

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
Навчально-науковий інститут екології
Кафедра екологічної безпеки та екологічної освіти

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавра

на тему

ОСОБЛИВОСТІ РЕМЕДІАЦІЇ ҐРУНТІВ, ЩО ЗНАХОДЯТЬСЯ ПІД МІЛІТАРНИМ ВПЛИВОМ

Виконав: студент 4 курсу, групи ДЕ-41

спеціальності : 101 «Екологія»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Пі автора _____ /Каріна КОВАЛЬОВА

(підпис)

(ім'я та прізвище)

Керівник _____ /Летта КРИВИЦЬКА

(підпис)

(ім'я та прізвище)

Рецензент _____ /Юрій ГАМУЛЯ

(підпис)

(ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри _____ / проф. Алла НЕКОС

(підпис)

(ім'я та прізвище)

Нормоконтроль _____ /ст.лаб.Вікторія КОШЕЛЬКОВСЬКА

(підпис)

(ім'я та прізвище)

Секретар ЕК _____ /доц. Світлана БУРЧЕНКО

(підпис)

(ім'я та прізвище)

Харків–2025 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені В.Н. КАРАЗІНА

Навчально-науковий інститут екології
Кафедра екологічної безпеки та екологічної освіти
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) бакалавр
Спеціальність 101 Екологія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____/проф. Алла НЕКОС

підпис

ім'я та прізвище

20 травня 2024 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ)

Каріні КОВАЛЬОВІЙ

(ім'я та прізвище)

1. Тема роботи Особливості ремедіації ґрунтів, що знаходяться під
мілітарним впливом.

Керівник роботи Іветта КРИВИЦЬКА, канд.біол.наук, доцент,

(ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від 16.04.2025 р. № 4301-5/967

2. Строк подання студентом роботи 01 травня 2025 р.

3. Перелік питань, які потрібно розробити:

1. Огляд стану вивчення питання щодо екологічної якості ґрунтового
покриву.

2. Огляд стану вивчення питання щодо впливу військових дій на

грунтовий покрив.

3. Надати характеристику та описати сучасний стан Слобожанської ОТГ.
4. Відібрати проби ґрунту та проаналізувати його хімічний склад.
5. Зробити висновки.

4. План роботи.

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Літературний огляд, стосовно впливу військових дій на ґрунти.
2	Методи дослідження дії біопрепаратів на ґрунти.
3	Аналіз особливостей біоремедіації забруднених ґрунтів за мілітарного впливу.

5. Дата видачі завдання 20 травня 2024 р.

Студент

_____ Каріна КОВАЛЬОВА
підпис ім'я і прізвище

Керівник роботи

_____ доц. Іветта КРИВИЦЬКА
підпис посада, ім'я і прізвище

АНОТАЦІЯ

**ОСОБЛИВОСТІ РЕМЕДІАЦІЇ ҐРУНТІВ, ЩО ЗНАХОДЯТЬСЯ ПІД
МІЛІТАРНИМ ВПЛИВОМ**

Каріна КОВАЛЬОВА

Кваліфікаційна робота «Особливості ремедіації ґрунтів, що знаходяться під мілітарним впливом» містить 34 сторінки, 3 розділи, 10 рисунків та 17 використаних джерел.

З початком повномасштабного вторгнення в Україну ситуація з забрудненням ґрунтів стала в край жахливою. Негативні впливи військових дій пов'язані з багатьма змінами у структурі та якості ґрунтів. Це механічні впливи від ущільнення військової техніки та риття окопів, фізичні - вібрації, вибухи чи пожежі, хімічні, пов'язані з токсичними вибуховими речовинами та біологічні, які викликають загибель мікроорганізмів, тим самим порушуючи основні процеси, які відбуваються у ґрунті та суттєво знижують родючість. Окрім того сільськогосподарські поля, які є замінованими, не можна використовувати для вирощування сільськогосподарських культур.

Мета роботи: оцінка дії біологічних препаратів на ґрунти, що знаходяться під мілітарним впливом.

Об'єкт дослідження: ґрунти.

Предмет дослідження: ремедіаційні особливості біопрепаратів.

Методи дослідження: синтез та аналіз літературних та інтернет наукових джерел інформації, системний та порівняльний, метод польових досліджень, хіміко-аналітичні та лабораторні методи.

Результати: дослідження щодо ефективності біоремедіації забруднених Cd, Pb, Cr та Cu ґрунтів за мілітарного впливу свідчать про доцільність застосування запропонованих доз внесених препаратів Хетомік та Граундфікс на хімічно забруднених ґрунтах у складі агроценозів.

Ключові слова: БІОРЕМЕДІАЦІЯ, МІЛІТАРНИЙ ВПЛИВ, ҐРУНТИ, БІОПРЕПАРАТИ.

ABSTRACT

PECULIARITIES OF REMEDIATION OF SOILS UNDER MILITARY INFLUENCE

Karina KOVALOVA

The qualification work “Peculiarities of remediation of soils under military influence” contains 34 pages, 3 chapters, 10 figures and 17 references.

Since the beginning of the full-scale invasion of Ukraine, the situation with soil contamination has become extremely dire. The negative impacts of military activities are associated with many changes in soil structure and quality. These include mechanical impacts from the compaction of military equipment and trenching, physical impacts from vibrations, explosion and fires, chemical impacts from toxic explosives, and biological impacts that cause the death of microorganisms, thus disrupting the basic processes that occur in the soil and significantly reducing fertility. In addition, agricultural fields that are mined cannot be used for growing crops.

Purpose: to evaluate the effect of biological preparations on soils under military influence.

Object of research: soils.

The subject of research: remediation features of soil biology.

Research methods: synthesis and analysis of literary and Internet scientific sources of information, systematic and comparative, field research method, chemical analytical and laboratory methods.

Results: studies on the effectiveness of bioremediation of Cd, Pb, Cr and Cu contaminated soils under military impact indicate the feasibility of using the proposed doses of the biological products Chemist and Groundfix on chemically contaminated soils as part of agroecosystems.

Keywords: BIOREMEDIATION, MILITARY IMPACT, SOIL, BIOLOGICAL PRODUCTS

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД, СТОСОВНО ВПЛИВУ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ НА ГРУНТИ.....	8
1.1 Екологічна якість ґрунтового покриву.....	8
1.2 Вплив військових дій на ґрунти.....	9
1.3 Характеристика та опис сучасного стану Слобожанської ОТГ.....	11
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ДІЇ БІОПРЕПАРАТІВ НА ГРУНТ.....	14
РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ БІОРЕМЕДІАЦІЇ ЗАБРУДНЕНИХ ГРУНТІВ ЗА МІЛІТАРНОГО ВПЛИВУ.....	18
3.1 Дослідження впливу біопрепаратів на вміст рухомих форм металів-токсикантів у забрудненому ґрунті за використанням буферного амонійно-ацетатного екстрагенту з рН 4,8.....	19
3.2 Дослідження впливу біопрепаратів на вміст потенційно доступних форм металів-токсикантів у ґрунті за використання екстрагенту 1н HCL.....	24
ВИСНОВКИ	30
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	32

ВСТУП

Актуальність дослідження. Весь світ розуміє, що ґрунт є не менш важливим за воду та повітря, саме для стійкого розвитку цивілізації. З початком повномасштабного вторгнення в Україну ситуація з забрудненням ґрунтів стала вкрай жахливою. Негативні впливи військових дій пов'язані з багатьма змінами у структурі та якості ґрунтів. Це механічні впливи від ущільнення військової техніки та риття окопів, фізичні - вібрації, вибухи чи пожежі, хімічні, пов'язані з токсичними вибуховими речовинами та біологічні, які викликають загибель мікроорганізмів, тим самим порушуючи основні процеси, які відбуваються у ґрунті та суттєво знижують родючість. Окрім того сільськогосподарські поля, які є замінованими, не можна використовувати для вирощування сільськогосподарських культур.

Мета роботи: оцінка дії біологічних препаратів на ґрунти, що знаходяться під мілітарним впливом.

Об'єкт дослідження: ґрунти.

Предмет дослідження: ремедіаційні особливості біопрепаратів.

Поставлене завдання:

1. Огляд стану вивчення питання щодо екологічної якості ґрунтового покриву;
2. Огляд стану вивчення питання щодо впливу військових дій на ґрунтовий покрив;
3. Надати характеристику та описати сучасний стан Слобожанської ОТГ
4. Відібрати проби ґрунту та проаналізувати його хімічний склад;
5. Зробити висновки.

Методи дослідження: синтез та аналіз літературних та інтернет наукових джерел інформації, системний та порівняльний, метод польових досліджень, хіміко-аналітичні та лабораторні методи.

