнівного вогню, і втрачають свої місця проживання разом з рослинами [7]. Щодо птахів, вони також стають жертвами бойових дій та лісових пожеж, що спричиняє скорочення їх популяцій. Наприклад, на Кінбурнській косі, яка є місцем гніздування багатьох видів птахів, з яких 60 внесені до Червоної книги, спостерігається зникнення рідкісних видів рослин, таких як дикі орхідеї.

Також пожежі становлять загрозу довкіллю, оскільки у повітря потрапляє значна кількість шкідливих речовин, що можуть призвести до захворювань населення, а в окремих випадках навіть до смертельних випадків. Зокрема, це дрібнодисперсний пил, діоксид азоту, органічні сполуки, чорний вуглець та токсичний пил. Особливий ризик становлять пожежі, що виникають у будівлях, де для утеплення використовували небезпечний пінополістирол [5].

В результаті російських атак на нафтові та паливно-мастильні бази, згоріло понад 680,6 тисяч тон нафтопродуктів, що призвело до забруднення повітря небезпечними речовинами [1].

В Оперативному штабі відстежуються екологічні збитки завдані воєнними діями фіксуючи статистичні дані щодо приблизних втрат довкілля України, а саме біорізноманіття (флора та фауна), ліси, ґрунти та поверхневі води, тощо. Втрачено або частково пошкоджено приблизно 3 мільйони гектарів лісів, що становить майже третину всього лісового фонду України. За даними вчених для відновлення цих лісів потрібно, як мінімум, 20-30 років [6].

Територіями, які постраждали від активних бойових дій є Київська, Чернігівська, Житомирська, Сумська, Харківська, Луганська та Донецька області, частково Автономна республіка Крим.

За підтримки Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, Міністерства цифрової трансформації України та інших партнерів, Державна екологічна інспекція України впровадила національну онлайн-платформу "ЕкоСистема". У межах цієї платформи було створено окремий офіційний ресурс під назвою "ЕкоЗагроза", який призначений для моніторингу та реєстрації екологічних загроз в реальному часі. Наразі, на цьому ресурсі офіційно зареєстровано 330 випадків екоциду [8].

Також потрібно враховувати ризики використання біологічної зброї, особливо в умовах надзвичайного стану, великої міграції населення та погіршення доступу до медикаментів та основних засобів гігієни, що може сприяти поширенню інфекційних захворювань [9].

У сьогоднішній реальності існує і ядерна загроза. Внаслідок масштабного ядерного удару станеться: інтенсивне запилення атмосфери, що призведе до тривалого встановлення інверсійного розподілу температури [10]. Місцева конвекція при цьому припиниться, і відповідно до цього, північний цикл глобального природного обігу атмосферного повітря зникне, а південний цикл розповсюдиться на всю Землю. Сажева хмара обгорне усю планету, настане повна темрява.

## 1.2 Вплив воєнних дій на екологічний стан ґрунтів

Військові конфлікти в Україні призводять до серйозних екологічних проблем. Прямі удари снарядів, військова техніка і пожежі наносять значну шкоду навколишньому середовищу. Це призводить до забруднення ґрунтів важкими металами та іншими токсичними речовинами, що серйозно погіршує екологічну ситуацію.

Залишки важких металів є однією з найбільш небезпечних наслідків військових дій, і, як правило, вони залишаються в зонах конфлікту найдовше.

Французькі науковці у 2011 році виявили перевищення допустимих концентрацій важких металів на бойових полях Першої світової війни навіть через 90 років після їх забруднення [4]. У 2014 році за підтримки ОБСЄ було

здійснено аналіз стану ґрунтового покриву в зоні конфлікту на сході України та виявили велику концентрацію важких металів у пробах ґрунту (у більшості випадків перевищувала нормативні показники від 1,2 до 12 разів). Незмінне перевищення в 1,1-1,3 рази зафіксоване щодо ртуті, ванадію та кадмію [11, 12].

В місцях вибухів снарядів виявлено найвищий рівень важких металів в різних хімічних формах, включаючи оксиди та різні солі, які можуть бути як розчинними, так і майже нерозчинними у воді (сульфіди, сульфати, арсеніти) [13]. Після потрапляння на поверхню ґрунту, метали можуть акумулюватися або розсіюватися в залежності від характеру геохімічних бар'єрів, притаманних конкретній території [14].

Контамінація важкими металами є довготерміновою проблемою, оскільки вони мають здатність зв'язування у формі різноманітних хімічних з'єднань у ґрунті та можливості міграції по ґрунтовому профілю. Також можуть утворюватися важкорозчинні сполуки з фосфатами і гідроксидами, що сприяє акумуляції цих металів у ґрунтовому розчині. Такий процес викликає підвищення токсичного впливу на ґрунт, впливає на його біологічну активність, та призводить до патологічних змін у біологічних процесах та накопичення шкідливих речовин у сільськогосподарських культурах [15].

Концентрація свинцю у ґрунтовому покриві в районах воєнних дій коливається від 14,17 до 347,43 мг/кг ґрунту, в той час фонові значення у цих районах варіюється від 7,45 до 48,96 мг/кг ґрунту, що у рази менше. Середнє значення концентрації свинцю на забруднених ділянках перевищує фонові показники більше ніж у 5 разів. Найвищі рівні свинцю були виявлені у пробах ґрунту з місць, де було спалено військову техніку. В свою чергу, найнижчі концентрації у межах фонового вмісту свинцю виявлено на ділянках влучання де авіабомб [16].

Негативний вплив воєнних дій на навколишнє середовище та здоров'я людей зумовлений використанням нітроароматичних вибухових речовин, зокрема тротилу (тринітротолуолу), октогену (1,3,5,7-тетранітрос-1,3,5,7-тетраазациклооктану, циклотетраметилен-тетранітраміну, НМХ) і 1,3,5-

тринітропергідро-1,3,5-тріазину (RDX), які чинять токсичний вплив на живі організми [17]. Ці речовини є стійкими до випаровування, гідролізу та біодеградації, що створює м-умова для їх можливого поглинання рослинами або міграції поверхневим стоком у ґрунті та поверхневі води [18].

Більше того, продукти хімічного перетворення вибухових і токсичних речовин, зокрема, нітроароматичних сполук володіють вищим токсичним потенціалом та більшим терміном зберігання у довкіллі. Тротил і його трансформаційні продукти суттєво впливають на ґрунтову фауну, мікробну активність та ґрунтові мікроорганізми в різних концентраціях. Наприклад, летальна концентрація для дощових черв'яків становила від 200 до 400 мг/кг [19]. залежно від виду

Вивітрювання залишених боєприпасів і металевої зброї в основному призводить до вивільнення не лише свинцю в ґрунт, але й інших мікроелементів, таких як сурма, миш'як, кадмій, хром, мідь, ртуть, нікель і цинк [20].

Існує певна закономірність у взаємодії між вмістом і типом ґрунту та вибуховими речовинами, що залежить від їх хімічної природи. Наприклад, розподіл тротилу та його продуктів розпаду, анліну та нітробензолу виявляє специфічну реакційну взаємодію з твердими органічними речовинами, розчиненими органічними компонентами ґрунту та вільними сполуками. Вибухові речовини вважаються високо стабільними сполуками, які можуть взаємодіяти з органічними речовинами ґрунту, утворюючи тим самим стійке забруднення [21].

Використання вогнепальної зброї, включаючи білий фосфор, призводить до широкого спектру негативних наслідків для навколишнього природного середовища. Цей вид озброєння може викликати забруднення ґрунту мікроелементами, вуглеводнями, органічними розчинниками, поверхнево-активними речовинами, синтетичними фенолами, ціанідами, діоксинами, тощо.

Прогнозна оцінка вибухонебезпечних об'єктів в ґрунтах, які постраждали від війни показала, що їх реабілітація може займати від кількох років до століть, залежно від ступеня забруднення ґрунту [22].

