

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавра

на тему

ПІДХОДИ ДО ВІДНОВЛЕННЯ ҐРУНТІВ СЛОБОЖАНСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ ЧУГУЇВСЬКОГО РАЙОНУ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Виконав: студентка _4_ курсу, групи ЗДЕ-41
спеціальності : 101 «Екологія»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Пі автора _____ / Крістіна СІЛУТІНА
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник _____ / Ганна ТІТЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

Рецензент _____ / _____
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри _____ / Андрій АЧАСОВ
(підпис) (ім'я та прізвище)

Нормоконтроль _____ / Інна МИРОНОВА
(підпис) (ім'я та прізвище)

Секретар ЕК _____ / Світлана БУРЧЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені В. Н. КАРАЗІНА
Інститут: Навчально-науковий інститут екології

Кафедра: екології та менеджменту довкілля

Рівень вищої освіти: бакалавр

Спеціальність 101 Екологія

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ / проф. Андрій АЧАСОВ
підпис ім'я та прізвище
“__” _____ 2025 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ)

Крістіна СІЛУТІНА
(ім'я та прізвище)

Тема роботи: Підходи до відновлення ґрунтів Слобожанської територіальної громади Чугуївського району Харківської області

керівник роботи _____ Ганна ТІТЕНКО, доцент, канд. географ. наук,
(ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “16” квітня 2025 року №4301-5/966 та
уточнені наказом по університету від “05” червня 2025 року №4301-5/1367

2. Строк подання студентом роботи 08.05.2025 року

3. Перелік питань, які потрібно розробити :

1. Проаналізувати причини та наслідки деградації ґрунтів, сучасні підходи до їх відновлення та практики відновлення в Україні та за кордоном.
2. Визначити історію деградації ґрунтів громади, сучасний стан екологічний стан ґрунтів, основні типи деградації та забруднення території громади.
3. Здійснити порівняльний аналіз існуючих технологій та вибір пріоритетних методів для різних типів порушень ґрунту.
4. Запропонувати сценарії застосування технологічних і біологічних методів.

5. Надати рекомендації для місцевих органів влади, фермерських господарств та екологічних служб.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Проаналізувати фізико-географічне положення та природні умови Слобожанської територіальної громади як чинники формування ґрунтового покриву.
2	Зробити аналіз історії деградації ґрунтів громади, сучасний стан родючості ґрунтів та визначити основні чинники, що сприяли погіршенню фізичних, хімічних та біологічних властивостей ґрунтів.
3	Зробити аналіз існуючих підходів до відновлення ґрунтів в умовах Лівобережного Лісостепу України.
4	Зробити аналіз доцільності та ефективності впровадження технологічних та біологічних методів відновлення ґрунтів у межах Слобожанської громади.
5	Запропонувати рекомендації щодо впровадження системи заходів з відновлення родючості та екологічного стану ґрунтів громади.

5. Дата видачі завдання 10 червня 2024 року

Студент

підпис

Крістіна СІЛУТІНА

ім'я і прізвище

Керівник роботи

підпис

доц. Ганна ТІТЕНКО

посада, ім'я і прізвище

АНОТАЦІЯ

**ПІДХОДИ ДО ВІДНОВЛЕННЯ ҐРУНТІВ СЛОБОЖАНСЬКОЇ
ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ ЧУГУЇВСЬКОГО РАЙОНУ ХАРКІВСЬКОЇ
ОБЛАСТІ**

Крістіна СІЛУТІНА

Кваліфікаційна робота «Підходи до відновлення ґрунтів Слобожанської територіальної громади Чугуївського району Харківської області» містить 45 сторінок основного тексту, 3 розділи, 6 таблиць, 3 рисунки, 23 використаних джерела.

Мета роботи. Розробити обґрунтовані підходи до відновлення родючості та екологічного стану ґрунтів Слобожанської громади із застосуванням сучасних технологічних та біологічних підходів.

Актуальність теми. Внаслідок інтенсивного землеробства, промислового забруднення та воєнних дій ґрунтовий покрив Слобожанської громади зазнав значної деградації. Відновлення ґрунтів є критично важливим завданням для сталого розвитку агроландшафтів, підвищення продовольчої безпеки та поліпшення екологічного стану території.

Об'єкт дослідження. Ґрунтовий покрив Слобожанської громади.

Предмет дослідження. Сучасний стан ґрунтів громади, процеси їх деградації та методи й технології їх відновлення.

Методи дослідження. Аналіз літературних джерел та нормативної документації, польові обстеження, порівняльно-аналітичний метод.

Результати. Виявлено основні чинники деградації ґрунтів громади: дегуміфікація, ерозійні процеси, техногенне забруднення важкими металами (Mn, Zn, Pb, Cu, Cd, Ni, Cr), наслідки воєнних дій (механічна деградація, забруднення вибуховими речовинами та паливом). Запропоновано інтегровані підходи до відновлення, зокрема рекультивація земель, біологічна ремедіація (посів культур-акумуляторів), використання сидератів, оптимізація сівозмін, відновлення лісосмуг та моніторинг ґрунтів.

ПОВОЄННЕ ВІДНОВЛЕННЯ, ДЕГРАДАЦІЯ ҐРУНТІВ, БІОЛОГІЧНА РЕМЕДІАЦІЯ, СТАЛИЙ РОЗВИТОК, СЛОБОЖАНСЬКА ГРОМАДА, ТЕХНОГЕННЕ ЗАБРУДНЕННЯ, РЕКУЛЬТИВАЦІЯ, ВІДНОВЛЕННЯ РОДЮЧОСТІ.

ABSTRACT

**APPROACHES TO SOIL RESTORATION IN THE SLOBOZHANSKA
TERRITORIAL COMMUNITY OF CHUHUIV DISTRICT, KHARKIV REGION**

Kristina SILUTINA

The bachelor's qualification thesis "Approaches to Soil Restoration in the Slobozhanska Territorial Community of Chuhuiv District, Kharkiv Region" consists of 45 pages of main text, 3 chapters, 6 tables, 3 figures, and 23 references.

The aim of the study. To develop scientifically grounded approaches to restoring soil fertility and ecological status in the Slobozhanska community using modern technological, and biological methods.

Relevance of the topic. Due to intensive farming, industrial pollution, and the impacts of warfare, the soils of the Slobozhanska community have undergone significant degradation. Soil restoration is critical for achieving sustainable agricultural landscapes, ensuring food security, and improving the community's environmental conditions.

Object of the study. The territory of the Nikopol urban territorial community.

Subject of the study. The soil cover of the Slobozhanska community.

Research methods. Literature and regulatory analysis, field surveys, comparative analytical method .

Results. The study identified key drivers of soil degradation: humus loss, erosion, technogenic contamination with heavy metals (Mn, Zn, Pb, Cu, Cd, Ni, Cr), and war-related damage (mechanical degradation, contamination with explosives and fuel). Proposed integrated restoration approaches include land reclamation, biological remediation (cultivation of accumulator plants), green manuring, optimized crop rotation, shelterbelt restoration, and soil monitoring.