РОЗДІЛ 1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД, СТОСОВНО ВПЛИВУ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ НА ҐРУНТИ

1.1. Екологічна якість ґрунтового покриву

Весь світ розуміє, що ґрунт є не менш важливим за воду та повітря, саме для стійкого розвитку цивілізації. Але якщо дивитися з іншого боку, то сучасне сільське господарство завдає глобальних змін не тільки для агроєкосистем, а ще й негативно впливає на довкілля. Саме нітрогенні добрива, посилюють мінералізацію органічної речовини ґрунту. Дослідниками було доведено, що саме підвищена мінералізація органічної речовини ґрунту саме під впливом добрив, може призвести до забруднення вод - нітратами, а повітря - оксидами N. [1]

Якість ґрунту, знижуються саме за втрати органічної речовини, внаслідок посиленої нітрогенними добривами мінералізації. Саме зниження якості ґрунтового покриву на всій планеті, може призвести до глобальних проблем в майбутньому. [1]

Кожен з нас, «якість ґрунту» розуміє по своєму, наприклад: екологи, розуміють це, як здатність до підтримання біорізноманіття, коло обігу поживних речовин, якості води; фермери розуміють, як високопродуктивні землі, збільшення врожаю та прибутку; для споживачів - це можливість отримати великі кількості саме здорової їжі. [1]

Основною проблемою, деградації ґрунтів, є саме те, що багато людей не розуміє суті ґрунту, як біосферного тіла, його ресурсу стійкості і саморегулювання. [1]

Існує безліч думок, що ж таке на справді якість ґрунту. І все ж таки, розглянувши всі думки, можна сказати, що якість ґрунту - це саме ефективність виконання його екологічних функцій. [1]

Є два взаємозв'язані аспекти якості ґрунту – натуральна та набута. Під натуральною якістю розуміється - природна здатність ґрунтів до реалізації екологічних функцій, вона формується у процесі ґрунтоутворення, саме під впливом часу, рельєфу, клімату. А набута якість - це змінена натуральна якість ґрунту, яка утворюється під час антропогенного використання. [1]

Якість ґрунту, покращується в разі раціонального користування, тобто коли враховуються всі функції. А погіршується, саме тоді, коли увагу концентрують лише на якійсь одній функції, наприклад, родючість. [1]

1.2. Вплив військових дій на ґрунтовий покрив

З початком повномасштабного вторгнення в Україну ситуація з забрудненням ґрунтів стала в край жахливою. Негативними чинниками, які впливають під час війни на ґрунти є: вибухи ракети, замінування полів та лісів, знищення полезахисних лісосмуг, проїзд неймовірно важкої військової техніки. Наслідками всіх цих чинників, є порушення в структурі ґрунту, підвищуються процеси ерозії, відбувається забруднення ґрунту великою кількістю різноманітних полютантів, а поля, які є замінованими, зовсім не можна використовувати для вирощування сільськогосподарських культур. [2]

Одну з великих екологічних загроз ґрунтів, становить забруднення важкими металами, так як значна їх частина неймовірно токсичною навіть у мінімальних кількостях. Важкі метали, не мають змоги розкладатися у ґрунті, вони можуть лише концентруватися в усіх живих організмах, та визивати різні патології. [2]

У рослини, важкі метали потрапляють через кореневу систему, так як вона поглинає їх саме з ґрунту.

Також, токсичні речовини можуть попадати і в ґрунтові води, через випадання опадів.

Після вибуху боєприпасів утворюються вирви, які призводять до забруднення великою кількістю хімічних речовин важких металів та накопичення металобрухту. Важкі метали, які потрапляють у ґрунт, мають

здатність накопичуватися у рослинах. Під час руху важкої техніки, ґрунти забруднюються нафтопродуктами, погіршують водний і повітряний режим, знижується врожайність.[2]

Для відновлення порушених ґрунтів, необхідно провести моніторинг їх стану за допомогою ГІС-технологій, проаналізувати забруднення та пошкодження, а вже потім проводити якість заходи стосовно відновлення.

На ґрунтах, які мають забруднення, важливо вирощувати культури, які мають здатність формувати свій врожай за підвищеним вмістом важких металів, але при цьому, їх концентрація у зерні не буде перевищувати максимально допустимих рівнів, наприклад, кукурудза. А ось наприклад соняшник, не можна вирощувати на забруднених ґрунтах, так як він має властивість накопичувати в собі кадмій та цезій. Також, ще одним дієвим способом є фітореMediaція. Це коли використовують зелені рослини, для очищення стічних вод, ґрунтів та атмосферного повітря. [2]

Для того щоб відновити забруднений ґрунт, потрібно сіяти такі культури, які мають змогу виносити велику кількість забруднювача і накопичувати значну біомасу. Наприклад, На півдні України, це може бути горох. [2]

Стосовно удобрення, важливо зазначити, що обов'язково повинні бути органічні добрива, але саме ті, які утворюють із забруднювачами малорухомі комплекси. На полях, які вигоріли, інтенсивно знижуються вміст гумусу, знищується ґрунтова біота, в концентрація важких металів, навпаки, підвищується.

Мікробіологічні препарати та органічні добрива, мають змогу поступово виправити негативні наслідки військових дій. Фосфорні добрива мають здатність до детоксикації важких металів. Ще для детоксикації залишку важких металів, можна використовувати сорбенти, які очищують ґрунти від важких металів та радіонуклідів.

А от стосовно ґрунтів, які сильно порушені, може допомогти лише рекультивація, а саме шляхом механічного загортання.

Після початку повномасштабного вторгнення, з'явилась велика кількість новітніх досліджень, стосовно впливу воєнних дій на ґрунт. Наведу один з

прикладів. Дослідження на тему: «Що робити із забрудненими ґрунтами?». Всі прекрасно розуміють, що на якість ґрунту та на продукти, які вирощуються на цих ґрунтах, впливає абсолютно все: окопи, вирви від вибухів, рух важкої техніки. Розглянувши офіційні дані, можна сказати, що через війну в Україні, забруднено понад 5млн гектарів сільськогосподарських земель. [3]

Один з дослідників, сказав: «Щоб почати вирощувати щось на територіях, які зараз пошкоджені, заміновані або ж ведуться бойові дії, потрібно буде докласти чимало зусиль та проводити безліч заходів з очищення». [3]

Одна з експерток IFAW, говорить: «Зараз можливо лише фокусуватися на звільнених ділянках після розмінування. [3]

ГО «Екодія» провела безліч досліджень, для того, щоб зрозуміти, що відбувається в даний момент з ґрунтами і як їх можна відновити. Якщо діяти за їхнім планом, то спочатку потрібно провести оцінку ґрунту, а вже потім розробляти схеми застосування комплексних мікробних біотехнологій залежно від стану ґрунтів або ж консервувати найбільш пошкоджені землі. [3] Гозак говорить, що дії, з яких можна почати вже зараз, це саме висадка дерев, які поглинають забруднення важкими металами, наприклад, верба й тополя. Інколи, до ґрунтів можуть додавати глину та пісок, а також проводити більш дорогі маніпуляції. [3]

1.3. Характеристика та опис сучасного стану Слобожанської ОТГ

Слобожанська ОТГ розташована в центральній частині Харківської області, а саме в Чугуївському районі. Її площа - 572,3 км². Чисельність населення в цілому складає 26 399 осіб, щільність - 46,1 особа/км². [2]

Селище Слобожанське є центром громади. Громада включає 17 населених пунктів. Північно - східна частина громади була під окупацією. [4]

Слобожанська громада розташована в південній частині лісостепу.

Основними ландшафтами досліджуваної території є: [4]

- лісові, лучні остепнені та солонцюваті заплави;
- лесові височини;
- піщані тераси;

- лесові тераси.

29,4% площі всієї громади, займають ліси, а саме хвойні, також зустрічаються широколистяні ліси. Інші території вкриті трав'янистими ценозами. [4]

Стосовно четвертинних відкладів, можна сказати, що вони переважно підстеляються:

- алевролітами, пісковиками;
- олігоценними пісками;
- міоценовими пісками, пісковиками та глинами.

Рельєф територіальної громади є розчленованим висоти над рівнем моря:
[4]

- середня -116 м;
- мінімальна-72 м;
- максимальна-205 м.

На вододілах трапляються замкнені западини або ж степові блюдця.

Клімат громади є помірно - континентальний, тобто тепле літо та прохолодна зима. Середня січнева температура - $-5,2^{\circ}\text{C}$, а липнева $+21,2^{\circ}\text{C}$. Кількість опадів в середньому, складає 570 - 590 мм. [4]

Стосовно ґрунтів, можна сказати, що домінують чорноземи, зокрема чорноземи типові солонцюваті (центральна та західна частина громади), звичайні (центральна південно-західна частина громади), типові (східна частина громади), опідзолені (північна частина досліджуваної території), вилугувані (зустрічаються окремими плямами на східній частині громади), реградовані, осолоділі, звичайні солонцюваті, глинисто-піщані та супіщані, солонцюваті на щільних глинах. [4]

Другим за поширеністю типом ґрунту є лучні. В заплаві Сіверського Донця та його притоках, представлені лучні солонцюваті ґрунти. Також, на території громади зустрічаються і інші типи ґрунтів: чорноземи-лучні, сірі лісові, лучно-болотні, лучно-чорноземні та болотні. [4]

На території Слобожанської громади, виділено всього два типи ділянок з потенційними несприятливими геоморфологічними процесами. Основними

геоморфологічними процесами у кратерах є: зсуви, лінійна ерозія, площинні змиви, суфозія та осуви. [4]

На території громади, наявні об'єкти ПЗФ, а саме:[5]

- НПП «Гомільшанські ліси»;
- Лиманська система озер (водно-болотне угіддя);
- Мохначанський лісовий заказник;
- Ландшафтний заказник Гомільшанська лісова дача;
- Скрипаївський лісовий заказник.