Грунт – це зв'язна ланка між атмосферою, гідросферою, літосферою та живим світом, він є середовищем існування для живих організмів. Він виконує ряд важливих функцій, а саме: регуляцію процесів обміну речовинами та енергією серед компонентів біосфери, забезпечення людини необхідними продуктами харчування та інші. Знищення ґрунтового покриву призведе до незворотних змін в навколишньому середовищі нашої країни [23].

Замінування території є величезною проблемою, яка пов'язана із великою кількістю вибухових об'єктів на одиницю площі на значній площі земель різного призначення. Забруднення ґрунтів в Україні внаслідок воєнних дій призводять до вивільнення токсичних речовин, включаючи важкі метали та нітроароматичні сполуки, що володіють високим коефіцієнтом стійкості та здатністю впливати на природні та природно-техногенні екосистеми. Важливо проводити належну оцінку та реабілітацію пошкоджених територій для забезпечення безпеки та здоров'я населення, а також відновлення природних екосистем.

### 1.3. Вплив забруднення ґрунтів на виробництво с/г продукції

В Україні ще до початку повномасштабного вторгнення відзначався високий рівень споживання енергії та високий рівень негативного впливу на сільськогосподарські землі та ґрунтовий покрив. Проблеми, які існували у сільському господарстві, зокрема, хімізація агровиробництва та нерациональне використання земельних ресурсів призводить до деградації біосистем та зниження якості агропродукції.

Одним з основних забрудників ґрунтового покриву в наслідок воєнних дій є важкі метали. Важкі метали є серед найнебезпечніших хімічних забрудників для природного середовища. Це пояснюється з одного боку технологічним прогресом суспільства, а з іншого - фізіолого-біохімічними характеристиками цих елементів. Дія важких металів часто прихована, проте вони передаються через трофічний ланцюг, що може призвести до непередбачуваних проявів токсичності на окремих рівнях цього ланцюга [24].

Метали можуть з'єднуватись із поверхнею колоїдних частинок ґрунту через не випадкове прилягання за допомогою електростатичних сил, або шляхом формування між ними специфічних хімічних зв'язків. Направленість та інтенсивність цих процесів відіграють важливу роль у міграції та переході у рослини важких металів, а саме: міді, свинцю і кадмію [25, 26].

Було проведено велику кількість наукових досліджень, спрямованих на розуміння процесів переходу кадмію і свинцю з ґрунту в рослини [27, 28]. Рослини в основному абсорбують свинець через коріння, проте вони прилипають до поверхні рослин і викликають негативний вплив на місцевому рівні.

При вживанні зеленої маси травоядними тваринами ці сполуки потрапляють в їх організм. У відміну від свинцю, кадмій абсорбується рослинами як через кореневу систему, так і шляхом адсорбції поверхнею вегетативної частини.

Мікроелементи виносяться з агроecosystem внаслідок збору врожаю, поверхневого стоку та вимивання. Одним із методів зниження концентрацій мікроелементів є культивування рослин з підвищеною потребою в них, яка може стати альтернативою хімічним методам очищення від токсичних концентрацій.

Ефективність поглиблення окремих важких металів у тканини рослин суттєво варіюється в залежності від їх конкретного типу, фізико-хімічних властивостей, тощо [29]. Рослини, які мають здатність накопичувати важкі метали в значних кількостях, можуть використовуватися для природного біологічного очищення ґрунту [30].

Важкі метали можуть також потрапляти в рослини потрапляючи на листки у вигляді аерозолів, бо вони володіють здатністю поглинати речовини із атмосфери через пори та інші анатомічні особливості. Чим більша листова поверхня, тим ефективніше вони абсорбують метали з забрудненої атмосфери [31], особливо виражене це явище у місцях активних бойових дій.

Багато дослідників активно працюють над дослідженням процесів, які дозволяють рослинам абсорбувати важкі метали з ґрунту та розробки ефективних методів їх відновлення та очистки. Ця тема набуває особливого

значення для України, оскільки велика частина сільськогосподарських земель знаходиться в зоні активних бойових дій.

Іншим видом забруднення, яке досить поширене під час військових конфліктів це забруднення ґрунту нафтою та нафтопродуктами, яке призводить до суттєвих змін у фізико-хімічних властивостях ґрунтів. Зокрема, руйнування структури ґрунту та розподіл твердих часток, що призводить до зниження водопроникності, порушення фільтраційних властивостей ґрунту та зміни основних фізико-хімічних властивостей ґрунту [32].

Нафтопродукти впливають на рослини через безпосередній токсичний вплив та створюючи незворотні зміни у ґрунтовому середовищі. Після потрапляння нафтопродуктів до рослинних організмів вони створюють загально токсичний вплив. Вони проявляються у швидкому пошкодженні, руйнуванні та відмиранні активно функціонуючих тканин рослин, що опинилися під впливом цих речовин. Крім того, нафтопродукти негативно впливають на ріст, розвиток та метаболізм рослин пригнічуючи його. Рослини, що зазнали забруднення нафтопродуктами, рідко формують належне насіння [33].

Азот є одним із ключових елементів живлення рослин, бо він потрібний у великих кількостях у ґрунті щоб забезпечити нормальний ріст та розвиток рослин. Внаслідок забруднення ґрунту нафтопродуктами, виникає зміна азотного режиму ґрунту, що виявляється у коливанні кількості загального азоту в верхньому шарі ґрунту, що негативно впливає на мінеральне живлення рослин [32].

Забруднені ґрунти негативно впливають на сільськогосподарське виробництво: зменшують урожайність, погіршують якість продукції та загрожують здоров'ю споживачів. Це впливає також на продовольчу та екологічну безпеку країни через зменшення придатних для сільського господарства земель.

Важливо вживати заходи для контролю якості ґрунтів у зонах звільнених від воєнних дій та після розмінування територій, а також розробляти нові ефективні методи очищення та рекультивациі ґрунтів після воєнних дій.



#### 1.4. Методи проведення рекультивациі сільськогосподарських земель пошкоджених воєнними діями

Військові дії в Україні призводять до забруднення території вибуховими об'єктами та різноманітними хімічними речовинами, які негативно впливають на їх екологічний стан. Задля вирішення проблеми необхідно встановити межі забруднених ділянок та рівень їх забруднення важкими металами та іншими специфічними речовинами. Після цього потрібно розробити шляхи відновлення та рекультивациі постраждалих внаслідок воєнних дій земель, в першу чергу сільськогосподарського призначення.

Рекультивациа земель — це процес перетворення забруднених земель у придатні для використання у сільському господарстві шляхом нормалізації ґрунтових умов та зменшення хімічного впливу на рослини [34]. Вибір методу відновлення ґрунту в першу чергу залежить від характеру та рівня його забруднення, призначення відновлюваної ділянки, а також наявності результативних та економічно вигідних технологій.

Франція стала місцем наймасштабнішого забруднення ґрунту внаслідок воєнних дій, після Першої світової війни значну її територію оголосили непридатною для використання через високий рівень забруднення ґрунту важкими металами та хімічними сполуками ("Зона Руж"). Цю територію використовують як полігон для наукових досліджень та випробування новітніх методів рекультивациі ґрунтів, а також моніторингу сукцесійних процесів на ділянках знищених активними воєнними діями.

Спираючись на досвід світової спільноти було виділено структуру заходів для відновлення ділянок, що постраждали від фізичного перетворення внаслідок викопування окопів, бліндажів тощо:

1. Розмінування
2. Фіксування територій за допомогою супутникового/БПЛА/наземного моніторингу з врахуванням географічних координат.
3. Видалення з вказаних місць об'єктів, які не є природніми компонентами ґрунту, таких як дерев'яні, металеві та інші матеріали.

4. **Закопування.** Важливо враховувати, що при проведенні закопування необхідно дотримуватися правильного порядку розташування ґрунтових шарів, щоб вони були подібні до непошкоджених участків.

Особливу увагу слід приділити верхньому шару (20-30 см), оскільки він є найбільш родючим. Неправильне заповнення в хаотичному порядку може призвести до низької продуктивності для сільськогосподарських культур [35].