POST-WAR RECOVERY, SOIL DEGRADATION, BIOLOGICAL REMEDIATION, SUSTAINABLE DEVELOPMENT, SLOBOZHANSKA COMMUNITY, TECHNOGENIC POLLUTION, RECLAMATION, SOIL FERTILITY RESTORATION.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ПРОБЛЕМИ ДЕГРАДАЦІЇ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ҐРУНТІВ.....	9
1.1. Причини та наслідки деградації ґрунтів	9
1.2. Сучасні підходи до відновлення ґрунтів	12
1.3. Досвід впровадження практик відновлення ґрунтів в Україні та за кордоном	14
РОЗДІЛ 2 ЕКОЛОГО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА СЛОБОЖАНСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ.....	17
2.1. Фізико-географічне положення і природні умови	17
2.2. Характеристика ґрунтового покриву та сучасний екологічний стан ґрунтів.....	19
2.3. Основні типи деградації та забруднення ґрунтів громади.....	22
РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО ВІДНОВЛЕННЯ ҐРУНТІВ ТА ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ ДЛЯ СЛОБОЖАНСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ.....	25
3.1. Підходи до відновлення ґрунтів Слобожанської громади	25
3.2. Порівняльний аналіз існуючих технологій та вибір пріоритетних методів для різних типів порушень ґрунту	28
3.3. Сценарії комбінованого застосування технологічних і біологічних методів.....	37
3.4. Рекомендації для місцевих органів влади, фермерських господарств та екологічних служб.....	41
ВИСНОВКИ.....	45
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	47

ВСТУП

Відновлення родючості та екологічного стану ґрунтів є одним із ключових завдань сталого розвитку сільських територій України, особливо у регіонах, що зазнали значного техногенного та воєнного навантаження. Слобожанська територіальна громада Харківської області розташована на території, де традиційно сформувався потужний агропромисловий потенціал, що базується на використанні високородючих чорноземів. Водночас багаторічне інтенсивне землеробство, ерозійні процеси, забруднення ґрунтів, а також воєнні дії останніх років призвели до значного виснаження й деградації ґрунтового покриву [1,2].

Наразі перед громадою стоїть завдання комплексного відновлення ґрунтів для забезпечення продовольчої безпеки, підвищення стійкості агроєкосистем і поліпшення екологічного стану території. Вивчення та впровадження сучасних підходів до агротехнічного, біологічного, хімічного та інтегрованого відновлення ґрунтів є надзвичайно актуальним і потребує наукового обґрунтування та практичного впровадження.

Метою кваліфікаційної роботи є аналіз сучасного стану ґрунтів Слобожанської територіальної громади, виявлення основних чинників їх деградації та розробка обґрунтованих підходів до їх відновлення із застосуванням сучасних технологічних та біологічних підходів.

Для досягнення даної мети потрібно вирішити наступні завдання дослідження, а саме:

1. Проаналізувати фізико-географічне положення та природні умови Слобожанської територіальної громади як чинники формування ґрунтового покриву.
2. Дослідити історію деградації ґрунтів громади, сучасний стан родючості ґрунтів та визначити основні чинники, що сприяли погіршенню фізичних, хімічних та біологічних властивостей ґрунтів.
3. Провести аналіз існуючих підходів до відновлення ґрунтів в умовах Лівобережного Лісостепу України.

4. Оцінити доцільність та ефективність впровадження технологічних та біологічних методів відновлення ґрунтів у межах Слобожанської громади.

5. Розробити рекомендації щодо впровадження системи заходів з відновлення родючості та екологічного стану ґрунтів громади.

Об'єктом дослідження є ґрунтовий покрив Слобожанської територіальної громади Чугуївського району Харківської області.

Предметом дослідження є сучасний стан ґрунтів громади, процеси їх деградації та методи й технології їх відновлення.

Методи дослідження, які було використано при написанні кваліфікаційної роботи, це аналіз літературних джерел та нормативної документації, польові обстеження, порівняльно-аналітичний метод.

Практичне значення даної роботи полягає у розробленні комплексу науково обґрунтованих та адаптованих до умов Слобожанської територіальної громади підходів і рекомендацій щодо відновлення родючості та екологічного стану ґрунтів.

Отримані результати можуть бути використані органами місцевого самоврядування при плануванні програм сталого землекористування та екологічного відновлення території громади; аграрними підприємствами та фермерами громади для впровадження ефективних агротехнічних, біологічних та хімічних заходів з відновлення ґрунтів; фахівцями у сфері землеустрою, екологічного консалтингу та охорони земель для розроблення проектів протиерозійної організації території, програм фіторе mediaції та інтегрованого управління родючістю ґрунтів; у навчальному процесі закладів вищої освіти для підготовки фахівців з екології, агрономії, землеустрою та природокористування. В умовах післявоєнного відновлення території результати роботи можуть слугувати основою для розроблення локальних програм рекультивації земель і підвищення стійкості агроландшафтів Слобожанської громади.

Результати дослідження було опубліковано у матеріалах XXVII Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: освіта – наука – виробництво – 2025» у Харківському національному університеті імені В. Н. Каразіна у 2025 році.

РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ПРОБЛЕМИ ДЕГРАДАЦІЇ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ГРУНТІВ

1.1. Причини та наслідки деградації ґрунтів

Деградацію ґрунтів можна визначити як процес зниження їх родючості та погіршення фізико-хімічних властивостей під впливом як природних, так і антропогенних чинників. Серед природних факторів виділяються ерозія, процеси вапнування, посушування та зміни клімату, що можуть посилюватися природними коливаннями режиму опадів. Антропогенна діяльність, зокрема інтенсивне сільськогосподарське використання, надмірне застосування мінеральних і хімічних добрив, пестицидів, обезліснення та індустриальне забруднення, також суттєво впливає на деградацію ґрунтів. Наслідками цих процесів є зниження продуктивності сільськогосподарських угідь, зменшення біорізноманіття, порушення водного режиму та деградація ландшафтів, що негативно відображається на екологічному балансі регіону.

Деградацію ґрунтів визначають [3] як сукупність процесів погіршення фізичних, хімічних, біологічних та екологічних властивостей ґрунтів, що призводить до зниження їх родючості та екосистемних функцій. Згідно з оцінками проф. В.В. Медведєва, проблема деградації ґрунтів в Україні є системною і охоплює понад 30% сільськогосподарських угідь країни, причому на Лівобережному Лісостепу (в тому числі в Харківській області) процеси деградації проявляються особливо інтенсивно через поєднання природних і антропогенних чинників (рис.1.1) [3].

Деградаційні процеси в ґрунтах виявляються у зміні морфологічної будови, втраті гумусу, руйнуванні структури, надмірному ущільненні, виснаженні запасів поживних речовин, а подекуди у забрудненні. Ці явища спричиняють ряд несприятливих екологічних наслідків, що проявляються у порушенні водного й повітряного режимів, обміну речовин та енергії, погіршенні умов існування

різноманітних організмів, а також істотно знижують врожайність сільськогосподарських культур.

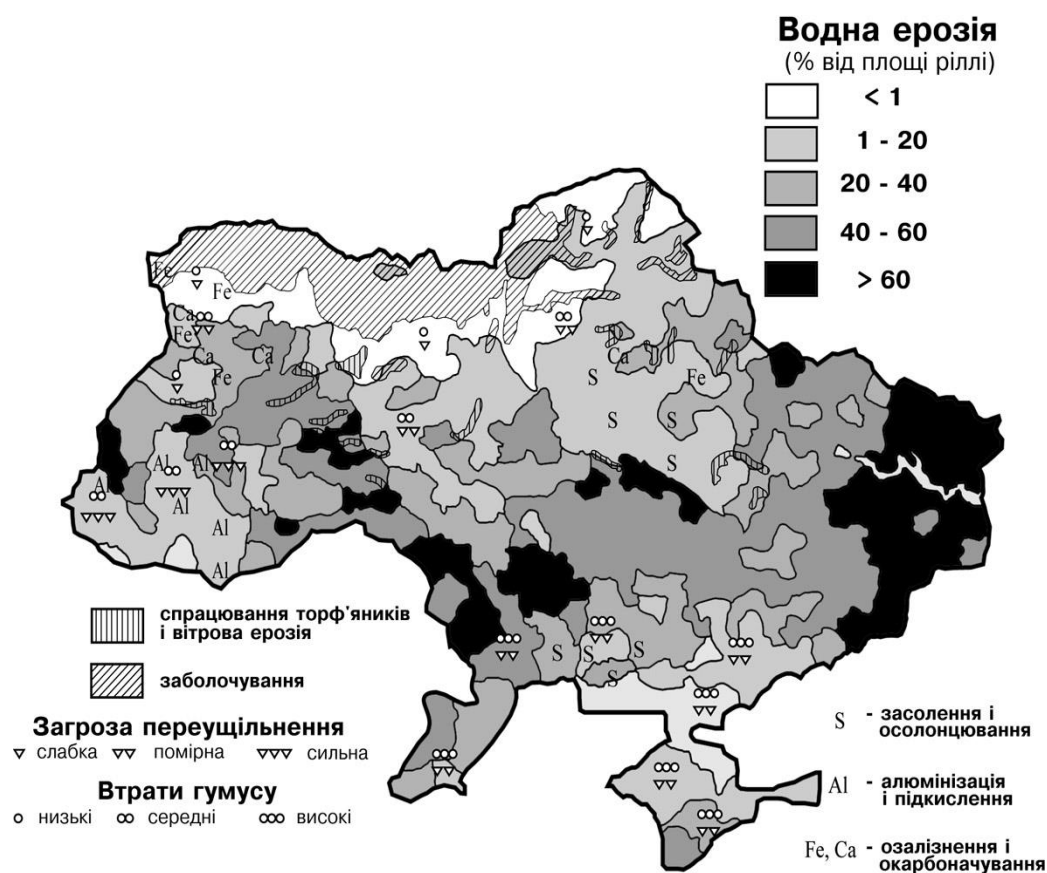


Рисунок 1.1 - Основні види деградації ґрунтів в Україні [3]

На території Слобожанської територіальної громади основні причини деградації ґрунтів поділяються на наступні групи.