Ще на території Слобожанської ОТГ є Зміївська ТЕС, яка 22 березня 2024 року була вщент зруйнована атаками РФ. [5]

Також, на досліджуваній території є 4 фермерських господарства, а саме «Солві», «Берест», «Полька» та «Строгого».

РОЗДІЛ 2.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ДІЇ БІОПРЕПАРАТІВ НА ГРУНТИ

З метою визначення особливостей ремедіації ґрунтів за мілітарного впливу та екологічного стану об'єктів досліджень, відповідно до теми і предмету досліджень та завдань роботи, було проведено польові та лабораторні дослідження.

Методи проведення досліджень: системний, порівняльний. критичного аналізу, узагальнення; методи польових досліджень, хіміко-аналітичні і лабораторні методи.

Дослідження (польові та лабораторні) передбачали сумісні роботи з відділом охорони ґрунтів Національного наукового центра «ІА імені О.Н. Соколовського» за виконання завдання з фундаментальних досліджень *01.02.02.01.Ф.* «Розробити науково-методичні основи моніторингу, екологічного нормування якості та ремедіації хімічно забруднених ґрунтів як основи ґрунтово-екологічного менеджменту» (керівник: к.с.-г.наук, ст.н.с. В. Самохвалова) та за проведення додаткових досліджень на виконання постанови Президії НААН України від 19.04.2023 р. №05/01 «Стан та завдання наукового забезпечення управління ґрунтовими ресурсами на етапі збройної агресії РФ та післявоєнного відновлення України».

Польові експедиційні дослідження проведено у період 2023-2024 рр.. Дослідження включали локальне обстеження чорноземних ґрунтів окремих земельних ділянок у складі агроценозів Слобожанської ОТГ (Чугуївський район, Харківська область) за виявлених мілітарно-техногенних впливів на землях с.-г. призначення (орні, лісосмути) поблизу населеного пункту смт. Слобожанське, Чугуївського району, Харківської області (рис.1-2).

Ґрунтовий покрив території досліджень представлено чорноземними ґрунтами Лісостепової зони України.

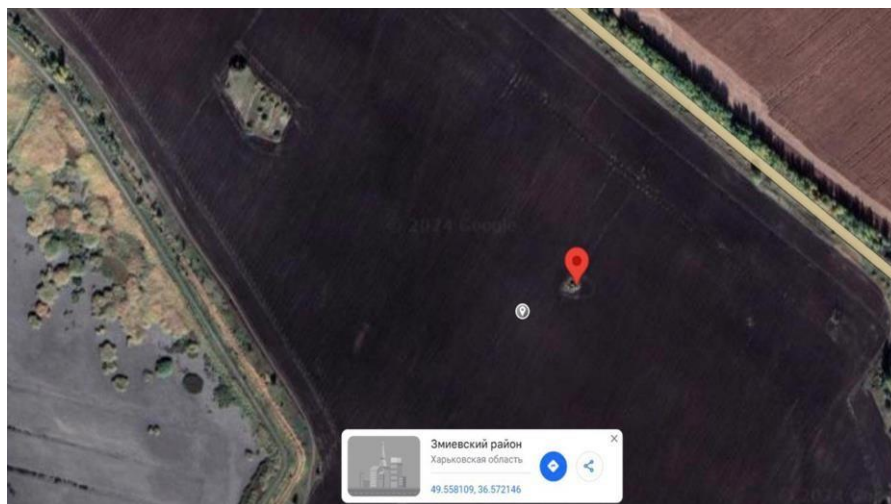


Рис.2.1–Точки відбору проб ґрунту на території Слобожанської
ОТГ



Рис.2.2- Обстеженні ґрунти земельних ділянок за мілітарного
впливу

Відбір точкових проб порушеного ґрунту з вирв, що утворено внаслідок обстрілів РСЗО і балістичними та крилатими ракетами, розриву керованих авіабомб (КАБ), здійснено відповідно до ДСТУ ISO 10381-1:2004 і ДСТУ ISO 10381-2:2004, ДСТУ 7243:2011 [8,9]. Використано комбінований підхід із застосуванням модифікованих моделей радіального локального розподілу речовин та ймовірного забруднення ґрунту.

Лабораторні дослідження проводили у лабораторії інструментальних методів досліджень та відділі охорони ґрунтів ННЦ "Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського".

Попередню підготовку проб ґрунту проведено згідно з ДСТУ ISO 11464:2007 [10].

У пробах ґрунту здійснено визначення вмісту рухомих форм Cd, Cr, Pb, Cu (важких металів, що є пріоритетними забруднювачами за мілітарних впливів) згідно з чинними нормативними документами ДСТУ4770.1-9:2007[11]. Використано метод атомно-абсорбційної спектрофотометрії та прилад САТУРН-4 (виробник Україна). Залучено два екстрагенти важких металів з ґрунту-буферна амонійно-ацетатна витяжка з рН 4,8 і 1н HCL.

Даний метод заснований на вилученні елементів із проби та резонансному поглинанні (абсорбції) випромінювання від джерела вільними атомами певних елементів, які утворюються в процесі електротермічної атомізації у графітовій кюветі спектрометра при введенні екстрагенту, що аналізується.

З метою біоремедіації хімічно забруднених ґрунтів у складі агроценозу Слобожанської ОТГ застосовано біопрепарати вітчизняного виробництва. Використано новий високоефективний і екологічно безпечний мікопрепарат Хетомік (розробка Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, Чернігів). Препарат біофунгіцид створено на основі гриба-антагоніста.

Залучено до досліджень біопрепарат Граундфікс, ґрунтове мікробіологічне добриво для мобілізації фосфору та калію ґрунту і азотфіксації (розробка *VTU Biotech Company*; український виробник мікробних і ферментних препаратів

для сільського господарства).

Дослідження з біопрепаратами здійснено у системі ґрунт-рослина проведенням мікропольового дослідження. Розроблена схема дослідження включала використання двох видів досліджуваних біопрепаратів та дві різні дози їх внесення у ґрунт на зафіксованих ділянках мілітарного впливу.

Повторність варіантів дослідження триразова, розміщення варіантів рендомізоване (випадкове).

Таблиця 2.1

Схема проведення мікропольового дослідження з визначення особливостей ремедіації ґрунтів за мілітарного впливу

Варіанти дослідження		Дози препаратів, що внесено у ґрунт
	Контроль (без внесення біопрепаратів)	-
	Хетомік	5мл/м ²
		10 мл/м ²
	Граундфікс	1мл/м ²
		2мл/м ²

Контроль та нормування вмісту важких металів у ґрунтах здійснюється відповідно до законодавчо встановлених нормативів екологічної якості ґрунту [12].

За проведення досліджень використано розроблені методики діагностування, оцінювання та прогнозування якості ґрунтів (звіти з НДР за 2021-2023 рр. з виконання завдання 01.02.02.01.Ф.) [13,14].

РОЗДІЛ 3.

АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ БІОРЕМЕДІАЦІЇ ЗАБРУДНЕНИХ ГРУНТІВ ЗА МІЛІТАРНОГО ВПЛИВУ

На підставі результатів проведених польових і лабораторних досліджень в зонах мілітарного впливу на ґрунти дослідженої ділянки смт. Слобожанське Чугуївського району Харківської області встановлено хімічне забруднення ґрунтів важкими металами. Інструментальними методами встановлено кількісні рівні вмісту рухомих та потенційно доступних форм Cd і Pb, Cr і Cu у ґрунтах (табл. 3.1-3.4).

З метою поліпшення екологічного стану ґрунтів у складі агроценозів Харківської області за мілітарно-техногенних впливів застосовано методи біоремедіації ґрунтів. На ґрунтах визначених забруднених ділянок мілітарного впливу застосовано біопрепарати - мікопрепарат Хетомік, біодобриво і ґрунтополіпшувач Граундфікс.

Досліджувані біопрепарати використано у двох різних дозах згідно з розробленою схемою проведення мікропольового дослідження. У якості контролю використано забруднений ґрунт за мілітарного впливу.

Ефективність дії біопрепаратів на забруднених ґрунтах за мілітарного впливу визначено дослідженнями впливу застосованих біопрепаратів на вміст рухомих форм металів-токсикантів у забрудненому ґрунті.

Діагностування ефективності біоремедіації забруднених ґрунтів проведено використанням буферного амонійно-ацетатного екстрагенту зрН4,8 для характеристики стану рухомих форм важких металів, що є доступними для рослин. Також було залучено екстрагент 1 нНСL, що характеризує кислоторозчинні потенційно рухомі форми металів-токсикантів ґрунту, тобто найближчий «резерв забруднювачів» ґрунту.