В результаті обстрілів та виникнення пожеж на сільськогосподарських полях особливо, коли полум'я поширюється на військову техніку, відбувається вигорання верхнього шару ґрунту. Саме цей шар містить основну кількість органічних, мінеральних речовин та мікроорганізмів, які втрачаються та знищуються. Наприклад, втрати азоту від згоряння соломи на 1 гектарі поля зернових можуть сягати 20 кілограмів, а втрати вуглецю - до 3000 кілограмів на гектар.

Рекультивация уражених пожежею ділянок передбачає такі операції:

1. Механічне очищення пошкодженої ділянки
2. Відновлення ґрунту шляхом внесення органічних та мінеральних добрив, а також видалення чи нейтралізацію токсичних забруднюючих

3. Посів трав (сидератів) та дерев (посадження саджанців) [36].

Внаслідок вибухів та руху важкої військової техніки на полях окремі ділянки можуть переущільнюватись у верхніх горизонтах ґрунту. Проблему ущільнення можна вирішити проведенням глибокого обробітку, глибина якого визначається на основі вимірів щільності та/або твердості. Плужна оранка, глибоке меліоративне розпушування, щільовання - це агротехнічні заходи, спрямовані на збільшення товщини кореневмісного шару та поліпшення агрофізичних властивостей ґрунту. Ці заходи опосередковано можуть сприяти росту культур в умовах підвищеної концентрації забруднюючих речовин [37].

Переущільнення ґрунту призводить до ушкодження гумусового шару, що впливає на водний баланс ґрунту та сприяє розвитку ерозії, будь то вітрової чи водної.

Зменшення щільності, натомість, призводить до розрідження водонасичених дисперсних ґрунтів, їх перехід у рідкий стан через руйнування структурних зв'язків під дією динамічного навантаження [39].

Також цікавою з точки зору відновлення ґрунтів після воєнних дій є фітореMediaція, яка полягає в накопиченні контамінантів у біомасі рослин, що вирощуються на забруднених ділянках. Вважається перспективним та сучасним методом відновлення деградованих ґрунтів, забруднених хімічними речовинами, особливо в промислово розвинених країнах [38].

Руйнування структури ґрунту стає результатом переміщення одного шару частинок відносно іншого під впливом воєнно-технічного навантаження. Це призводить до втрати щільності зв'язку між частинками ґрунту, що в свою чергу призводить до повного розрідження або руйнування його структури. Утворення більш щільної структури частинок ґрунту спричинюється зануренням ґрунтових агрегатів у більш густі верхні шари розрідженої субстанції [40]. На ґрунтах де змінився гранулометричний склад рослини гірше адаптуються до змін клімату, суховію та дефіциту вологи [41].

Внаслідок пошкодження поверхні ґрунту виникають великі області дефляції та вторинного пилового підйому, які поширюються на великі простори. [42].

Для відновлення земель, що постраждали від вибухів під час бойових дій в Україні, рекомендується застосовувати грубу рекультивацию, проте перед цим необхідно провести очищення території. Груба рекультивация починається з вирівнювання місцевості за допомогою потужної техніки, такої як бульдозери, екскаватори та транспортно-копачі машини. Цей метод дозволяє відновити цілісність та відновити пошкоджену ділянку землі [43].

Методи фізико-хімічного відновлення ґрунту базуються на детоксикації важких металів, зменшенні їх рухомості та доступності для рослин або вимиванні у глибші шари. Ці методи включають в себе використання природних та штучних сорбентів, таких як базальтовий туф, магнетит і цеоліти; застосування хімічної меліорації, такої як вапнування та гіпсування, внесення

органічних та мінеральних добрив; а також дренажу ґрунту. Однак слід зауважити, що екстракція може бути ефективним, але трудомістким та витратним методом очищення ґрунту [44, 45].

Методи біологічного відновлення ґрунту базуються на сприянні природним процесам самоочищення шляхом введення спеціальних біологічних засобів, культивуванні рослин або культур, які мають високий ступінь толерантності до важких металів та активно накопичують їх у вегетативній масі для подальшого видалення з ділянки [46]. До них належать:

1. Використання біологічних препаратів та мікроорганізмів. (бактерії, гриби);
2. диспергування – використання поверхнево-активних речовин;
3. біоремедіація (черви, комахи);
4. фіторемедіація [38].

Висновок до розділу 1:

Огляд літератури підтверджує, що військові дії мають серйозний вплив на екологічний стан ґрунтів. Вони можуть спричинити забруднення важкими металами, хімічними речовинами та іншими токсичними сполуками. В результаті цього порушуються природні процеси в ґрунті, що може призвести до втрати родючості та впливу на рослинний світ.

Загалом, військові конфлікти можуть мати довгострокові наслідки для екологічного стану ґрунтів та природних екосистем в цілому. Ефективна реабілітація та відновлення пошкоджених ділянок є критично важливими завданнями для відновлення екологічної рівноваги після війни.

## РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1. МЕТОДИ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Відбір проб ґрунту відбувався згідно загальноприйнятих методик із використанням ДСТУ 4287:2004 Якість ґрунту Відбирання проб [47] та ДСТУ ISO 10381-2:2004 Якість ґрунту. Відбирання проб Частина 2. Настанови з методів відбирання проб (ISO 10381-2:2003 (DT)). Відбір проводився вкінці вегетаційного періоду методом конверту із застосуванням буру на глибині 0-40 см.

Для проведення комплексного агрохімічного обстеження було проведено дослідження ґрунту у Харківській області (місто Барвінкове Ізюмський район), проводились на полях які були звільнені від військових дій. Для лабораторних досліджень було використано чорнозем опідзолений, що відібрано у межах дослідних ділянок (рис. 2.1.).



Рис. 2.1. Кратосхема дослідних ділянок поблизу місто Барвінкове Ізюмський район Харківської області

Аналіз агрохімічних показників чорнозему типового середньо суглинкового проводився із визначення вмісту у ньому азоту амонійного та нітратного (ДСТУ 4729:2007), органічна речовина (гумус) за ДСТУ 4289:2004. Рухомі сполуки фосфору визначались за ДСТУ-ISO 11263:2015, рухомі форми сірки (ДСТУ 8347:2015) та обмінний калій (ДСТУ 7861:2015).

Вміст рухомих форм заліза, марганцю, бору, цинку, міді, молібдену та кобальту визначався за допомогою мас-спектрометрії з індуктивно-зв'язаною плазмою - ІЗП-МС (ГОСТ 30538-97. Продукти харчові. Методика визначення токсичних елементів атомно-емісійним методом).

Визначення нітрифікаційної здатності проводилась за методом Кравкова, що передбачає біохімічний метод визначення нітрифікаційної здатності ґрунту. Дослідження проводиться із визначення вмісту оксиду азоту за допомогою лабораторного нітратоміра Н-405.

Визначення інгібіторної дії на мінералізацію ґрунту (чорнозему типового середньо суглинкового) проводився за ДСТУ ISO 14238:2003 [48].

Фітоксичність ґрунту визначали за ДСТУ ISO 17126:200 «Якість ґрунту. Визначення впливу забрудників на флору ґрунту. Спостережний дослід на проростання насіння салату (*Lactuca sativa* L.)» [49].

Достовірність результатів дослідження проводили за допомогою математичної статистичної обробки із застосуванням Microsoft Office Excel 2010.

## 2.2. Фізико-географічні, кліматичні, едафічні та гідрологічні умови місця проведення дослідження ґрунту пошкодженого внаслідок бойових дій

Харківська область розташована на північному сході України та входить до складу двох природних зон Лісостепу і Степу. На півночі Харківщина межує з Белгородською областю Росії, на сході – з Луганською областю, на південному сході – з Донецькою областю, на півдні – з Дніпропетровською, на заході – з Полтавською та Сумською областями України.

Харківська область розташована в південно-західній частині східно-європейської тектонічної платформи, у межах великого тектонічного прогину – Дніпровсько-Донецької западини. В середньому рельєф області – хвиляста рівнина з нахилом на південь.