Кліматичні чинники, в тому числі екстремальні погодні явища, а саме нерівномірний розподіл періодів посух і зволоження. Коливання вологості сприяє розвитку процесів структурної деградації ґрунтів, зокрема руйнуванню ґрунтової структури в орному шарі [2,3,3,4,5].

Нераціональне сільськогосподарське використання земель, в тому числі надмірно активне використання орних земель, монокультурне землеробство, застосування важкої ґрунтообробної техніки без дотримання протиерозійних заходів призводять до ущільнення ґрунтів і розвитку ерозії.

Недотримання агротехнологій, зокрема, використання меліорантів невідповідної якості або без дотримання регламентів, випалювання рослинних решток, недосконалість системи удобрення (нестача органічних добрив), порушення сівозміни. Ці фактори знижують гумусний стан ґрунтів і спричиняють зменшенню їх біологічної активності [2,5].

Промислове забруднення, зокрема тривале та інтенсивне забруднення від викидів Зміївської ТЕС, діяльність нафтогазовидобувної інфраструктури, тваринницьких комплексів створюють ризики хімічного забруднення ґрунтів важкими металами, сполуками азоту та іншими токсикантами.

Проф. В.В. Медведєв серед основних наслідків деградації ґрунтів зазначає [3] зниження вмісту гумусу у ґрунтах, що призводить до погіршення водно-фізичних властивостей і зменшення біопродуктивності агроценозів; структурну деградацію, тобто руйнування агрегатної структури, зменшення пористості, ущільнення орного шару; ерозію, тобто змивання найродючішого горизонту ґрунту, що на території Лівобережного Лісостепу призводить до втрати 5–10 т/га ґрунту щорічно на еродованих ділянках; зниження біологічної активності ґрунтів, зменшення чисельності корисної мікробіоти; накопичення токсичних елементів (важких металів, залишків пестицидів), що погіршує якість сільськогосподарської продукції та підвищує ризики для здоров'я населення (табл.1.1).

Таблиця 1.1

Типи і поширення деградації ґрунтів в Україні [3]

Типи деградації ґрунтів	% від площі ріллі (32 млн га)
Втрата гумусу й поживних речовин	43
Переущільнення	39
Замулення й кіркоутворення	38
Водна ерозія площинна	17
Підкислення	14
Заболочування	14
Забруднення радіонуклідами	11,1
Вітрова ерозія, втрата верхнього шару ґрунту	11
Забруднення пестицидами й іншими органічними речовинами	9,3
Забруднення важкими металами	8
Засолення, підлюговування	4,1
Водна ерозія, утворення ярів	3
Побічна дія водної ерозії (замулення водойм і ін.)	3

Зниження рівня денної поверхні	0,35
Деформація земної поверхні вітром	0,35
Аридизація	0,21

Особливу тривогу викликають процеси деградації ґрунтів, посилені наслідками воєнних дій 2022–2023 рр., які призвели до механічного руйнування ґрунтового профілю; локального хімічного забруднення залишками боєприпасів та паливно-мастильних матеріалів; погіршення фізико-хімічного та біологічного стану ґрунтів на полях Слобожанської громади [6,7].

Таким чином, актуальність розроблення та впровадження системи відновлення ґрунтів у Слобожанській ТГ визначається комплексом чинників антропогенного, техногенного і військового походження, які вже призвели до суттєвого зниження їх родючості та екологічного потенціалу. На території Слобожанської ТГ виявляється комплексна картина деградації ґрунтів, де фізична, хімічна, біологічна та екологічна деградації переплітаються. Їх взаємний вплив знижує родючість ґрунтів і стійкість агроландшафтів громади. Для подолання цих процесів необхідна розробка та впровадження системи інтегрованого управління родючістю та відновлення ґрунтів.

1.2. Сучасні підходи до відновлення ґрунтів

Відновлення родючості ґрунтів є багатокомпонентним процесом, що потребує комплексного застосування агротехнічних, біологічних, хімічних та організаційних заходів. Системний підхід до управління родючістю передбачає не лише відновлення втрачених властивостей ґрунтів, а й формування їх стійкості до деградаційних впливів [7].

На думку Медведєва В.В. одним із найдієвіших підходів до боротьби з деградацією ґрунтів є виведення частини орних земель з інтенсивного використання та переведення їх під залуження на тривалий період. Важливу роль також відіграє впровадження технологій вирощування культур з мінімальним впливом на ґрунт. Це передбачає обов'язкову організацію руху сільськогосподарської техніки по

визначених маршрутах, уникнення надмірної кількості проходів під час обробітку полів, збирання врожаю та внесення добрив як органічних, так і мінеральних [3].

На території Слобожанської ТГ, відповідно до Програми соціально-економічного розвитку [2], передбачено реалізацію заходів з охорони, моніторингу та відновлення ґрунтів. Основні напрями цієї діяльності можна згрупувати наступним чином.

Агротехнічні методи.

1. Оптимізація структури посівних площ з урахуванням протиерозійного землеробства через впровадження сівозмін із чергуванням культур, що захищають ґрунт від руйнування.

2. Мінімізація обробітку ґрунту (No-Till, Strip-Till), яка дозволяє зберегти структуру ґрунту, зменшити ущільнення та ерозійні втрати.

3. Контурна оранка та залуження схилів, особливо актуально для земель, прилеглих до долини Сіверського Дінця.

4. Відновлення лісосмуг для захисту ґрунтів від вітрової ерозії.

Біологічні методи.

1. Використання сидератів (гірчиця, фацелія, вико-вівсяна суміш) для збагачення ґрунту органічною речовиною і біологічно зв'язаним азотом.

2. Повернення органічних решток до ґрунту, обов'язкове подрібнення і внесення пожнивних залишків.

3. Внесення органічних добрив, як відзначено у Програмі [2], існує потреба у збільшенні частки органічних добрив у системі удобрення.

4. Використання мікробіологічних препаратів для активізації ґрунтової біоти і підвищення біологічної активності ґрунтів [2].

Хімічні методи.

1. Вапнування кислих ґрунтів, які виявлено на території громади для підвищення ефективності використання мінеральних добрив.

2. Гіпсування солонцюватих ґрунтів з метою покращення їхньої структури.

3. Регулювання системи мінерального живлення шляхом внесення збалансованих доз азоту, фосфору, калію, мікроелементів відповідно до результатів агрохімічного аналізу ґрунтів [1].

Інтегровані підходи.

Стійкий ефект дає лише інтегроване управління родючістю ґрунтів, яке передбачає:

1. поєднання агротехнічних, біологічних і хімічних заходів;
2. системний моніторинг стану ґрунтів;
3. підвищення рівня агроекологічної освіти виробників;
4. застосування інформаційних технологій для картування деградованих ділянок і оптимізації внесення добрив і меліорантів.

На рівні громади передбачено наступні організаційно-управлінські заходи: інвентаризацію земель і проведення моніторингу використання земель; розробку землевпорядної документації з урахуванням охорони ґрунтів; сприяння розвитку екологічно орієнтованих форм агровиробництва.