Використання двох екстрагентів важких металів з ґрунту сприяло більшій об'єктивності діагностики та оцінювання екологічного стану ґрунту за мілітарного впливу, підвищенню ефективності виявлення особливостей біоремедіації забруднених Cd, Pb, Cr, Cu ґрунтів за використання біопрепаратів.

3.1. Дослідження впливу біопрепаратів на вміст рухомих форм металів-токсикантів у забрудненому ґрунті за використання буферного амонійно-ацетатного екстрагенту з рН 4,8.

На базі результатів досліджень щодо рухомості сполук Cd у ґрунті за мілітарного впливу встановлено перевищення фонових рівнів вмісту металу-токсиканту у 9,8 разів з урахуванням фону Cd_{ААБзрН4,8} = 0,05 мг/кг ґрунту (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Вплив мікропрепарату Хетомік та ґрунтополіпшувача Граундфікс на рівні вмісту рухомих форм Cd у ґрунті

Варіанти досліджу	Вміст Cd, мг/кг ґрунту (екстрагент ААБ з рН 4,8)	Перевищення фонових рівнів вмісту Cd, разів <i>Фон 0,05 мг/кг</i>	Зниження рівнів вмісту рухомих форм Cd у ґрунті, %
Контроль (міл.впл)	0,49	9,8	-
Хетомік 1 доза	0,30	6,0	38,7
Хетомік 2 доза	0,32	6,4	34,7
Граундфікс 1 доза	0,16	3,1	67,3
Граундфікс 2 доза	0,14	2,8	71,4
Критерій Фішера F _{факт} > F _{теор}	F _{факт} = 9,19 > F _{теор} = 5,2	-	-

На варіантах застосування мікропрепарату Хетомік у двох тестованих дозах виявлено зниження рівнів вмісту рухомих форм Cd у ґрунті на 34,7% та 38,7% (рис. 3.1), що відповідає зниженню рівнів забруднення ґрунту з 0,49 мг/кг до 0,3 мг/кг ґрунту.

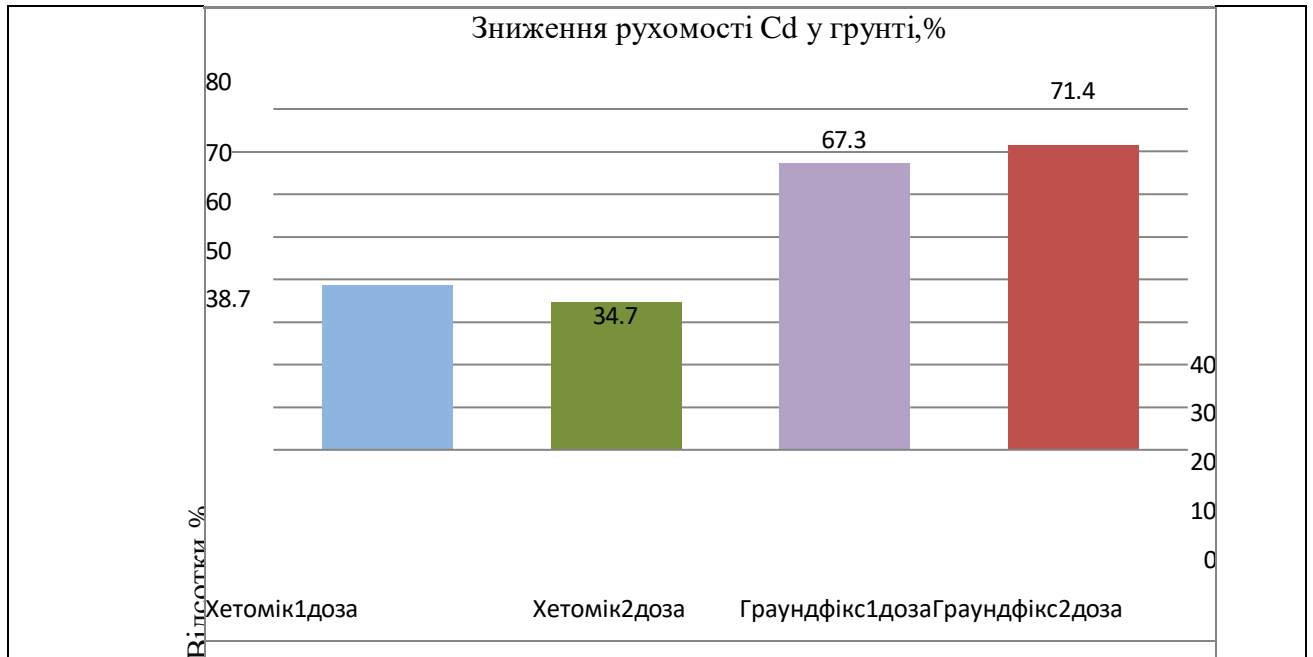


Рис.3.1-Вплив біопрепаратів Хетомік та Граундфікс на рухомість Cd у ґрунті

Використанням двох доз біопрепарату Граундфікс зафіксовано більш ефективно зниження рівнів вмісту рухомих форм Cd у ґрунті – до 67% і 71%, що відповідає зниженню рівнів забруднення ґрунту Cd з 0,49 мг/кг до 0,14 мг/кг ґрунту (табл. 3.1, рис.3.1).

За мілітарного впливу на ґрунти агроценозів встановлено також перевищення фонового рівня вмісту Pb у ґрунті у 3 рази. Фон Pb_{ААБзрН4,8} - 0,5 мг/кг ґрунту (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Вплив мікропрепарату Хетомік та ґрунтополіпшувача Граундфікс на рівні вмісту рухомих форм Pb у ґрунті

Варіанти досліджу	Вміст Pb, мг/кг ґрунту (екстрагент ААБз рН 4,8)	Перевищення фонового рівня вмісту Pb, разів <i>Фон</i> 0,5 мг/кг	Зниження рівнів вмісту рухомих форм Pb у ґрунті, %
Контроль(міл.впл)	1,57	3,1	-
Хетомік1 доза	0,64	1,3	59,2
Хетомік2доза	0,86	1,7	45,2
Граундфікс1доза	1,32	2,7	15,9
Граундфікс2доза	0,92	1,8	41,4
Критерій Фішера Fфакт>Fтеор	Fфакт= 28,3 Fтеор =5.2	>	-

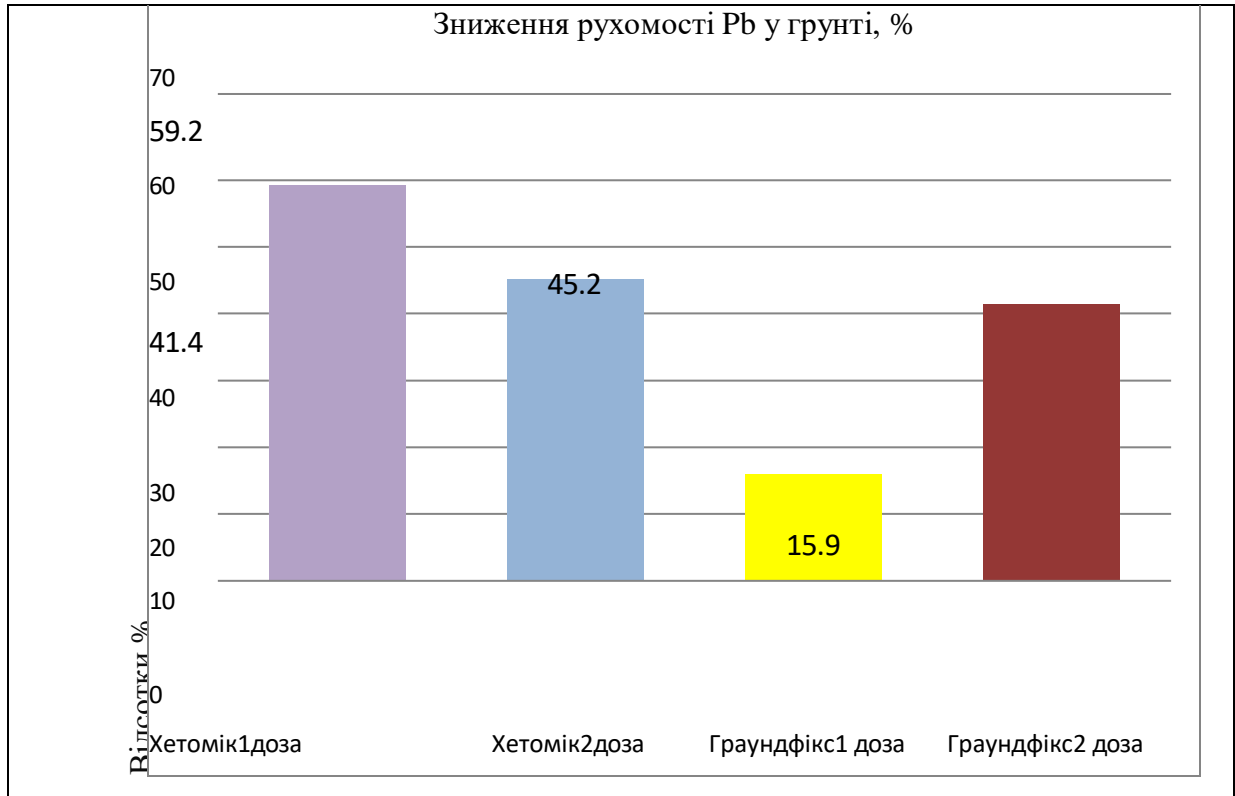


Рис.3.2- Вплив біопрепаратів Хетомік та Граундфікс на рухомість Рb у ґрунті

Використання біопрепарату Хетомік на забруднених Рb ґрунтах за мілітарного впливу забезпечило зниження рухомості металу-токсиканту у ґрунті на 45-59% із зафіксованої більшою ефективністю дії мікопрепарату порівняно до дії ґрунтополіпшувача Граундфікс (рис. 3.2).