Площа Харківської області складає 31,4 тис. км<sup>2</sup>, що становить 5,2% території України, відстань із сходу на захід – 225 км, з півночі на південь – 200 км. Рельєф Харківщини – хвиляста рівнина, яка розмежована річковими долинами, ярами та балками. В області є басейни Дону та Дніпра, проте, основною річкою є Сіверський Донець (загальна її довжина 1 053 км) [50].

Клімат Харківської області є помірним, що характеризується середніми температурами влітку + 21<sup>0</sup>С, а зимою – 7<sup>0</sup>С. Середньорічна кількість опадів в області 540 мм [51], що достатньо для вирощування сільськогосподарських культур.

Едафічні умови досліджуваної області створюють умови для інтенсивного розвитку сільськогосподарського виробництва, зокрема, вирощування основних культур. У ґрунти Харківської області представлені чорноземами типовими (39,44%), чорноземами звичайними глибокими (34,56%), чорноземами звичайними (11,68%), чорноземами опідзоленими (3,37%), сірими лісовими (1,44%) та лучно-чорноземними.

Гідрологічні умови Харківської області формуються мережею річкових систем Дону, Дніпра та їх приток. Найбільші річки: Сіверський Донець (довжина 380 км в межах області), Орель (довжина 200 км) в межах області, Оскіл (довжина 177 км в межах області). Важливими для гідрологічного режиму області є озера, такі як Лиман, Борове й Біле. Крім природних озер, на території області налічується 1910 ставків загальною площею більше 6 тис. га. Також у Харківській області функціонують більше 50 водосховищ з сумарним об'ємом 1526 млн. м<sup>3</sup> (Краснооскільське, Печенізьке, Краснопавлівське, тощо).

Широко розвинена на території області мережа балок, терас та річкових долин. У області активно розвивається мережа ярів, що поширені саме у місцях виходу лесовидних суглинків, що легко піддаються ерозійним процесам.

У Харківській області ліси займають 318 тисяч гектарів з переважаючими породами дерев - дуб черешчатий і сосна звичайна з домішками липи, клена, ясеня.

Біорізноманіття Харківської області представлене характерними для Лісостепу України видами рослин і тварин. Природно-заповідний фонд області включає понад 240 об'єктів загальною площею 72,9 тис га.

Отже, природні умови Харківської області сприятливі для сільськогосподарського виробництва, рекреації та промислового виробництва, оскільки область володіє значними покладами різноманітних корисних копалин.

Воєнні дії на території області перетворюють природні ландшафти, впливають на рельєф та природні ресурси області.

Висновок до розділу 2:

Для дослідження впливу воєнних дій на екологічний стан ґрунту було використано сучасні методи лабораторних досліджень агрохімічних показників та вмісту важких металів. Методи біотестування були використані для дослідження впливу воєнних дій на процеси пов'язані із мікробіологічною активністю ґрунту, зокрема, нітрифікаційну здатність та інгібіторна дія на N-мінералізацію (на прикладі чорнозему опідзоленого).

Умови розташування Харківської області є сприятливими для ведення сільськогосподарського виробництва, що проявляється у кліматичних, едафічних та гідрологічних умовах



## РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВОЄННИХ ДІЙ НА АГРОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ҐРУНТУ ТА ВМІСТ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН

### 3.1. Дослідження впливу воєнних дій на агрохімічні показники

#### чорнозему опідзоленого

Для повернення до сільськогосподарського використання ґрунтів територій, які постраждали від воєнних дій, необхідне детальне обстеження цих територій на зміни їх агрофізичних та агрохімічних показників.

Агрохімічні показники є надзвичайно важливими, бо характеризують стан ґрунту та впливають на відтворення родючості, перетворення речовин у ґрунтовому профілі та рівень урожайності сільськогосподарських культур.

До основних агрохімічних показників ґрунту, що зафіксовані під час паспортизації полів відносяться гідролітична кислотність; обмінна кислотність (рН сольове); сума ввібраних основ; вміст гумусу; доступні форми азоту; рухомі форми фосфору; обмінні форми калію; вміст рухомих форм мікроелементів (бор, марганець, кобальт, купрум, цинк) тощо.

У випадку дослідження ґрунтів сільськогосподарських земель, які постраждали від воєнних дій було обрано визначення основних агрохімічних показників, зокрема, азот амонійний та нітратний, вміст органічної речовини (гумусу), рН сольової витяжки, рухомі форми азоту, фосфору, калію, сірки та заліза. Оцінка агрохімічних показників проводилась за ДСТУ 4362:2004 Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів.

Аналіз основних агрохімічних показників чорнозему опідзоленого на ділянках звільнених від воєнних дій Харківської області Ізюмського району на 3 дослідних ділянках представлено у табл. 3.1. Ділянки є однотипними та характеризуються однаковим типом ґрунту – чорноземом опідзоленим, що дозволяє проводити порівняння вмісту тих чи інших речовин у них.

У всіх 3 дослідних ділянках за показниками вмісту рухомих форм азоту, фосфору спостерігається нестача цих макроелементів, що негативно буде впливати на якість вирешуваної сільськогосподарської продукції.

Таблиця 3.1.

Основні агрохімічні показники чорнозему опідзоленого на ділянках звільнених від воєнних дій (Харківська область, Ізюмський район)

№ з/п	Назва показника	Одиниці виміру	Значення	Похибка
1	2	3	4	5
Ділянка №1				
1.	Азот амонійний	мг/кг	5,7	±1,9
2.	Азот нітратний	мг/кг	15,2	±3,2
3.	Органічна речовина (гумус)	%	4,5	±0,3
4.	рН сольової витяжки	-	6,9	±0,1
5.	Рухомі форми сірки	мг/кг	4,3	±1,1
6.	Рухомі форми фосфору	мг/кг	12,9	±2,8
7.	Обмінний калій	мг/кг	328	±44
8.	Рухоме залізо	мг/кг	1,1	±0,4
Ділянка №2				
1.	Азот амонійний	мг/кг	6,1	±2,1
2.	Азот нітратний	мг/кг	9,0	±2,1
3.	Органічна речовина (гумус)	%	5,5	±0,4
4.	рН сольової витяжки	-	7,0	±0,1
5.	Рухомі форми сірки	мг/кг	4,4	±1,1
6.	Рухомі форми фосфору	мг/кг	14,5	±3,1
7.	Обмінний калій	мг/кг	325	±4
8.	Рухоме залізо	мг/кг	2,2	±0,6

Продовження таблиці 3.1.

1	2	3	4	5
Ділянка №3				
1.	Азот амонійний	мг/кг	5,2	±1,8
2.	Азот нітратний	мг/кг	9,0	±2,1
3.	Органічна речовина (гумус)	%	5,7	±0,4
4.	pH сольової витяжки	-	7,0	±0,1
5.	Рухомі форми сірки	мг/кг	1,5	±1,1
6.	Рухомі форми фосфору	мг/кг	10,3	±3,1
7.	Обмінний калій	мг/кг	303	±4
8.	Рухоме залізо	мг/кг	0,94	±0,6

Аналіз агрохімічних показників у ґрунтах дослідних ділянок у Харківській області Ізюмського району показав, що восні дії не вплинули на показники рН ґрунту – всі 3 дослідні ділянки є нейтральними (7,0 і 6,9).

Вміст рухомих форм калію у ґрунтах дослідних ділянок дуже високий і коливається у межах 303-328 мг/кг, надлишок калію у ґрунті негативно впливає на ріст і розвиток сільськогосподарських культур.

В свою чергу, зафіксовано нестачу рухомих форм заліза на дослідній ділянці 1 і 3 (0,94-1,1 мг/кг), тоді як на ділянці №3 зафіксовано середній вміст заліза – 2,2 мг/кг.

Вміст гумусу усіх на дослідних ділянок високий коливається від 4,5 до 5,5%, що має позитивний вплив на формування високого рівня врожаю сільськогосподарських культур.