Таким чином, основні напрями відновлення ґрунтів у Слобожанській громаді в цілому відповідають сучасним вимогам сталого землекористування і спрямовані на формування екологічно збалансованої моделі агровиробництва, але потребують розробки конкретних заходів, які мають забезпечити збереження та поступове відновлення родючості ґрунтів, а також підвищення їх стійкості до деградаційних впливів.

1.3. Досвід впровадження практик відновлення ґрунтів в Україні та за кордоном

Практика відновлення деградованих ґрунтів формується у відповідь на глобальні виклики, пов'язані зі зниженням родючості земель, втратами продуктивного потенціалу сільськогосподарських територій та зміною клімату. В Україні та за кордоном накопичено значний досвід із впровадження різноманітних заходів з метою збереження та відновлення ґрунтів.

В Україні питання охорони ґрунтів визначено у низці державних документів, зокрема в Земельному кодексі України, Законі України «Про охорону земель» [8,9]. На місцевому рівні ці підходи все частіше інтегруються у програми розвитку громад. Так, у Програмі соціально-економічного розвитку Слобожанської ТГ передбачено низку заходів, зокрема інвентаризацію земель, розробку документації з землеустрою, паспортизацію водних об'єктів; створення умов для ефективного використання земельного ресурсу громади та підтримку безпечної експлуатації сільськогосподарських угідь; розробку планів протиерозійного облаштування та заходів зі зменшення забруднення ґрунтів.

У межах реалізації національних програм все більшого поширення набувають біологічні методи відновлення ґрунтів, в т.ч. застосування сидеральних культур, біопрепаратів, мікоризних інокулянтів, що сприяє підвищенню вмісту органічної речовини в ґрунті та активізації біоти [7].

Досвід останніх років показав ефективність інтегрованих систем управління родючістю ґрунтів через поєднання органічного та мінерального живлення, застосування мінімального обробітку, мульчування та збереження ґрунтового покриву, впровадження агролісомеліоративних систем.

За кордоном розроблено і впроваджено цілу низку ефективних практик, які можуть бути адаптовані в умовах України.

Європейський Союз активно реалізує заходи в рамках програми Horizon Europe та CAP (Common Agricultural Policy), де велика увага приділяється стійкому управлінню ґрунтами. В країнах Центральної Європи (Польща, Чехія, Угорщина) широко застосовуються системи консерваційного землеробства — No-Till, Strip-Till у поєднанні із зеленим мульчуванням та біологізацією виробництва.

Франція демонструє високі результати завдяки поширенню агролісомеліорацій шляхом поєднання сільськогосподарських культур із насадженнями багаторічної деревної рослинності, що сприяє підвищенню стійкості ґрунтів до ерозії та поліпшенню мікроклімату.

Німеччина активно розвиває підходи інтегрованого управління поживними речовинами з точним внесенням добрив на основі результатів моніторингу ґрунту за допомогою геоінформаційних систем.

У Нідерландах одним із пріоритетних напрямів є створення закритих агроєкосистем, де відходи одних технологічних процесів використовуються для підживлення ґрунтів, мінімізуючи зовнішні втрати поживних речовин.

Таким чином, як в Україні, так і за кордоном практики відновлення ґрунтів поступово переходять від ізольованих технічних заходів до інтегрованих систем управління родючістю ґрунтів, орієнтованих на довгострокову екологічну стабільність. Для Слобожанської громади застосування найкращих практик має спиратися на системний підхід, адаптований до місцевих природно-кліматичних умов та соціально-економічних можливостей громади.

РОЗДІЛ 2 ЕКОЛОГО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА СЛОБОЖАНСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ

2.1. Фізико-географічне положення і природні умови

Слобожанська селищна територіальна громада розташована у південно-східній частині України, в межах Чугуївського району Харківської області. Слобожанська громада має площу 572,5 км², населення 26 тис. 834 особи [1]. Її адміністративним центром є селище міського типу Слобожанське (рис.2.1). Громада утворена у 2020 році шляхом приєднання ряду сільських рад колишнього Зміївського району [1].

13 березня 2025 року Верховна Рада України ухвалила Постанову №11240 про віднесення селища Слобожанське Чугуївського району Харківської області до категорії міст.

У складі громади: Слобожанське (Комсомольське), Благодатне, Донець, Геніївка, Дачне, Занки та інші населені пункти. Курортне, Українське, Лиман, Нижній Бишкін, Геївка, Суха Гомільша, Черкаський Бишкін, Скрипаї, Мохнач, Лісне, Шелудьківка.

На території громади станом на 01.01.2024 проживає 10901 внутрішньо переміщених осіб при постійному населенні 24515 осіб [2]. ВПО є не тільки ті, які перемістились до Слобожанської ТГ у зв'язку зі збройною агресією, а також і місцеві жителі, житло яких було пошкоджено.

Основним ресурсом Слобожанської селищної територіальної громади є земельні ресурси та вигідне географічне положення. Географічне положення громади визначається її розташуванням у межах Лівобережного Лісостепу на північному схилі Середньоруської височини, у басейні річки Сіверський Донець. Це забезпечує значне розмаїття природних умов і ландшафтів.

Територія громади характеризується хвилястою рівниною, розчленованою долинами річок, балками та ярами. Схили долини Сіверського Дінця мають значний ухил і потребують ґрунтозахисних заходів [1, 2].

Основними ґрунтоутворювальними породами є лесовидні суглинки та піщано-глинисті відклади четвертинного віку. На цих породах сформовані переважно чорноземи типові та звичайні, які забезпечують високу природну родючість ґрунтів громади. Частка сільськогосподарських угідь становить понад 56 % території громади, з яких рілля — понад 22 тис. га [1].

Разом з тим, на території громади фіксуються процеси деградації ґрунтів. Серед основних чинників деградації: розорення схилів, водна та вітрова ерозія, використання важкої техніки, недостатня кількість органічних добрив, монокультурне землеробство, а також наслідки військових дій [2, 3].

Клімат території громади помірно-континентальний із теплим літом і помірно холодною зимою. Середньорічна температура повітря становить +7...+9 °С. Річна сума опадів — 450–550 мм. Опади розподіляються нерівномірно: значна їх частина припадає на літній період, що створює ризики водної ерозії в умовах інтенсивного обробітку ґрунту [1].

Основною водною артерією громади є річка Сіверський Донець, яка відіграє важливу роль у водному балансі території та формуванні місцевих ландшафтів. Крім того, на території громади знаходяться менші водотоки та численні ставки, які мають господарське і рекреаційне значення [1].

Природна рослинність громади значною мірою трансформована під впливом сільськогосподарського використання. Збереглися ділянки заплавних лук і листяних лісів у долині Сіверського Дінця, які мають важливе природоохоронне значення. Значна частина території громади включає об'єкти природно-заповідного фонду, потребує розроблення документації з землеустрою та паспортизації водних об'єктів [2].

На більшості території громади природні ландшафти зазнали глибокої трансформації під впливом господарської діяльності. До основних екологічних проблем належать: забруднення атмосферного повітря (насамперед викидами Зміївської ТЕС), деградація ґрунтів, ризики забруднення підземних вод унаслідок діяльності тваринницьких комплексів та нафтогазовидобувної інфраструктури [2, 3].