Застосування Граундфікс у двох різних дозах на забруднених ґрунтах призвело до зниження рівнів вмісту рухомих форм Рb на 15,9% та на 41,4%.

Виявлено пріоритетність застосування мікопрепарату Хетомік для відновлення забруднених Рb ґрунтів.

За мілітарного впливу на ґрунти агроценозів встановлено перевищення фонового рівня вмісту Cr у ґрунті у 12,9 разів. Фон $Cr_{AA\text{BзрН}4,8}$ - 0,1 мг/кг ґрунту.

Досліджені дози застосованих біопрепаратів ефективно вплинули на рівні вмісту рухомих форм Cr у забрудненому ґрунті (табл. 3.3). Зокрема, внесення мікопрепарату Хетомік забезпечило зниження рівнів вмісту рухомих форм Cr у ґрунті на 47-58,9 % (рис. 3.3).

Таблиця 3.3

Вплив мікропрепарату Хетомік та ґрунтополішувача Граундфікс на рівні вмісту рухомих форм Сг у ґрунті

Варіанти досліджу	Вміст Сг, мг/кг ґрунту (екстрагент ААБ з рН 4,8)	Перевищення фоновогорівня вмісту Сг, разів <i>Фон 0,1 мг/кг</i>	Зниження рівнів вмісту рухомих форм Сг у ґрунті, %
Контроль (міл.впл)	1,29	12,9	-
Хетомік 1 доза	0,68	6,8	47,3
Хетомік 2 доза	0,53	5,3	58,9
Граундфікс 1 доза	0,28	2,8	78,3
Граундфікс 2 доза	0,16	1,6	87,6
Критерій Фішера F факт > F теор	Fфакт= 479,1> Fтеор=5.19	-	-

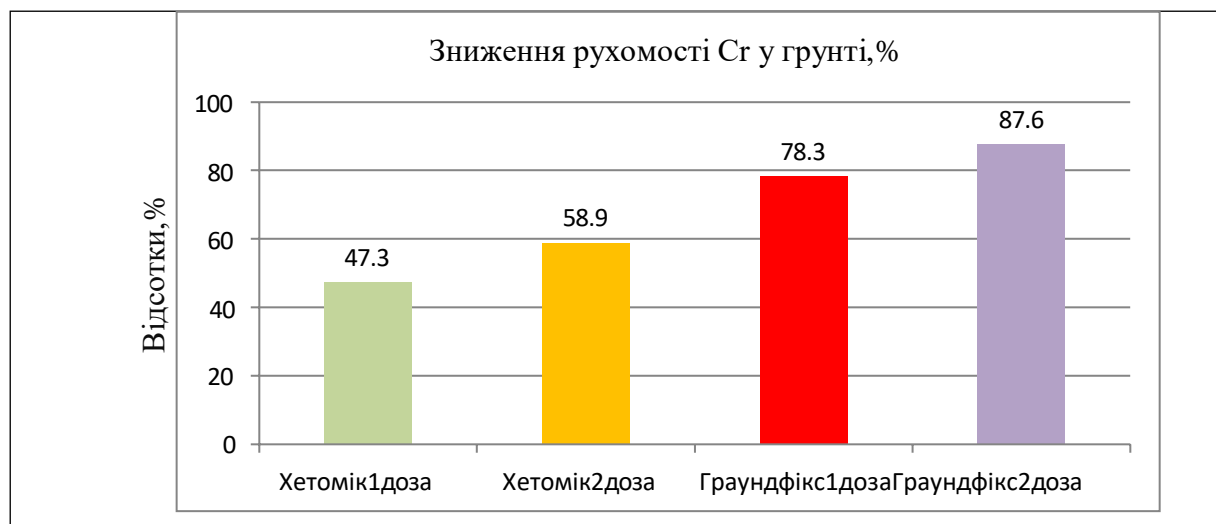


Рис.3.3-Вплив біопрепаратів Хетомік та Граундфікс на рухомість Сг у ґрунті

Використання біопрепарату Граундфікс у двох різних дозах сприяло зниженню рівнів вмісту рухомих форм Сг у ґрунті на 78,3% та на 87,6%.

Результатами досліджень впливу різних доз мікропрепарату Хетомік та ґрунтополішувача Граундфікс встановлено ефективність їх впливу на рівні вмісту рухомих форм Сг у ґрунті (табл.3.4). Зокрема, перевищення фонового рівня вмісту рухомих форм Сг у ґрунті за міліарного впливу становило 1,58 рази. Фон Сг_{ААБзрН4,8} - 0,5 мг/кг ґрунту (рис. 3.4).

Таблиця 3.4

Вплив мікропрепарату Хетомік та ґрунтополішувача Граундфікс на рівні вмісту рухомих форм Си у ґрунті

Варіанти досліджу	Вміст Си, мг/кг ґрунту (екстрагент ААБ з рН 4,8)	Перевищення фоновому рівня вмісту Си, разів <i>Фон 0,5 мг/кг</i>	Зниження рівнів вмісту рухомих форм Си у ґрунті, %
Контроль(міл.впл)	0,79	1,58	-
Хетомік 1 доза	0,65	1,3	17,7
Хетомік 2 доза	0,39	0,79	50,6
Граундфікс 1 доза	0,75	1,5	5,1
Граундфікс 2 доза	0,56	1,13	26,3
Критерій Фішера Fфакт > Fтеор	Fфакт= 61,67> Fтеор=4.38	-	-

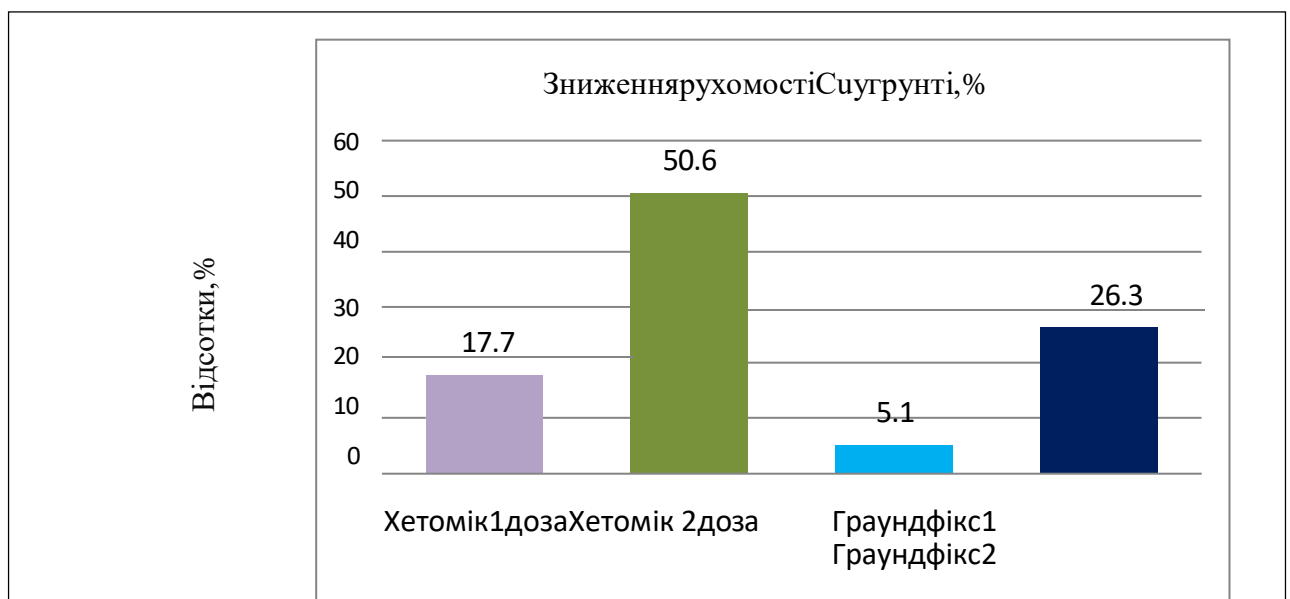


Рис.3.4-Вплив біопрепаратів Хетомік та Граундфікс на рухомість Си у ґрунті

Виявлено, що застосування мікопрепарату Хетомік забезпечило зниження рівня вмісту рухомих форм Си у ґрунті на 17,7 та на 50,6% згідно з внесено дозою препарату та відповідно було більш ефективним у порівнянні з запропонованими дозами біопрепарату Граундфікс. Зокрема,

встановлено зниження рівнів вмісту рухомих форм Cu у ґрунті на 5% та 26% за внесення різних доз ґрунтополіпшувача Граундфікс.