З метою гарантування отримання сільськогосподарської продукції відповідної якості та відповідності вимогам безпечності потрібно контролювати агрохімічні показники у ґрунтах сільськогосподарських угідь, які постраждали

від воєнних дій. Зокрема, рН ґрунту, вміст гумусу, вміст рухомих форм основних макроелементів (азоту, фосфору та калію) та (мікроелементів сірки та заліза).

### 3.2. Дослідження впливу воєнних дій на вміст мікроелементів та важких металів у чорноземі опідзоленому

Як зазначалося у огляді літератури одним із основних негативних наслідків впливу на ґрунт воєнних дій є забруднення ґрунту важкими металами та специфічними забруднювачами – похідними від вибухових речовин. Важливим є аналіз земель звільнених від воєнних дій шляхом лабораторних досліджень якості ґрунтового покриву за агрохімічними показниками та вмістом забруднюючих речовин.

Для дослідження ґрунтів дослідних ділянок у Харківській області Ізюмського району поблизу міста Барвінкове було використано сучасні методи атомно-адсорбційної спектрометрії. Було визначено вміст рухомих форм основних мікроелементів – марганцю, бору, цинку, міді та кобальту, а також важких металів – молібдену та свинцю (таблиця 3.2.).

Таблиця 3.2.

Вміст мікроелементів та важких металів у чорноземі опідзоленому на дослідних ділянках розташованих на звільнених від воєнних дій територіях (Харківська область, Ізюмський район)

№ з/п	Назва показника	Одиниці виміру	Значення	Похибка
1	2	3	4	5
Ділянка №1				
1.	Рухомі форми Марганцю	мг/кг	7,4	±0,9
2.	Рухомі форми Бору	мг/кг	1,4	±0,2
3.	Рухомі форми Цинку	мг/кг	0,26	±0,08
4.	Рухомі форми Міді	мг/кг	менше 0,01	±0,002

Продовження таблиці 3.2.

1	2	3	4	5
5.	Рухомі сполуки Молібдену	мг/кг	менше 0,09	±0,01
6.	Рухомі сполуки Кобальту	мг/кг	менше 0,02	±0,004
7.	Рухомі форми Свинцю	мг/кг	3,4	±0,7
Ділянка №2				
1.	Рухомі форми Марганцю	мг/кг	10,5	±1,8
2.	Рухомі форми Бору	мг/кг	1,76	±0,4
3.	Рухомі форми Цинку	мг/кг	0,14	±0,04
4.	Рухомі форми Міді	мг/кг	менше 0,01	±0,002
5.	Рухомі сполуки Молібдену	мг/кг	менше 0,09	±0,01
6.	Рухомі сполуки Кобальту	мг/кг	менше 0,02	±0,004
7.	Рухомі форми Свинцю	мг/кг	4,1	±0,9
Ділянка №3				
1.	Рухомі форми Марганцю	мг/кг	8,3	±0,8
2.	Рухомі форми Бору	мг/кг	1,84	±0,3
3.	Рухомі форми Цинку	мг/кг	0,2	±0,05
4.	Рухомі форми Міді	мг/кг	менше 0,01	±0,002
5.	Рухомі сполуки Молібдену	мг/кг	менше 0,09	±0,01
6.	Рухомі сполуки Кобальту	мг/кг	менше 0,02	±0,004
7.	Рухомі форми Свинцю	мг/кг	4,7	±0,9

Нормативи вмісту мікроелементів у ґрунті визначались за ДСТУ 4362:2004

Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів., а ГДК важких металів визначали

за Наказом міністерства охорони здоров'я України №1595 від 14.07.2020 р.

Дослідження впливу воєнних дій на вміст мікроелементів у чорноземі опідзоленому свіднить, що Бор у межах норми на ділянці №2 і 3, а на 1 ділянці зафіксована нестача бору.

Вміст Марганцю на 3 дослідних ділянках є низьким, що є несприятливим фактором для вирощування сільськогосподарських культур, оскільки нестача Марганцю впливає на ростові процеси, мінеральне живлення рослин, процеси фотосинтезу, тощо.

В свою чергу, Цинк, Мідь та Молібден відзначається нестачею у ґрунту, їх вміст низький та дуже низький на всіх дослідних ділянках, це може призвести до гальмування росту і розвитку рослин.

Вміст рухомих форм Свинцю у всіх дослідних ділянках у межах гранично допустимих концентрацій та коливається від 3,4 (1 ділянка) до 4,7 (3 ділянка).

Отже, у чорноземі опідзоленому дослідних ділянок у межах звільнених від воєнних дій територій встановлено нестачу таких мікроелементів як Марганець, Цинк, Мідь та Молібден.

Висновки до розділу 3:

Визначення агрохімічних показників чорнозему опідзоленого у межах дослідних ділянок постраждалих від воєнних дій розташованих у Харківській області Ізюмському районі показало в межах нормативних значень рН сільове, вміст гумусу та вміст Бору (ділянка 1 і 2). Зафіксовано підвищений вміст Калію у ґрунтах усіх дослідних ділянок, а також нестачу Азоту, Фосфору, Марганцю, Бору (ділянка 3), Цинку, Міді, Молібдену, що негативно впливає на ростові процеси рослин.

Вміст рухомих форм Свинцю знаходиться у межах гранично-допустимих концентрацій.

## РОЗДІЛ 4. АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВОЄННИХ ДІЙ НА ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ҐРУНТУ

### 4.1. Оцінка впливу воєнних дій на нітрифікаційну здатність ґрунту

Амоніфікаційна та нітрифікаційна здатності є інформативними показниками, які характеризують мікробіологічні процеси перетворення Нітрогену у ґрунтах, вмісту органічних речовин, тощо [53].

На мікробіологічну активність ґрунту впливає ряд факторів, зокрема, вміст мінеральних та органічних речовин, рН ґрунтового розчину та інші фізико-хімічні властивості. В свою чергу, мікробіологічна активність, тобто вміст та еколого-ґрубічні групи мікроорганізмів ґрунту впливають на процеси синтезу як мінеральних так і органічних речовин, доступності макрокомпонентів (азоту, фосфору та калію).

Під час перетворення азоту найважливішим процесом для синтезу рухомих та валових форм мікро- та макроелементів є процес нітрифікації. Нітрифікаційна здатність ґрунту характеризує швидкість процесів перетворення азоту у ґрунті, що регулює його мікробіологічну активність. Надмірна кількість ґрунтових мікроорганізмів може активізувати процеси мінералізації органічної речовини та зростання непродуктивних втрат азоту в процесах денітрифікації та нітрифікації. При цьому може відбуватися накопичення нітратів у ґрунтовому профілі, а потім поверхневим стоком перехід до ґрунтових та поверхневих вод [54].

Нітрифікаційна здатність ґрунту може бути цікавим показником для оцінки екологічного стану ґрунтів після впливу воєнних дій, оскільки саме процеси трансформації азоту та його баланс дуже чутливі до різних форм забруднення.

Дослідження впливу воєнних дій на нітрифікаційну здатність чорнозему опідзоленого показали, що ґрунти дослідних ділянок негативно впливають на показники нітрифікаційної здатності у порівнянні із контролем (рис. 4.1.).