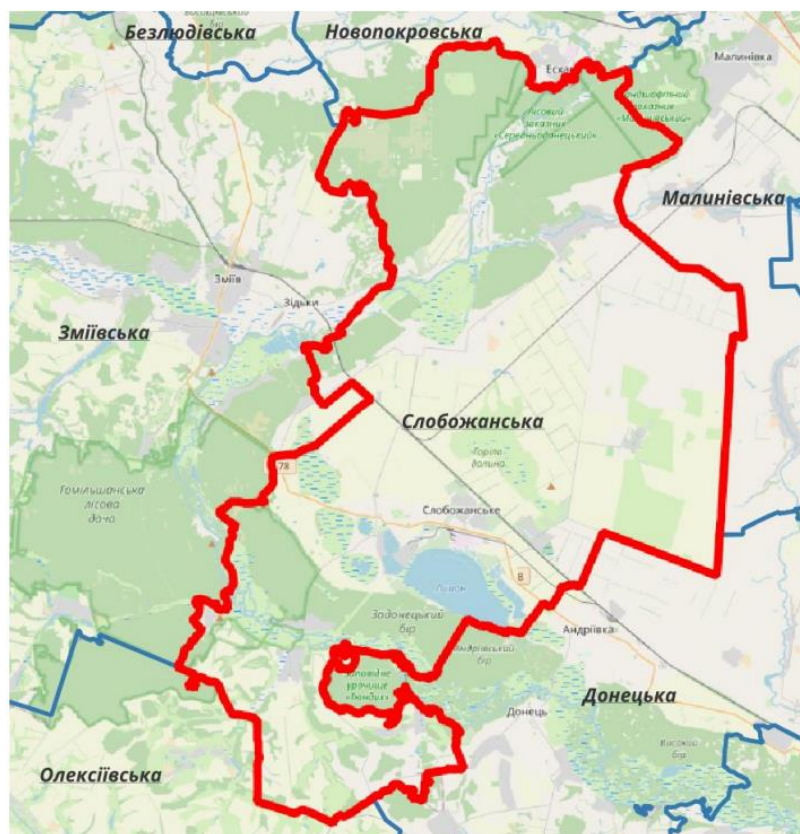


Рисунок 1.1 – Схема меж Слобожанської територіальної громади [2]

Військові дії останніх років також спричинили фізичне пошкодження ґрунтового покриву, забруднення важкими металами та нафтопродуктами, що потребує системного моніторингу і впровадження заходів з відновлення природних умов [3].

2.2. Характеристика ґрунтового покриву та сучасний екологічний стан ґрунтів

Слобожанська територіальна громада (Чугуївський район Харківської області) розташована в межах лісостепу на берегах Сіверського Дінця. Домінуючі ґрунти тут родючі чорноземи (звичайні та типові важкосуглинкові) [2]. Історично ці землі відрізнялися високою природною родючістю. Однак протягом останніх 100–150 років ґрунтовий покрив зазнав істотної деградації внаслідок людської діяльності. За оцінками науковців [5], ще 150 років тому в степовій зоні України (куди входить і Харківщина) вміст гумусу сягав 9–10%, тоді як нині він знизився

до ~4–6%. Тобто більш ніж половина запасів гумусу втрачена за час інтенсивного землеробства. Втрата гумусу (дегуміфікація) є ключовою проблемою і в Слобожанській громаді, де чорноземи стали біднішими на органічну речовину через тривале ріллювання без належного повернення органіки.

Іншим історичним чинником деградації стало водно-ерозійне руйнування ґрунтів. Рельєф громади характеризується хвилястою рівниною, розчленованою ярами та балками у долині Сіверського Дінця [2]. На схилах поширені еродовані ґрунти у комплексі з так званими ксероморфними ґрунтами (збідненими на вологу) [2]. Внаслідок більш ніж вікового розорювання схилів і знищення лісосмуг за радянських часів, ерозійні процеси значно прогресували. Як зазначено у програмах відновлення, еродовані ґрунти Слобожанської громади мають зменшену на 15–50% товщу профілю та на 12–40% нижчий вміст гумусу, що прямо знижує їх родючість [2]. Глибокі яри, присутні на правобережжі Сіверського Дінця, є наслідком лінійної ерозії і свідчать про багаторічне недбале використання земель на схилах [2]. Нині еродованими є, як згадувалось, близько 41% сільгоспугідь регіону, це один із найвищих показників по Україні, що сформувався історично.

Розвиток промисловості в другій половині XX століття теж залишив екологічний слід на ґрунтах громади. У 1960-х роках поблизу селища Слобожанське було збудовано Зміївську теплову електростанцію (ТЕС) одну з найбільших електростанцій регіону. Її експлуатація супроводжувалася викидами золи та продуктів згоряння вугілля, які осідали на прилеглі землі. Значні площі родючих ґрунтів були відведені під золовідвали ТЕС [2]. Зола містить важкі метали і радіонукліди природного походження: зокрема, концентрація урану в золовідвалах сягає 32,5 г/т, а торію – 8,1 г/т, що перевищує фонові рівні [2]. Через це навколишні ґрунти потребують постійного контролю радіаційного стану, адже радіонукліди можуть розноситися вітром із пилом чи вимиватися водою у ґрунтові води [2].

Зміївська ТЕС тривалий час була основним джерелом забруднення в регіоні. На жаль, у березні 2024 року ТЕС була повністю зруйнована. Але враховуючі, що ґрунти тривалий час зберігають забруднення припускаємо, що із зараз у ґрунтах у зоні впливу

ТЕС спостерігається перевищення за мікроелементами. За даними Інституту ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського ґрунти на території, прилеглій до ТЕС, яка знаходилась під прямим техногенним впливом, фіксуються збільшені концентрації відносно фонових показників ґрунтів ряду мікроелементів та органічних речовин. Найближчі до ТЕС ліси характеризуються підвищеним вмістом важких металів в ґрунтах та рослинах - від 1,1 до 4 разів у порівнянні з контрольними пробами, відібраними на відстані від Зміївської ТЕС. Ці перевищення становлять по Mn, Zn, Pb, Cu, Cd від 1,1 до 2,2 разів, по Ni, Cr від 2,7 до 4 разів.

Крім ТЕС, на території громади діяли та діють промислові підприємства – Зміївський експериментально-механічний завод, завод «Енергостіл», завод «Елокс» тощо. Відходи виробництва і викиди цих підприємств спричинили локальне забруднення ґрунтів важкими металами та хімікатами [2]. Наприклад, ще до війни агрохімічні обстеження виявляли у ґрунті Слобожанської громади значний вміст рухомих форм міді, свинцю та нікелю – близько 60% від гранично допустимих концентрацій (ГДК) [2]. У деяких зразках ґрунту було зафіксовано перевищення ГДК кадмію у темно-сірих опідзолених ґрунтах та чорноземах реградованих і перевищення ГДК рухомих форм хрому (6,0 мг/кг) [2].

Внаслідок інтенсивного сільськогосподарського використання земельним ресурсам району завдано відчутної шкоди у результаті відчуженості родючих земель, затоплення і підтоплення водоймищами, меліоративних заходів і недосконалості застосованої агротехніки, що не враховує екологічних вимог. Такі проблеми, як дегуміфікація, ерозія, дефляція, забруднення ґрунтів пестицидами та отрутохімікатами, залишками вибухівки мають на території району велике поширення.

Розораність території району складає близько 52%. Істотну увагу привертає проблема ерозії ґрунтів. Середня еродованість ґрунтів району становить близько 48%.

Під урожай 2023 року аграріями було засіяно сільськогосподарськими культурами рілля площею 19182,9 га, із яких: 6704,3 га - зерновими та зернобобовими культурами, у тому числі озимими на зерно 2893,2 га, технічними культурами 11509 га, із яких 9833,2 га соняшника та 1746 га сої [5].

Окрім активного залучення до сільськогосподарського виробництва ситуацію зі станом ґрунтів погіршує нафтогазовидобувна діяльність, яка наразі зосереджена у південній частині території ТГ на землях Нижньобишкінського та Шелудьківського старостинського округу. Інші потенційно небезпечні об'єкти представлені тваринницькими комплексами, фермами, на яких зазвичай виникають ризики забруднення ґрунтового покриву і підземних вод першого від поверхні водоносного горизонту сполуками азоту (нітрити, нітрати) та патогенними мікроорганізмами.

Ще одним джерелом забруднення довкілля за даними [2] є засмічення території, у т.ч відходами від руйнування, що утворились у зв'язку з пошкодженнями, руйнуваннями будівель, споруд, житлового фонду внаслідок бойових дій та військової агресії російської федерації. Станом на 01.01.2025р. загальна кількість таких відходів складає понад 7,2 тис. м³ [2]

Таким чином, антропогенний тиск (розорювання, ерозія, хімізація, промислове забруднення, вплив воєнних дій) поступово призвів до деградації ґрунтів громади: дегуміфікації, переущільнення, забруднення та зниження родючості [2,4,5]. Основними чинниками зниження родючості на сьогодні визначають саме втрату гумусу, ущільнення орного шару та дефіцит елементів живлення в ґрунті.