Таким чином, результати досліджень щодо ефективності біоремедіації забруднених Cd, Pb, Cr та Cu ґрунтів за мілітарного впливу свідчать про доцільність застосування запропонованих доз внесення біопрепаратів на ґрунтах у складі агроценозів.

3.2. Дослідження впливу біопрепаратів на вміст потенційно доступних форм металів-токсикантів у ґрунті за використання екстрагенту 1н HCL

На підставі отриманих результатів щодо вмісту потенційно доступних форм Cd у ґрунті за мілітарного впливу встановлено перевищення у 5,3 рази фонового рівня металу-токсиканту у ґрунті. Фон $Cd_{1нHCL}$ - 0,5мг/кг ґрунту (табл. 3.5).

Виявлено, що використання мікопрепарату Хетомік сприяло зниженню вмісту потенційно доступних форм Cd ґрунту до 60% та до 80 % за перевищення у 2 рази фонового рівня вмісту металу-токсиканту.

Таблиця 3.5

Вплив мікопрепарату Хетомік та ґрунтополіпшувача Граундфікс на рівні вмісту потенційно доступних форм Cd у ґрунті

Варіанти дослідів	Вміст Cd, мг/кг ґрунту (екстрагент 1н HCL)	Перевищення фонового рівня вмісту Cd, разів <i>Фон 0,5 мг/кг</i>	Зниження рівнів потенційно доступних форм Cd у ґрунті, %
Контроль (мілітарний вплив)	2,66	5,32	-
Хетомік 1 доза	1,04	2,08	60,9
Хетомік 2 доза	0,52	1,04	80,4
Граундфікс 1 доза	0,9	1,80	66,0
Граундфікс 2 доза	0,45	0,90	83,1
Критерій Фішера F факт = 255,8 > F теор = 5,19		-	-

Застосування ґрунтополіпшувача Граундфікс забезпечило ефективний вплив на потенційно доступні форми Cd зі зниженням їх вмісту до 66% та до 83% в залежності від дози внесення біопрепарату (рис. 3.5).

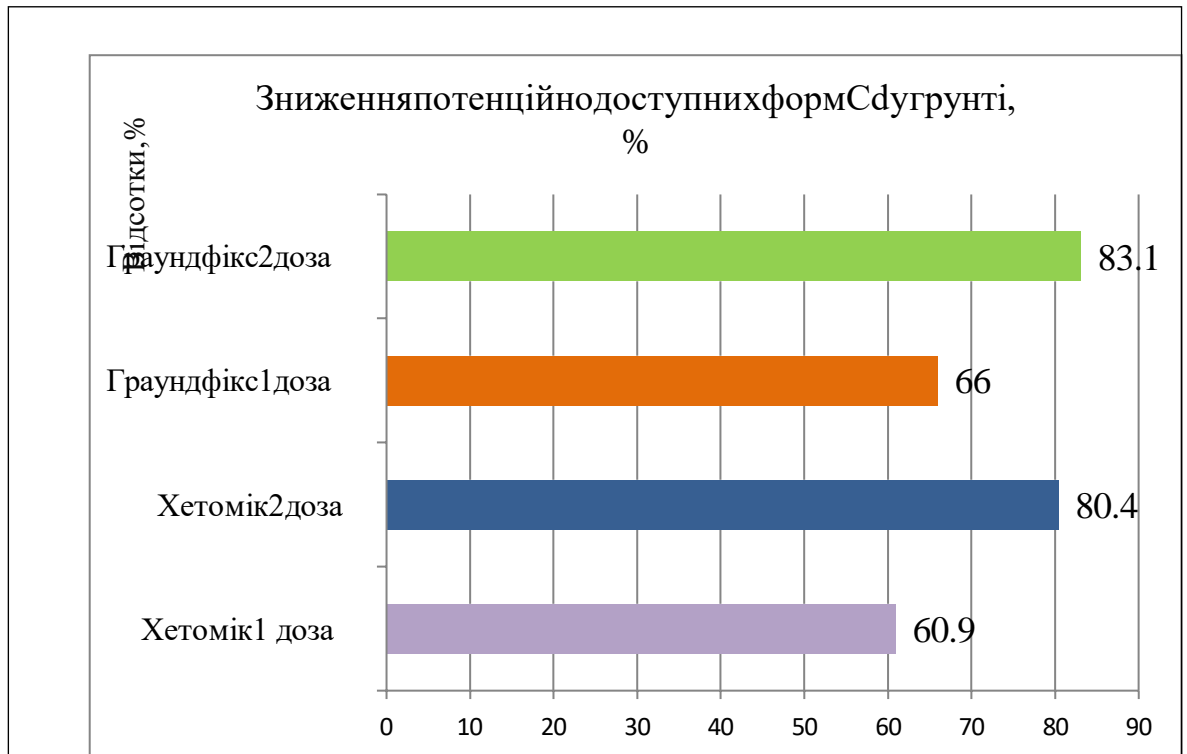


Рис.3.5 – Вплив біопрепаратів Хетомік та Граундфікс на рухомість Cd у ґрунті

Встановлено, що за міліарного впливу перевищення фонового вмісту потенційно доступних форм Pb у ґрунті складало 1,3 рази. Фон Pb_{1nHCL} – 5мг/кг ґрунту (табл. 3.6, рис. 3.6).

Таблиця 3.6

Вплив мікропрепарату Хетомік та ґрунтополіпшувача Граундфікс на рівні вмісту потенційно доступних форм Pb у ґрунті

Варіанти дослідження	Вміст Pb, мг/кг ґрунту (екстрагент 1n HCL)	Перевищення фоново горівня вмісту Pb, разів <i>Фон 5 мг/кг</i>	Зниження рівнів потенційно доступних форм Pb у ґрунті, %
Контроль (міліарний вплив)	6,33	1,27	-
Хетомік 1 доза	4,69	0,94	25.9
Хетомік 2 доза	2,18	0,44	65.4
Граундфікс 1 доза	5,92	1,18	7.1
Граундфікс 2 доза	5,34	1,07	15.7

Критерій Фішера Fфакт>Fтеор	Fфакт= 599,3> Fтеор=5,19	-	-
--------------------------------	-----------------------------	---	---

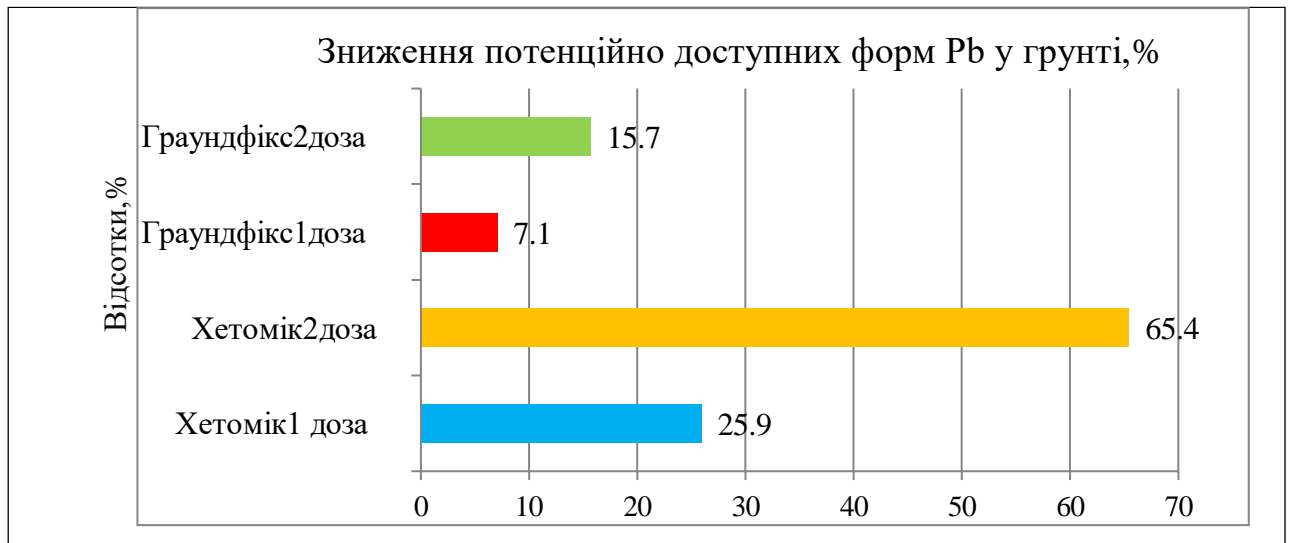


Рис.3.6- Вплив біопрепаратів Хетомік та Граундфікс на рухомість Рв у ґрунті

Зафіксовано позитивний вплив внесення мікопрепарату Хетомік і ґрунтополіпшувача Граундфікс на рівні вмісту потенційно доступних форм Рв у ґрунті.