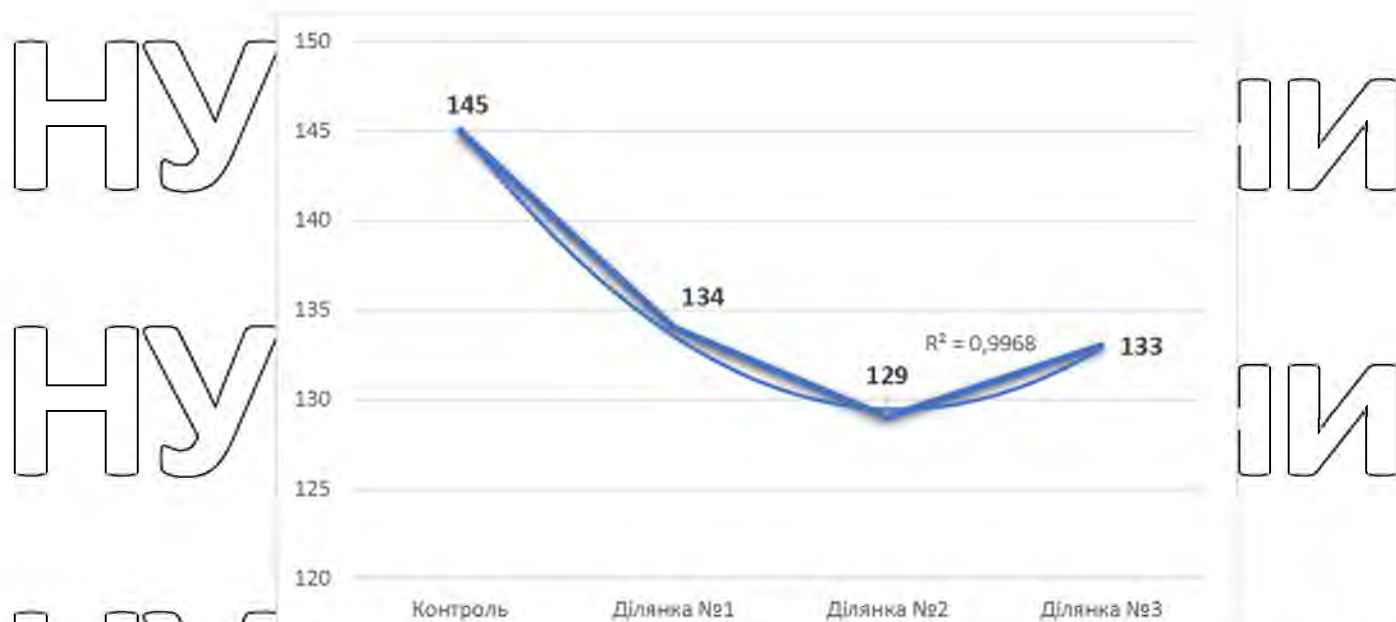


Рис. 4.1. Нітрифікаційна здатність чорнозему опідзоленого на дослідних ділянках на звільненій від воєнних дій території Харківської області Ізюмського району

Базуючись на проведеному дослідженні можна стверджувати, що воєнні дії негативно впливають на процеси мінералізації у ґрунті, що призводить до уповільнення перетворення азоту у ґрунті. Це може пояснюватися тим, що у ґрунті присутні хімічні домішки зумовлені активними бойовими діями, зокрема специфічними вибуховими речовинами, тощо.

Також це може бути зумовленим порушенням мікробіологічної активності ґрунту, а саме зменшенням загальної чисельності ґрунтових мікроорганізмів або порушенням еколого-трофічних груп та співвідношення їх чисельності, зокрема, нітрифікувальних мікроорганізмів.

Нітрифікаційна здатність чорнозему опідзоленого на контролі становила 145, а на дослідних ділянках звільнених від воєнних дій коливалась у межах 129 (ділянка 2) до 134 (ділянка 1), що може свідчити про забруднення ґрунту специфічними забруднюючими речовинами та порушення діяльності ґрунтових мікроорганізмів.



#### 4.2. Оцінка впливу воєнних дій на інгібіторну дію та N-мінералізацію ґрунту

Мінералізація азоту у ґрунті корелюється із вмістом мікроорганізмів у ґрунті, що є один із основних показників мікробіологічної активності ґрунту.

Інгібіторна дія на мінералізацію може свідчити про відхилення від контролю мікробіологічної активності ґрунту та бути індикатором зміну біоти у ньому.

Направленість процесів перетворення сполук азоту буде впливати на вміст рухомих форм органічних та неорганічних сполук у ґрунті, які є доступними для

рослин та можуть забезпечувати їх нормальний ріст і розвиток.

Процеси, що пришвидшують процеси мінералізації органічних речовин у ґрунті при цьому уповільнюють мікробіологічну активність ґрунту, що

призводить до зменшення загальної чисельності мікроорганізмів, тощо.

Створення підходів до оцінки утворення та розпаду мінеральних речовин у ґрунті створює широкі можливості для проведення наукових досліджень.

У випадку аналізу ґрунтів, які постраждали внаслідок активної фази воєнних дій це може допомогти зробити прогноз росту сільськогосподарських

культур на основі методів біотестування.

Найбільш доступним методом визначення ступеню пригнічення процесів мінералізації азоту є. Визначення мінералізації азоту і нітрифікації в ґрунтах та

впливу хімічних речовин на ці процеси (DSTU ISO 14238:2003). Він дозволяє використати бюджетний спосіб визначення варіативність різних факторів, які

впливають на перетворення мінеральних речовин у ґрунті.

Дослідження впливу воєнних дій на нітрифікаційну здатність чорнозему опідзоленого та його інгібіторну дію на процеси мінералізації у ґрунті (табл 4.1.)

показала, що у полі №2 зафіксовано найбільшу інгібіторну дію на мінералізацію азоту у ґрунті (-16), що свідчить про негативний вплив воєнних дій на екологічні

показники ґрунту, зокрема мікробіологічну активність.

Таблиця 4.1.

Вплив воєнних дій на нітрифікаційну здатність чорнозему опідзоленого та його інгібіторну дію

Варіант досліджу	Нітрифікаційна здатність ґрунту, мг/кг	Інгібіторна дія на мінералізацію (ID)	НІР 0,5
Контроль	145	-	1,7
Ділянка №1	134	-11,0	
Ділянка №2	129	-16,0	
Ділянка №3	133	-12,0	

НІР 0,5 = 2,8

Дослідження показали, що всі дослідні ділянки характеризуються пригніченням процесів мінералізації та перетворення азоту у ґрунті, що може пояснюватись агрохімічними показниками, зокрема нестачею у ґрунті азоту та фосфору, наявністю у ґрунті забруднюючих речовин та низькою мікробіологічною активністю.

Висновки до розділу 4:

Нітрифікаційна здатність ґрунту є особливою властивістю ґрунту, яка вказує на накопичення у ґрунті рухомої форми азоту (нітраного азоту). Цей показник залежить від вмісту мінеральних та органічних речовин, рН ґрунтового розчину, його фізико-хімічні властивості та рівня забруднення. Як правило, забруднення ґрунту негативно впливає на процеси перетворення мінералізації, гуміфікації та інші.

Дослідження показали, що нітрифікаційна здатність чорнозему опідзоленого на контролі становила 145, а на дослідних ділянках звільнених від воєнних дій коливалась у межах 129 (ділянка 2) до 134 (ділянка 1), що може свідчити про забруднення ґрунту специфічними забруднюючими речовинами та порушення діяльності ґрунтових мікроорганізмів внаслідок воєнних дій.

Аналіз пригнічення процесів мінералізації азоту у ґрунті свідчить про порушення процесів трансформації мінеральних речовин у ґрунті. Всі дослідні ділянки характеризуються пригніченням процесів мінералізації азоту, що свідчить про невідповідність оптимальним значенням агрохімічних показників, зокрема нестачею у ґрунті азоту та фосфору, наявністю у ґрунті забруднюючих речовин та низьку мікробіологічну активність.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## ВИСНОВКИ

# НУБІП України

1. Воєнні дії мають серйозний вплив на екологічний стан ґрунтів, оскільки вони можуть спричинити забруднення важкими металами, хімічними речовинами та іншими токсичними сполуками. Змінюють фізико-хімічні властивості та будову ґрунтів, їх агрохімічні показники. В результаті цього порушуються природні процеси в ґрунті, що може призвести до втрати родючості та впливу на рослинний світ. Також, військові дії можуть призвести до фізичного пошкодження ґрунтового покриву та його структури, що загрожує його водопровідності та іншими важливими характеристиками. Крім того, вибухи та пожежі можуть призвести зменшення вмісту органічної речовини та мікроорганізмів у ґрунті, що негативно впливає на біотичну активність.