2.3. Основні типів деградації та забруднення ґрунтів громади

За останні 5 років стан ґрунтів у Слобожанській громаді визначався як довготривалими тенденціями, так і новими викликами, пов'язаними з військовими діями від 2022 року.

Планові обстеження ґрунтів (агрохімічна паспортизація, що проводиться раз на 5 років) засвідчили, що середній вміст гумусу у чорноземах регіону становить близько 4,2% [4]. Переважна більшість орних земель (понад 90%) мають підвищений або високий рівень гумусу (3–5% і більше) [4], що відповідає природній родючості чорноземів. Проте близько 5–6% площ характеризуються лише середнім і низьким гумусним станом (2–3% і менше) [4,5] це, як правило, еродовані схилі ґрунти або землі з інтенсивною монокультурою. Забезпеченість ґрунту основними елементами живлення є неоднорідною: за даними Харківської філії ДУ «Держґрунтохорона»,

близько 74% площ мають середній вміст рухомого фосфору, 21% підвищений, а ще ~5% високий [4]. По калію ситуація краща: понад 65% орних земель характеризуються високим та дуже високим вмістом обмінного калію [4], що типово для чорноземів. Водночас майже на всіх полях спостерігається дуже низький вміст легкогідролізованого азоту – понад 96% ґрунтів відчувають його дефіцит [4], що свідчить про недостатні обсяги органічних добрив і необхідність азотних підживлень. Загалом агрохімічний стан можна оцінити як задовільний, однак із тенденцією до виснаження азоту та фосфору без належної компенсації.

На 2019–2021 роки припало поживавлення промислової діяльності в громаді, що супроводжувалося певним збільшенням локального техногенного навантаження на ґрунти. Як вказано вище, в ґрунтах поблизу Зміївської ТЕС та промислових майданчиків було виявлено перевищення гранично допустимих концентрацій кадмію і хрому [2]. Моніторинг продукції рослинництва також засвідчив накопичення важких металів: наприклад, в зерні кукурудзи, соняшнику, ячменю, вирощених поблизу ТЕС, вміст міді перевищував норму, а вміст кадмію був у 1,3–9 разів вищим за допустимий (до 0,90 мг/кг при нормі 0,1 мг/кг для зернових) [2]. Дуже високі концентрації хрому зафіксовані в зерні кукурудзи (84 мг/кг) та жита (18 мг/кг), що значно перевищує фонові рівні [2]. Ці факти свідчать про багаторічний вплив техногенних джерел і накопичення забруднювачів у ґрунті та біоті. Місцева влада усвідомлювала проблему: перед початком повномасштабної війни планувалося посилити контроль за використанням пестицидів і міндобрив та рекультивацію забруднених ділянок [2].

Ситуація докорінно змінилася з початком російської військової агресії у 2022 році. Територія Чугуївського району, включно зі Слобожанською громадою, опинилася в зоні активних бойових дій у перші місяці вторгнення. Хоча лінія фронту згодом відсунулася на схід, громада зазнала обстрілів і військового руху. Наслідки війни для ґрунтів виявилися катастрофічними. За оцінками ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Соколовського», найбільшої шкоди сільськогосподарським землям завдають артилерійські та авіаційні удари – саме вони вплинули на 80% обстежених ділянок у прифронтових зонах [4]. На полях громади з'явилися тисячі вирв від снарядів, траншей, окопів; важка техніка ущільнила ґрунт

на глибину десятків сантиметрів. Поверхнєве розрівнювання полів не вирішує проблеми: у ґрунті залишаються осколки боєприпасів, паливе, хімічні залишки вибухових речовин [6,7,8]. Зокрема, елементи боєприпасів збагачені сіркою, яка в ґрунті окиснюється до сірчаної кислоти, підкислюючи середовище і вбиваючи ґрунтову біоту [8]. В ґрунтах, просочених нафтою та паливом з пошкодженої техніки, різко погіршується водно-повітряний режим – зменшується пористість, витісняється кисень, гальмуються біохімічні процеси [6,7,8]. Це призводить до пригнічення росту рослин і загибелі значної частини ґрунтових організмів. Також фіксується хімічне забруднення ґрунтів продуктами вибухів: важкі метали (свинець, кадмій, миш'як, ртуть, цинк, нікель) із боєприпасів потрапляють у ґрунт і можуть накопичуватися до рівнів, що в десятки разів перевищують фонові. Все це створює нові осередки деградації ґрунтового покриву, раніше нехарактерні для регіону (механічна деградація, токсичне забруднення, локальне радіаційне забруднення збідненим ураном із боєприпасів тощо). За висновками екологів, внаслідок фізичних пошкоджень ґрунту війною зростає його неоднорідність, зменшується об'єм пор, руйнується структура, що сумарно різко знижує родючість і потребує проведення рекультивації. На державному рівні оцінено, що Україна втратила щонайменше 10,5 млн га найродючіших земель через війну [13], і на повне відновлення їх продуктивності знадобиться десятки років. Слобожанська громада є частиною цієї сумної статистики, адже значна частина її угідь була тимчасово непридатною для обробітку у 2022–2023 роках через замінування та небезпеку боєприпасів.

У 2023–2024 рр. в громаді почали проводитися обстеження ґрунтів на забруднення. За підтримки обласної військової адміністрації та Держекоінспекції відбираються зразки ґрунту для аналізу вмісту вибухових речовин, важких металів, нафтопродуктів. Результати цих досліджень будуть лягати в основу планів рекультивації. На сьогодні, екологічний стан ґрунтів Слобожанської громади оцінюється як напружений: є осередки хімічного і фізичного деградування, але ситуація локалізована. Значна частина території громади вже розмінована і повертається до господарського використання, проте потребує низки відновлювальних заходів.

РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО ВІДНОВЛЕННЯ ҐРУНТІВ ТА ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ ДЛЯ СЛОБОЖАНСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ

3.1. Підходи до відновлення ґрунтів Слобожанської громади

У Слобожанській громаді розроблено та починає впроваджуватися ряд заходів, спрямованих на реабілітацію ґрунтового покриву після років деградації і воєнних ушкоджень. Зокрема, у 2024 році місцева рада за участі профільних інститутів підготувала Програму комплексного відновлення території Слобожанської ТГ [2], яка передбачає і екологічний блок з відновлення ґрунтів. В цілому заплановані та вже здійснювані заходи можна згрупувати наступним чином.

Рекультивация військово пошкоджених земель. Першочергово проводиться розмінування полів (очищення від мін та снарядів) із застосуванням сучасних методів дистанційного виявлення металів (дрони з магнітометрами) [8]. Після забезпечення безпеки техніка виконує планування (загортання) воронок та відновлення рельєфу. На переуцільнених від техніки ділянках здійснюють глибоке рихлення ґрунту (на глибину 40–50 см) для відновлення пористості. Одночасно відбираються зразки ґрунту для хімічного аналізу; забруднені ділянки маркуються для подальших специфічних дій. За потреби, ґрунт з локальних «плям» сильного забруднення (нафтопродуктами, хімікатами) видалється і утилізується як відходи, з наступною заміною на чистий ґрунтовий матеріал. Такий підхід вже застосовується на окремих ділянках, де вибухами були розлиті паливно-мастильні матеріали (ПММ).

Крім того, заплановано у 2025 р. створити при громаді лабораторію експрес-контролю ґрунтів, щоб оперативно оцінювати ефективність рекультивації.

Поліпшення агрохімічного стану і родючості. Для подолання наслідків дегуміфікації та втрати елементів живлення місцева аграрна служба спільно з науковцями рекомендувала низку кроків.

По-перше, масове застосування органічних добрив: громада стимулює фермерів ввозити органіку (компости, гній) на поля – зокрема, компенсується частина витрат на транспортування гною з тваринницьких ферм сусідніх районів.