Зокрема, внесення біопрепарату Хетомік забезпечило на 26-65% зниження вмісту потенційно доступних форм Рв у ґрунті, тобто вплив мікропрепарату Хетомік був більш ефективним. Застосування двох різних доз ґрунтополіпшувача Граундфікс сприяло зменшенню вмісту потенційно доступних форм Рв у ґрунті на 7-15,7%.

За результатами досліджень виявлено перевищення фонового вмісту потенційно доступних форм Cr у ґрунті у 1,5 рази. Фон Cr_{1HCL} – 2мг/кг ґрунту (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

Вплив мікропрепарату Хетомік та ґрунтополіпшувача Граундфікс на вміст потенційно доступних форм Cr у ґрунті

Варіанти дослідів	Вміст Cr, мг/кг ґрунту (екстрагент 1HCL)	Перевищення фонового рівня вмісту Cr, разів Фон 2 мг/кг	Зниження рівнів потенційно доступних форм Cr у ґрунті, %

Контроль (міл.впл)	3	1.5	-
Хетомік 1 доза	1,9	0,95	36,6
Хетомік 2 доза	1,4	0,70	53,3
Граундфікс 1 доза	1,6	0,80	46,6
Граундфікс 2 доза	1,5	0,75	50,1
Критерій Фішера Fфакт > Fтеор	Fфакт= 8,84 > Fтеор=5,19	-	-

За умов мілітарного впливу встановлено позитивні ефекти застосування мікропрепарату Хетомік та ґрунтополіпшувача Граундфікс на рівні вмісту потенційно доступних форм Сr ґрунту.

Виявлено, що застосування мікропрепарату Хетомік у двох різних дозах призвело до зниження вмісту потенційно рухомих форм Сr у ґрунті на 36% та 53%. Використання біопрепарату Граундфікс у різних дозах забезпечило зниження до 50% рівнів вмісту потенційно доступних форм Сr у ґрунті (рис. 3.7)

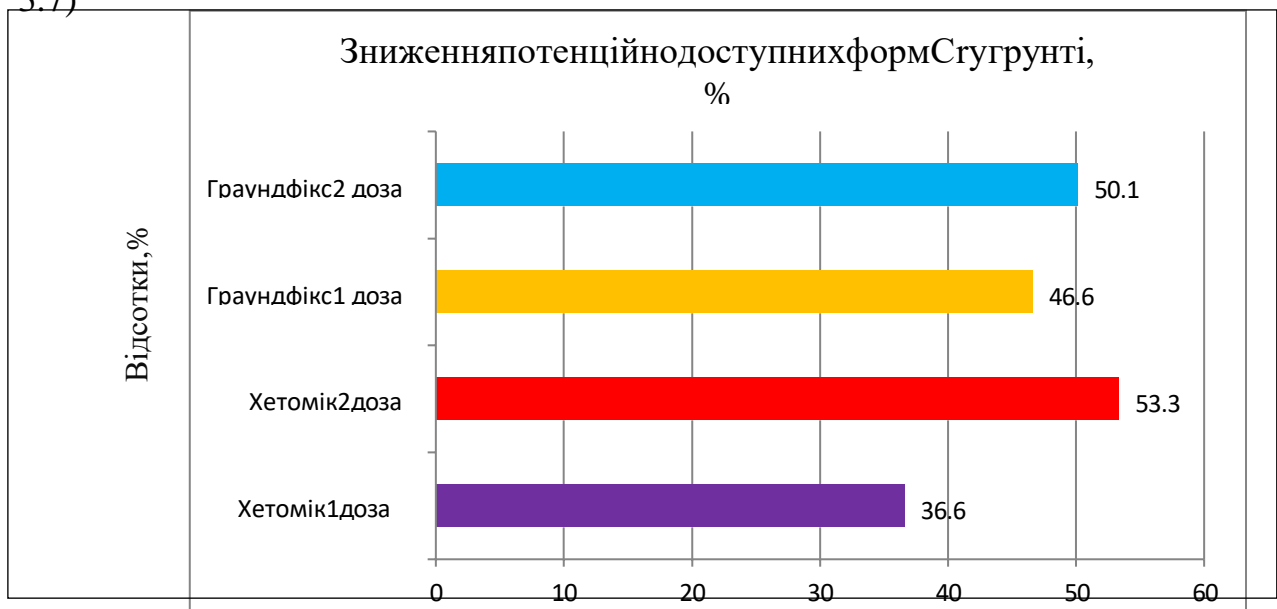


Рис.3.7- Вплив біопрепаратів Хетомік та Граундфікс на рухомість потенційно доступних форм Сr у ґрунті

На базі отриманих результатів досліджень встановлено перевищення у 3.8 рази фонового вмісту потенційно доступних форм Сu у ґрунті. Фон Сu_{1нНСL} – 3мг/кг ґрунту (табл. 3.8).

Таблиця 3.8

Вплив мікропрепарату Хетомік та ґрунтополіпшувача Граундфікс на рівні вмісту потенційно доступних форм Cu у ґрунті

Варіанти дослідів	Вміст Cu, мг/кг ґрунту (екстрагент HCL)	Перевищення фонового рівня вмісту Cu, разів <i>Фон 3 мг/кг</i>	Зниження рівнів вмісту рухомих форм Cu у ґрунті, %
Контроль (міл.впл)	11,49	3,83	-
Хетомік 1 доза	4,47	1,49	61,09
Хетомік 2 доза	3,7	1,23	67,8
Граундфікс 1 доза	5,67	1,89	50,6
Граундфікс 2 доза	4,81	1,60	58,2
Критерій Фішера $F_{05\text{факт}} > F_{05\text{теор}}$	$F_{\text{факт}} = 104,6 >$ $F_{\text{теор}} = 5,19$	-	-

Виявлено більшу ефективність мікропрепарату Хетомік на забрудненому Cu ґрунті. Застосування мікропрепарату Хетомік за умов мілітарного впливу на забрудненому Cu ґрунті забезпечило зниження на 61- 68 % вмісту потенційно доступних форм Cu у ґрунті (рис. 3.8).

Встановлено позитивні ефекти використання ґрунтополіпшувача Граундфікс, що сприяло поліпшенню екологічного стану ґрунту за зниження до 58% вмісту потенційно доступних форм Cu у ґрунті.

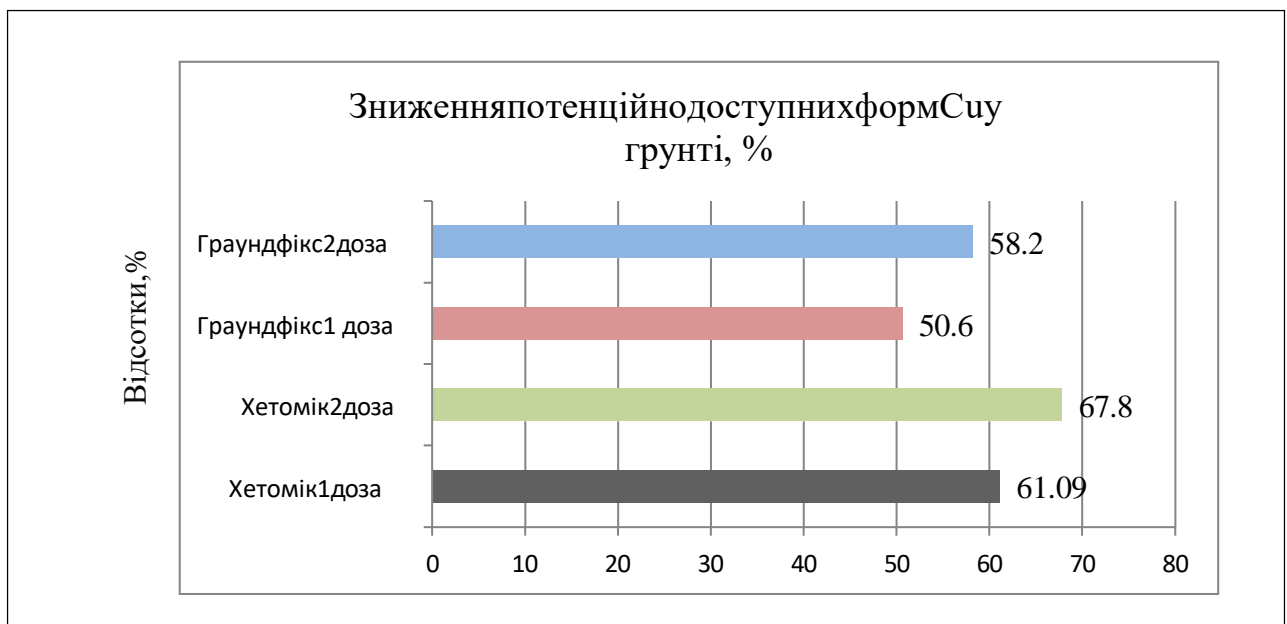


Рис.3.8 – Вплив біопрепаратів Хетомік та Граундфікс на рухомість Cu у ґрунті

Дані щодо рівнів вмісту рухомих форм та потенційно доступних форм Cd, Pb, Cr та Cu у ґрунті за його біоремедіації мікопрепаратом Хетомік та ґрунтополішувачем Граундфікс статистично оброблено з використанням модулю однофакторного дисперсійного аналізу програми Excel.