# НУБІП України

# НУБІП України

2. Для дослідження впливу воєнних дій на екологічний стан ґрунту було використано сучасні методи лабораторних досліджень агрохімічних показників та вмісту важких металів. Методи біотестування були використані для дослідження впливу воєнних дій на процеси пов'язані із мікробіологічною активністю ґрунту, зокрема, нітрифікаційну здатність та інгібіторна дія на N-мінералізацію (на прикладі чорнозему опідзоленого).

# НУБІП України

Умови розташування Харківської області є сприятливими для ведення сільськогосподарського виробництва, що проявляється у кліматичних, едафічних та гідрологічних умовах.

# НУБІП України

3. Визначення агрохімічних показників чорнозему опідзоленого у межах дослідних ділянок постраждалих від воєнних дій розташованих у Харківській області Ізюмському районі показало в межах нормативних значень рН ґрунтового, вміст гумусу та вміст Бору (ділянка 1 і 2). Зафіксовано підвищений вміст Калію у ґрунтах усіх дослідних ділянках, а також нестачу Азоту, Фосфору, Марганцю, Бору (ділянка 3), Цинку, Міді, Молібдену, що негативно впливає на ростові процеси рослин.

# НУБІП України

Вміст рухомих форм Свинцю знаходиться у межах гранично-допустимих концентрацій.

# НУБІП України

4. Нітрифікаційна здатність ґрунту є особливою властивістю ґрунту, яка вказує на накопичення у ґрунті рухомої форми азоту (нітраного азоту). Цей показник залежить від вмісту мінеральних та органічних речовин, рН ґрунтового розчину, його фізико-хімічні властивості та рівня забруднення. Як правило, забруднення ґрунту негативно впливає на процеси перетворення мінералізації, гуміфікації та інші.

Дослідження показали, що нітрифікаційна здатність чорнозему опідзоленого на контролі становила 145, а на дослідних ділянках звільнених від воєнних дій коливалась у межах 129 (ділянка 2) до 134 (ділянка 1), що може свідчити про забруднення ґрунту специфічними забруднюючими речовинами та порушення діяльності ґрунтових мікроорганізмів внаслідок воєнних дій.

Аналіз пригнічення процесів мінералізації азоту у ґрунті свідчить про порушення процесів трансформації мінеральних речовин у ґрунті. Всі дослідні ділянки характеризуються пригніченням процесів мінералізації азоту, що свідчить про невідповідність оптимальним значенням агрохімічних показників, зокрема нестачею у ґрунті азоту та фосфору, наявністю у ґрунті забруднюючих речовин та низьку мікробіологічну активність.

5. Воєнні дії це потужний фактор впливу на ґрунтове середовище, що змінює екологічний стан ґрунту, зокрема його агрофізичні та агрохімічні показники, вміст забруднюючих речовин. Проведені дослідження показали, що на дослідні ділянки розташовані поблизу міста Барвінкове Харківської області Ізюмського району ґрунти зазнали негативного впливу воєнних дій. Необхідно створювати нові підходи до комплексної оцінки ґрунтів після воєнних дій, які б гарантували отримання якісної та безпечної сільськогосподарської продукції.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Билим О.О., Сербенюк Г.А. Вплив воєнних дій на довкілля України // Екологія – філософія існування людства : збірник матеріалів доповідей ІХ міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених (м. Київ., 8-10 березня 2023 р.). – К.: 2023. – С. 11 – 12
2. Кондратенко А. Ф. Вплив військових дій в Україні на природне середовище та фітотехнології для його відновлення Перша міжнародна науково–практична конференція «Екологія Донбасу: уроки історії та виклики сьогодення»; збірник тез доповідей Першої міжнародної науково–практичної конференції «Екологія Донбасу: уроки історії та виклики сьогодення», 2017, С. 20-24. <https://jekd.donnu.edu.ua/issue/view/118>
3. Іваненко В. С., Курепін В. М. Вплив активних бойових дій на стан довкілля // Green Construction= Зелене будівництво : міжнар. наук.-практ. конф.. 13-14 квітня 2023, м. Київ, Київський національний університет будівництва і архітектури. 2023. С. 325-329. <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/13210/1/2023-325-329.pdf>
4. Папава Л.Д., Алпатова О.М., Демчук Л.І., Кірейцева Г.В., Левицький В.Г. Сучасний стан навколишнього природного середовища в умовах впливу війни. Експозиційні науки № 4(43), 2022. С. 19-22. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.4-43.3>
5. Ганчук М. М. Порушення стану екологічної безпеки в результаті військових дій Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція «Екологічно сталий розвиток урбосистем» ХНУМП ім. О. М. Бекетова, 2-3 листопада 2022 р. – С.88-90
6. Ляшевич М. М., Шуплат Т. І. Проблема знищення лісових ресурсів України в наслідок військових дій Відновлення довкілля України внаслідок збройної агресії росії : збірник тез доповідей Круглого столу, м. Львів, 17 березня 2023 року. Львів: ЛДУ БЖД, 2023. С. 29-33



7. Поліщук Л.М. Екологічні проблеми, спричинені розгортанням військових дій на території України 12 th International scientific and practical conference “Modern research in world science” (February 26-28, 2023) SPC “Sci-conf. com. ua”, Lviv, Ukraine. 2023. 1161 p.

8. Чирук О.В., Трегуб Ю. Є. Екоцид щодо земельних ресурсів внаслідок військових дій в Україні Матеріали 78-ї студентської науково-технічної конференції «Тиждень студентської науки», (Дніпро, 24-28 квітня 2023 року). – С. 205-207.

9. Герасименко О. А., Павленко О. П. Вплив військових дій на епідеміологічний стан екологічних систем Матеріали XXI наукової конференції молодих вчених Одеського державного екологічного університету, 23-31 травня. (Одеса: ОДЕКУ, 2022. С. 228-230)

10. Бурлака Н.І. Коломієць Т. В. Кушнерчук Є.А. Оцінка впливу воєнних дій на процеси руйнування біосфери // Збірник матеріалів I Міжнародної науково-практичної конференції 25-26 грудня 2015 року С. 368-370

11. Денісов Н., Аверін Д., Юшук А. та ін. Оцінка екологічної школи та пріоритети відновлення довкілля на сході України. Київ: ВАІТЕ, 2017. 88 с.

12. Кравченко О., Василюк О., Войціховська А., Норенко Ю. Дослідження впливу військових дій на довкілля на сході України. Схід. 2015. № 2. С. 118–123. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Skhid\\_2015\\_2\\_13](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Skhid_2015_2_13)

13. Лісова Н. Вплив військових дій в Україні на екологічний стан території. Наукові записки. 2017. № 2. С. 165–173.

14. Писаренко, П., Самсілік, М., Галицька, М., Диленко, О., С Тараненко. Дослідження впливу техногенного забруднення внаслідок воєнних дій на показники ґрунту агроценозів // Аграрні інновації, – 2022. – Т.14 – С. 94-102.

15. Зайцев, Ю. О., Грищенко, О. М., Романова, С. А., & Зайцева, І. О. Вплив бойових дій на вміст валових форм важких металів у ґрунтах Сумського та

Охтирського району Сумської обл // Агроекологічний журнал, – 2022. – Т. 3 – С. 136-149.

16.Петринич В.В. Свинець: токсикологічні, гігієнічні та біологічні аспекти / В. В. Петринич, Л. І. Власик, О. А. Петринич // Клінічна та експериментальна патологія. – 2017. – Т. 16, № 2. – С. 97-102.

17.Cakici, Nusret and Chatterjee, Sris and Tang, Yi and Tong, Lin, Alternative Profitability Measures and Cross Section of Expected Stock Returns: International Evidence (May 16, 2017). Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2969687> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2969687>

18.A.H. Price, K.A. Steele, J. Gorham, J.M. Bridges, B.J. Moore, J.L. Evans, P. Richardson, R.G.W. Jones Upland rice grown in soil-filled chambers and exposed to contrasting water-deficit regimes: I. Root distribution, water use and plant water status, *Field Crops Research*, Volume 76, Issue 1, 2002, Pages 11-24, [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(02\)00012-6](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(02)00012-6).