По-друге, вапнування кислих ґрунтів: у 2023 р. було виділено кошти на придбання вапнякових меліорантів для господарств, що мають підкислені ділянки (насамперед, заплавні землі з близьким рівнем ґрунтових вод). Вже оброблено вапняною пушонкою 300 га ріллі, що дозволить підняти рН і підвищити ефективність добрив [4,5].

По-третє, диференційоване удобрення. За результатами аналізу ґрунтових зразків (вміст NPK) агрономи громади складають рекомендації для кожного поля щодо норм внесення азотних, фосфорних і калійних добрив. За підтримки проєкту USAID Agro місцеві господарства отримали доступ до послуг точного внесення добрив зі знижкою [7]. Такий точковий підхід покликаний вирівняти родючість по території, бідніші ділянки отримують більше добрив, а надлишкове внесення на вже насичених елементами землях уникається.

Біологічна ремедіація і меліорація. Одним із нових напрямів, що його започатковують у громаді, є посів фіторемердіаційних культур на забруднених важкими металами землях поблизу Зміївської ТЕС. Восени 2023 р. на дослідній ділянці площею 5 га висіяно технічні коноплі, які відомі здатністю акумулювати кадмій, свинець і цинк у біомасі [7,8]. Після збору врожаю конопель їхня маса буде утилізована за межами господарського обороту. Планується протягом 3–4 років повторювати посів культур-акумуляторів (коноплі, ріпаку, міскантусу) на цих землях, щоб знизити концентрацію забруднювачів у орному шарі. Паралельно на цих полях проводиться контроль рівня важких металів у врожаї основних культур: наразі соняшник та кукурудза тут тимчасово не висіваються, бо вони мають здатність накопичувати кадмій і цезій [6,7,8,14,15]. Натомість, акцент робиться на культивуванні відносно «безпечних» культур – кукурудза на зерно (вона менше накопичує кадмій у зерні) та озима пшениця.

Щодо інших біологічних заходів, то з 2022 року у громаді діє програма підтримки сидерації: господарствам відшкодовується вартість насіння сидератів

(горохо-вівсяної суміші, гірчиці, фацелії) за умови їх заорювання [14]. Ця програма спрямована на збільшення вмісту органіки і азоту в ґрунтах та вже дала результат – у 2023 р. площа під сидератами зросла на 20% проти довоєнного рівня.

Крім того, громада співпрацює з Інститутом ґрунтознавства щодо впровадження мікробних препаратів: в рамках дослідів на декількох полях внесено біопрепарати з азотфіксуючими та фосформобілізуєчими бактеріями, очікується підвищення доступності поживних елементів і врожайності.

Протирозійні заходи. Для боротьби з ерозією в сучасний період у громаді поновлюються практики, що існували раніше.

По-перше, розпочато відновлення лісосмуг: у 2023 р. висаджено понад 5 тис. саджанців дерев і кущів на місці знищених або зрізаних в попередні роки захисних смуг. Це має стримати вітрову ерозію та зменшити швидкість стоку води на полях.

По-друге, ініційовано проект зі створення на крутосхилах берегів Сіверського Дінця пасовищ та сіножатей замість ріллі. Уже 50 га еродованих схилів вилучено з обробітки і залужено сумішшю злакових трав.

По-третє, впроваджуються агротехнічні методи: техніка переводиться на контурний обробіток, заборонено оранку вздовж схилу. Ці кроки доповнюються роз'яснювальною роботою серед аграріїв щодо шкоди спалювання стерні (на жаль, досі практикується), яке нищить структуру ґрунту і провокує ерозію. Перші результати – зниження інтенсивності розвитку ярів та покращення вологості ґрунту на схилах – очікуються вже за кілька років за умови сталого виконання програми.

Інституційні та нормативні ініціативи. На державному рівні проблема деградації ґрунтів визнана пріоритетною. За повідомленням Мінагрополітики, готується «Стратегія захисту та відновлення ґрунтів України» [12], яка окреслить заходи на наступне десятиліття.

Попри відсутність поки що окремої держпрограми з відновлення ґрунтів, у співпраці з міжнародними партнерами (ФАО, Світовим банком) впроваджуються програми з відшкодування вартості агровиробникам за практики відновлення родючості. Зокрема, компенсації надаються за застосування органічних добрив,

сидератів, мінімального обробітку та точного землеробства [12,13,14]. Слобожанська громада активно користується цими можливостями.

Місцева влада, у свою чергу, ухвалила рішення про щорічний моніторинг ґрунтів. Спільно з обласним центром «Держґрунтохорона» заплановано кожні 5 років проводити повну агрохімічну паспортизацію земель громади, аби відстежувати динаміку показників родючості. Також у громади налагоджена співпраця з науковцями ННЦ ґрунтознавства та агрохімії [13] (м. Харків) щодо наукового супроводу відновлювальних заходів.

Ґрунти Слобожанської громади пережили тривалу історію деградації внаслідок антропогенного навантаження, яка останніми роками ускладнилася воєнними руйнуваннями. Водночас нині є розуміння проблеми на всіх рівнях і напрацьовані сучасні підходи до її вирішення.

Поєднання агротехнічних, біологічних, хімічних та інтегрованих заходів від глибокого рихлення і сидерації до хімічної меліорації та фіторемедіації уже започатковане в громаді. Для повного відновлення родючості та екологічного балансу ґрунтів знадобиться тривалий час (за оцінками експертів, від 10 до 30 років копіткої роботи. Проте закладені зараз програми і заходи дають підстави сподіватися, що ґрунтовий покрив Слобожанської громади буде поступово оздоровлено, забезпечуючи продовольчу та екологічну безпеку регіону.

3.2. Порівняльний аналіз існуючих технологій та вибір пріоритетних методів для різних типів порушень ґрунту

Оскільки Слобожанська селищна територіальна громада є однією з найбільш потужних агропромислових громад Чугуївського району, тому її соціальний та економічний розвиток напряму залежить від розвитку сільського господарства, та, відповідно, від стану ґрунтів.

В сучасних умовах відновлення ґрунтів здійснюється за допомогою комплексного підходу, який інтегрує агротехнічні, біологічні, хімічні та фізико-механічні методи.

Серед агротехнічних методів особливе місце займає сівозміна, використання зелених та органічних добрив, мульчування та застосування консерваційних технологій, спрямованих на збереження вологи та поживних речовин.

Біологічні підходи ґрунтуються на стимулюванні мікробіологічної активності ґрунту, що досягається шляхом внесення пробіотичних агентів та добіркових рослин, здатних покращувати біологічний баланс.

Хімічне відновлення передбачає корекцію кислотно-лужного балансу та поповнення дефіцитних елементів системою мінеральних або комбінаційних добрив.

Фізико-механічні технології орієнтовані на запобігання ерозії через формування територій, створення захисних конструкцій і вдосконалення дренажних систем.

Серед методів відновлення ґрунтів головними є технологічні та біологічні.

Технологічні методи (хімічні, фізико-хімічні, агротехнічні) базуються на активній зміні структури, складу або властивостей ґрунтів шляхом застосування хімічних речовин, фізичних процесів чи агротехнічних прийомів. Їх перевагою є швидкість дії та можливість цілеспрямованого впливу. Однак такі методи часто потребують значних фінансових витрат, технічного обладнання та кваліфікованого персоналу.

Біологічні методи (біоремедіація, фіторемедіація) ґрунтуються на здатності живих організмів (мікроорганізмів або рослин) поглинати, трансформувати або знешкоджувати забруднювачі. Вони є довкілєорієнтованими, екологічно безпечними та дешевшими, але зазвичай потребують більше часу для досягнення ефекту.

Порівнюючи за різними критеріями (табл. 3.1) технологічні та біологічні методи відновлення ґрунтів, їхні переваги, недоліки та доцільність застосування в залежності від умов, бачимо певні переваги, недоліки, обмеженість та доцільність кожного методу.