Визначено дисперсії варіантів і помилок для розрахунку критерію Фішера (F_{05}) фактичного та F_{05} теоретичного для заданого рівня значущості. Зафіксовано, що умова $F_{05\text{факт}} > F_{05\text{теор}}$ виконується для всіх варіантів запропонованої схеми дослідів (табл. 3.1- 3.9), що доводить коректність схеми та достовірність одержаних результатів досліджень. Приймається альтернативна гіпотеза, відповідно до якої різниця між вибірковими середніми величинами в досліді є суттєвою.

Отже, доведено значимість впливу досліджуваного фактора внесення біопрепаратів на результативну ознаку - вміст металу-токсиканту у ґрунті. Розрахунків найменшої істотної різниці (НІР) не потрібно.

Таким чином, за результатами досліджень особливостей використання запропонованих біопрепаратів Хетомік та Граундфікс для біоремедіації за умов мілітарних впливів встановлено достовірні ремедіаційні ефекти щодо зниження вмісту рухомих та потенційно доступних форм металів-токсикантів забрудненого Cd, Pb, Cr, Cu чорноземного ґрунту.

ВИСНОВКИ

1. На основі аналізу наявних даних щодо особливостей мілітарного впливу на ґрунти встановлено, що негативні впливи військових дій пов'язані з багатьма змінами у структурі та якості ґрунтів. Зокрема, механічні впливи від ущільнення військової техніки та риття окопів, фізичні - вібрації, вибухи чи пожежі, хімічні, пов'язані з токсичними вибуховими речовинами та біологічні, які викликають руйнацію біологічної складової ґрунту, порушуючи основні ґрунтові процеси, та суттєво знижують родючість ґрунту. Окрім того, унеможлиблюється використання замінованих агроценозів для вирощування сільськогосподарських культур.

2. Визначено особливості ремедіації ґрунтів за мілітарного впливу та екологічного стану об'єктів досліджень, відповідно до теми і предмету досліджень та завдань роботи, за проведення польових та лабораторних досліджень. На ґрунтах визначених забруднених ділянок мілітарного впливу застосовано біопрепарати - мікопрепарат Хетомік, біодобриво і ґрунтополіпшувач Граундфікс.

3. Виявлено, що на варіантах застосування мікопрепарату Хетомік у двох тестованих дозах виявлено зниження рівнів вмісту рухомих форм Cd у ґрунті на 34,7% та 38,7% , що відповідає зниженню рівнів забруднення ґрунту з 0,49мг/кг до 0,3 мг/кг ґрунту. Використання біопрепарату Хетомік на забруднених Pb ґрунтах за мілітарного впливу забезпечило зниження рухомості металу-токсиканту у ґрунті на 45-59%. Внесення мікопрепарату Хетомік забезпечило зниження рівнів вмісту рухомих форм Cr у ґрунті на 47-58.9%. застосування мікопрепарату Хетомік забезпечило зниження рівня вмісту рухомих форм Cu у ґрунті на 17,7 та на 50,6% згідно з внесеною дозою препарату.

4. Використанням двох доз біопрепарату Граундфікс зафіксовано більш ефективного зниження рівнів вмісту рухомих форм Cd у ґрунті – до 67% і 71%, що відповідає зниженню рівнів забруднення ґрунту Cd з 0,49мг/кг до 0,14мг/кг ґрунту. Застосування Граундфікс у двох різних дозах на забруднених

грунтах призвело до зниження рівнів вмісту рухомих форм Pb на 15,9% та на 41,4%. Використання біопрепарату Граундфікс у двох різних дозах сприяло зниженню рівнів вмісту рухомих форм Cr у ґрунті на 78,3% та на 87,6%. Встановлено зниження рівнів вмісту рухомих форм Cu у ґрунті на 5% та 26% за внесення різних доз ґрунтополіпшувача Граундфікс.

5. Результати досліджень щодо ефективності біоремедіації забруднених Cd, Pb, Cr та Cu ґрунтів за мілітарного впливу свідчать про доцільність застосування запропонованих доз внесення біопрепаратів Хетомікта Граундфікс на хімічно забруднених ґрунтах у складі агроценозів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гамкало З.Г. Екологічна якість ґрунту: Навчальний посібник. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2008. 232 с.
2. Вплив воєнних дій на ґрунт. *Національний університет біоресурсів і природокористування України*. URL: <https://nubip.edu.ua/node/121607> (дата звернення: 21.06.2024).
3. Ні, війна не є причиною забувати про екологію. Що може зробити кожен із нас. URL: <https://www.village.com.ua/village/city/eco/342447-ni-viyna-ne-e-prichinoyu-zabuvati-pro-ekologiyu-scho-mozhe-zrobiti-kozhen-iz-nas> (дата звернення: 21.06.2024).
4. Бончковський О., Остапенко П., Бончковський А., Швайко В., Чехній В., Стракович А., Лазарець А., Бончковська Н. Комплексна оцінка забруднення сільськогосподарських угідь: Слобожанська територіальна громада/ / Проект «Відновлення засобів до існування та відродження сільських громад, що постраждали від мін та вибухонебезпечних повоєнних залишків», що фінансується Продовольчою та сільськогосподарською організацією ООН (ФАО)/ Товариство дослідників України - Київ.- 2023. - 15 с.
5. Веб-камери ради – Слобожанська селищна рада. URL: <http://km-sov.gov.ua/index.php/home/webcams-council.html> (дата звернення: 20.06.2024).
6. Ні, війна не є причиною забувати про екологію. Що може зробити кожен із нас. URL: <https://www.village.com.ua/village/city/eco/342447-ni-viyna-ne-e-prichinoyu-zabuvati-pro-ekologiyu-scho-mozhe-zrobiti-kozhen-iz-nas> (дата звернення: 21.06.2024).
7. Repository (electronic archive of open access) of the State Biotechnological University: Home URL: https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/13274/1/Vkhnau_grunt_2013_2_51.pdf (дата звернення: 24.06.2024).

8. ДСТУ ISO 10381-1:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. Частина 1. Настанови щодо складання програм відбирання проб (ISO 10381-1:2002, IDT). К.: Держспоживстандарт України, 2006. 36 с. (Національний стандарт України).
9. ДСТУ ISO 10381-2:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. Частина 2. Настанови з методів відбирання проб (ISO 10381-2:2002, IDT). К.: Держспоживстандарт України, 2006. 29 с. (Національний стандарт України). ДСТУ 7243:2011. Якість ґрунту. Землі техногенно забруднені. Обстеження і використання. К.: Держспоживстандарт України, 2012. 12 с. (Національний стандарт України).
10. ДСТУ ISO 11464:2007 Якість ґрунту. Попереднє оброблення зразків для фізико-хімічного аналізу (ISO 11464:2006, IDT).
11. ДСТУ 4770.1-9:2007. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук Mn, Zn, Fe, Co, Cu, Cd, Cr, Pb, Ni в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН4, 8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії. К.: Держспоживстандарт України, 2009. 117 с. (Національні стандарти України).
12. Про затвердження нормативів ГДК небезпечних речовин у ґрунтах, а також переліку таких речовин. Постанова КМУ України від 15.12.2021 № 1325. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1325-2021-%D0%BF#Text>
13. Звіт про НДР Розробити науково-методичне забезпечення діагностування якості хімічно забруднених ґрунтів: звіт про НДР/ННЦІГА імені О.Н. Соколовського; кер. А.І. Фатєєв; викон.: В.Л. Самохвалова [та ін.]. Шифр теми 01.02.02.01.Ф. № 0121U108037. Харків: 2021. 188 с.
14. Звіт про НДР Розробити наукові засади оцінювання якості хімічно забруднених ґрунтів: звіт про НДР/ННЦІГА імені О.Н. Соколовського; кер. В.Л. Самохвалова; викон.: Семенов Д.О. [та ін.]. Шифр теми 01.02.02.01. Ф. №0121U108037. Харків:2022.186 с.
15. Звіт про НДР Розробити методичні основи прогнозування якості хімічно забруднених ґрунтів: звіт про НДР/ННЦІГА імені О.Н.

Соколовського; кер. В.Л. Самохвалова; викон.: Семенов Д.О. [та ін.]. Шифр теми 01.02.02.01.Ф. №0121U108037. Харків: 2023. 152 с.

16. Самохвалова В., Фатєєв А., Лучникова Є. Еколого-геохімічна оцінка фонового рівня вмісту різних форм мікроелементів ґрунту. Вісник Львівського університету. Серія біологічна. 2011. Випуск 55. С.125-133 ISSN 0206-5657

<http://publications.lnu.edu.ua/bulletins/index.php/biology/article/view/8882/8851>

17. Фоновий вміст мікроелементів у ґрунтах України. За ред. А.І. Фатєєва, Я.В. Пащенко. Харків: Друкарня №13, 2003. 117 с.