19.Dodard SG, Renoux AY, Powlowski J, Sunahara GL. Lethal and subchronic effects of 2,4,6-trinitrotoluene (TNT) on *Enchytraeus albidus* in spiked artificial soil. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2003 Feb;54(2):131-8. doi: 10.1016/s0147-6513(02)00046-5.

20.Johnson J, Schewel L, Graedel TE. The contemporary anthropogenic chromium cycle. *Environ Sci Technol.* 2006 Nov 15;40(22):7060-9. doi: 10.1021/es060061i.

21.Krishnan G, Horst GL, Shea PJ (2000) Differential tolerance of cool- and warm-season grasses to tnt-contaminated soil. *Int J Phytoremediat* 2:369–382 DOI: 10.1080/15226510008500045

22.Giacomo Certini, Riccardo Scalenghe, William I. Woods (2013) The impact of warfare on the soil environment *Earth Science Reviews*, Volume 127, p. 1-15. DOI: 10.1016/j.earscirev.2013.08.009

23.Лук'янюк Л.В., Міняйло А.А. Наслідки забруднення ґрунтів у внаслідок збройної агресії російської федерації, Збірник містить матеріали доповідей



учасників ІХ Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих учених «Екологія – філософія існування людства», що проходить 19- 20 квітня 2023 р. н. С. 48-49

24. Ведення сільськогосподарського виробництва у приватному секторі в умовах посиленого антропогенного впливу на навколишнє середовище За заг. ред. к. с.-г. н. Т.М. Мисливої 2011р 9-11 с

25. Hansen K. H., Pedersen A. J., Ottosen L. M., Vilhumsen A. Speciation and mobility in straw and wood combustion fly ash. *Chemosphere.* — 2001. — 45 — P. 123–128.

26. Waalkes M. P. Cadmium carcinogenesis in review. // *J. Inorg. Biochem.* — 2000. — 79 — P. 241–244.

27. Deng H., Ye Z. H., Wong M. H. Accumulation of lead, zinc, copper and cadmium by 12 wetland plant species thriving in metal-contaminated sites in China // *Environmental Pollution.* — 2004. — 132. — P. 29–40.

28. Distribution of cadmium and lead in liver and kidney of some wild animals in Slovakia. / Kramarova M., Massanyi P., Slamecka J. et all. // *J. Environ. Sci. Health. A. Tox. Hazard Subst. Environ. Eng.* — 2005. — 40 (3). — P. 593–600.

29. Transfer of metals from soil to vegetables in an area near a smelter in Nanning, China. / Cui Y. L., Zhu Y. G., Zhai R. H., Chen D. Y., et al // *Environment International.* — 2004. — 30. — P. 785–791.

30. Sauvé S., Hendershot W., Allen H. E. Solid-solution partitioning of metals in contaminated soils: Dependence of pH, total metal burden, and organic matter // *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* — 2000. — 34. — P. 1125–1131.

31. Godzik B. Heavy metals content in plants from zinc dumps and reference areas // *Polish Bot. Stu.* — 1993. — 5. — P. 113–132

32. Клімова, Н.В. (2006). Деякі питання методики оцінки стану забруднення ґрунтів унаслідок нафто газовидобутку. вісник львівського університету ім. Івана Франка. серія географічна, 3, 144–151.

33. Симочко, Л. Ю. Біоіндикація і біотестування ґрунтів – сучасні методичні підходи / Л. Ю. Симочко, О. С. Дем'янюк, В. В. Симочко // Науковий вісник

Ужгородського університету : серія: Біологія / голов. ред. П.М.Фельбаба-Клушина. – Ужгород, 2017. – Вип. 42. / С. 77-81

34. Вплив війни росії проти України на стан українських ґрунтів. Результати аналізу / О. Голубцов, Л. Сорокіна, А. Сплодитель, С. Чумаченко – Київ: ГО “Центр екологічних ініціатив «Екодія», 2023. 23 с

35. Оцінка екологічної шкоди та пріоритети відновлення довкілля на сході України. – К.: ВАІТЕ, 2017. – 88 с

36. Буц Ю.В., Крайнюк О.В. Технологічні заходи з відновлення якостей та покращення властивостей ґрунту екосистем після ураження пожежами.

Матеріали міжнародної науково-технічної конференції *Novi* нетрадиційні технології в ресурсо- та енергозбереженні 23-25 вересня 2020р Одеса.

37. Як врятувати ґрунти від наслідків війни? <https://www.agrilab.ua/vak-vryatuvaty-grunty-vid-naslidkiv-viiny/> 09.01.2023

38. Борецька І.Ю. , Джура Н.М. , Романюк О.І. Фіторемедіація техногенно забруднених ґрунтів з використанням енергетичних культур Екологічна наука : науково-практичний журнал / Головний редактор Бондар О.І. – К. Видавничий дім «Гельветика», 2021. – № 6(39). С. 72-77.

39. С. Чумаченко О. Голубцов, Л. Сорокіна, А. Сплодитель Вплив війни росії проти України на стан українських ґрунтів. в. Результати аналізу Київ: ГО “Центр екологічних ініціатив «Екодія», 2023. – 32 с.

40. Криль Т. В. Чвище розрідження у ґрунтах та фактори, що на нього впливають. Зб. наук. пр. Інституту геологічних наук НАН України. 2009. Вип. 2. С. 261–264.

41. Балюк С. А., Медведєв В. В., Воротилицька Л. І., Шимель В. В. Сучасні проблеми деградації ґрунтів і заходи щодо досягнення нейтрального її рівня. Вісник аграрної науки. 2017. № 8. С. 5–11.

42. Качинський А. Б. Екологічна безпека України: системний аналіз перспектив покращення. К.: НІСД, 2001. 312 с.

43. Груба рекультивация ґрунту. Техніка коригування процесами. URL: [file:///Making Site Rough and Loose.pdf](file:///Making%20Site%20Rough%20and%20Loose.pdf)



44. Ракитська Т.Л., Кіосе Т.О., Труба А.С., Раскола Л.А. Фізико-хімічні властивості природних сорбентів та металокомплексних каталізаторів на їх основі. Навчальний посібник. Одеса, 2018. 151 с.

45. Самохвалова Л.В. Використання антидотів за забруднення системи ґрунт–рослина важкими металами. Науковий вісник Ужгородського університету. Біологія. №2, 2007. С. 52–56.

46. Еколого-токсикологічний моніторинг впливу непридатних агрохімікатів та відновлення порушених еко-систем на території басейну р. Західний Буг: монографія / за ред. М.І. Зінчука, І.М. Мерленка. Луцьк, 2010. С. 72-

74.

47. ДСТУ 4287:2004 Якість ґрунту. Відбирання проб

48. ДСТУ ISO 14238:2003 Якість ґрунту. Біологічні методи. Визначання мінералізації азоту і нітрифікації в ґрунтах та впливу хімічних речовин на ці процеси (ISO 14238:1997, IDT)

49. ДСТУ ISO 17126:200 «Якість ґрунту. Визначення впливу забрудників на флору ґрунту. Спостережний досвід на проростання насіння салату (*Lactuca sativa* L.)»

50. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Харківській області у 2021 році. Харків, 2022. <https://depr.gov.ua/wp-content/uploads/2022/11/Regionalna-dopovid-Harkivskovi-obl.-2021.pdf>

51. Харківська обласна військова адміністрація. Режим доступу: <https://kharkivoda.gov.ua/pro-oblast/heohrafiya>

52. Кашковська А. Кліматичні умови Харківської області.

53. Самохвалова В. Л., Старченко О. І., Чебанова В. В., Чабан В. І., Подобед О. Ю., Самохвалова П. А. Визначення мікроелементного складу ґрунту за його мікробіологічними та біохімічними показниками трансформації сполук азотного циклу // Вісник ЛНУ імені І. Франка. Серія Біологічна. 2019. Вип. 80. С. 129–145

54. Циллорик О. І., Кулік А. Ф., Гончар Н. В. Біологічна активність ґрунту за різних способів його обробки та удобрення в посівах соняшнику. Вісник

Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету.  
2017. № 2 (44). С. 42–48.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України