Таблиця 3.1

Порівняльний аналіз технологічних та біологічних
методів відновлення ґрунтів

Критерій	Технологічні методи	Біологічні методи
Швидкість результату	Висока (від тижнів до місяців)	Низька (від кількох місяців до кількох сезонів)
Вартість	Висока	Помірна або низька
Ризики для довкілля	Можливі вторинні забруднення, порушення структури	Мінімальні, екологічно безпечні
Складність впровадження	Потребує техніки, реагентів, логістики	Потребує біопрепаратів або рослин, менше обладнання
Стійкість ефекту	Коротко- або середньострокова	Довготривала, зі збереженням ґрунтових функцій
Придатність до масштабування	Висока в промзонах	Висока на агроугіддях

Технологічні методи.

Хімічна ремедіація (табл.3.2) має такі переваги як швидке зниження токсичності забруднювачів, можливість точкового застосування. Серед недоліків висока вартість, ризик вторинного забруднення, можливе погіршення структури ґрунту. Метод доцільно використовувати у випадках сильного забруднення важкими металами або органічними сполуками, де потрібне оперативне втручання та реагування на проблему.

Фізико-хімічні методи мають такі переваги як глибоке очищення, контрольований процес. Але серед недоліків висока енергоємність, коштовність, потреба в спеціалізованому обладнанні. Методи є доцільними на промислових об'єктах або сильно забруднених ділянках, де інші методи неефективні.

Хімічні методи ремедіації ґрунтів полягають у цілеспрямованому внесенні речовин, які вступають у реакції із забруднювачами, змінюючи їхню форму, токсичність або мобільність. Основна мета цих методів — іммобілізація, нейтралізація або трансформація шкідливих сполук до менш небезпечних форм, що знижують їх біодоступність для рослин, мікроорганізмів і людини.

Серед основних хімічних підходів до відновлення ґрунтів виділяються:

1. Іммобілізація важких металів. Внесення речовин, які зв'язують важкі метали в нерозчинні комплекси, наприклад: фосфати (утворення фосфатів свинцю,

цинку); вапнякові матеріали (підвищення рН і зниження розчинності металів); бентоніт або цеоліти (сорбція металів на поверхні мінералів).

Таблиця 3.2

Характеристика хімічних речовин для ремедіації ґрунтів

Назва речовини	Тип дії	Основні забруднювачі	Ефективність та ризику	Доцільність (у т.ч. для ділянок із впливом вибухів)
Фосфати ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$)	Імобілізація важких металів	Pb, Zn, Cd	Висока ефективність; ризик надлишку фосфатів у воді	Зони забруднення ТЕС; ефективно на вибухонебезпечних ділянках – не спричиняє газоутворення
Вапно (CaCO_3)	Підвищення рН, зменшення розчинності металів	Zn, Cu, Cr, Ni	Висока; можливе порушення структури ґрунту при надмірному застосуванні	Кислі ґрунти поблизу зони викидів ТЕС та після вибухів – нейтралізує кислотність вибухових речовин
Бентоніт, цеоліт	Сорбція та фіксація металів	Pb, Zn, Fe, органіка	Середня–висока; нешкідливі, покращують структуру ґрунту	Піщані та структурно порушені ґрунти після технічного або вибухового руйнування
Перманганат калію (KMnO_4)	Окислення органічних речовин	Бензол, фенол, ПАВ	Висока локально; може бути токсичним у високих дозах	Техногенні плями, зони витоку ПММ після обстрілів, авіаударів
Сірка елементарна (S)	Зниження рН, витіснення лужних солей	Надлишок Na^+ , солонцюватість	Середня; потрібен контроль кислотності	Засолені ґрунти; не застосовувати на ділянках зі слідами вибухів без перевірки рН
EDTA	Хелатування металів, вилуговування	Pb, Cd, Cu	Дуже висока; висока мобілізація металів, ризик вторинного забруднення вод	Місцеві “гарячі” плями, не застосовувати масово – висока ризикованість у зонах з вибуховими залишками
Гіпс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	Поліпшення структури, витіснення натрію	Na^+ , ущільнення ґрунту	Середня; екологічно безпечний	Для зон ущільнення ґрунту після проїзду техніки або вибухів; відновлює водопроникність

2. Окислення/відновлення. Застосування хімічних агентів, які змінюють ступінь окиснення токсичних речовин, це зокрема перманганат калію, пероксид водню для руйнування органічних забруднювачів (вуглеводні, ПАВ); натрійдитионіт для відновлення шестивалентного хрому до менш токсичного Cr(III).

3. Нейтралізація кислотності або лужності ґрунту шляхом внесення вапна для зменшення кислотності, яка підвищує розчинність металів; застосування сірки або гіпсу на лужних ґрунтах для стабілізації натрію.

4. Хімічне вилуговування (soil washing). Вимивання забруднювачів розчинами (наприклад, хелатами EDTA) із подальшим збором забруднених стоків для очищення.

Хімічні методи доцільно застосовувати на територіях з високим рівнем токсичного забруднення, особливо в зоні техногенного навантаження. Вони є ефективними для швидкої нейтралізації ризиків, проте потребують поєднання з іншими заходами (біоремедіацією, агротехнічним відновленням) для довгострокового збереження екосистемних функцій ґрунтів.

Біологічні методи.

Біоремедіація (табл.3.3) має низку переваг, серед яких екологічно безпека, відносно низька вартість, збереження структури ґрунту. Але метод не уникнув недоліків. Біоремедіація є повільним процесом, який потребує багато часу, також він дуже залежний від умов середовища (температура, вологість). Його доцільно використовувати на сільськогосподарських угіддях або на помірно забруднених територіях.

Фіторемедіація має низьку вартість, надає реальну можливість збереження біорізноманіття. Але серед недоліків тривалий період очищення; ефективність залежить від виду рослин та типу забруднення. Є сенс використовувати на великих площах з помірним забрудненням; як додатковий метод до інших технологій.

Біологічні (біоагротехнічні) методи відновлення ґрунтів базуються на використанні живих організмів та органічних матеріалів для покращення

родючості. Їх можна умовно класифікувати на наступні ключові технологічні підходи.

Таблиця 3.3

Характеристика біологічних методів для ремедіації ґрунтів

Метод / Засіб	Механізм дії	Типи забруднювачів	Ефективність та ризики	Доцільність (у т.ч. після впливу вибухів)
Біоремердіація (бактерії <i>Bacillus</i> , <i>Pseudomonas</i>)	Розщеплення органіки, зменшення токсичності металів	Нафтопродукти, ПАВ, важкі метали	Ефективна при наявності вологи; повільна; неактивна при низькому рН	Сільськогосподарські угіддя, території після витоку ПММ внаслідок вибухів або обстрілів
Фіторемердіація (соняшник, гірчиця, люпин)	Поглинання або фіксація металів, зменшення рухомих форм забруднювачів	Pb, Cd, Zn, органіка	Сезонна залежність; повільне очищення; ефективна на помірно забруднених ґрунтах	Для буферних смуг, у зонах помірного забруднення після розсіювання вибухової дії
Сидерація (фацелія, вика, гірчиця)	Відновлення органіки, покращення структури, стимуляція мікробіоти	Глобальна дія на ґрунт, без специфічної детоксикації	Довготривала дія; потребує поєднання з іншими методами	На сільгоспугіддях після механічного пошкодження або зниження біоактивності внаслідок вибухів
Мікоризація (ендомікоризні гриби)	Покращення доступу рослин до мінералів, зменшення токсичності металів	Токсичні метали, порушена біота	Висока ефективність у стабільному середовищі; складна в реалізації	Для екосистемного відновлення після тривалого токсичного або термічного впливу вибухів
Внесення біогумусу, компосту	Поліпшення фізико-хімічних властивостей ґрунту, активація мікробіоти	Загальне покращення якості ґрунту	Безпечна, екологічна, потребує системності	На територіях з деградацією структури та втратою родючості після обстрілів або пожеж

Сидерати та багаторічні трави. Висів сидеральних культур (зелених добрив) один із найефективніших біологічних способів оздоровлення ґрунту. Сидерати (гірчиця, редька олійна, люпин, вико-вівсяні суміші тощо) швидко нарощують зелену масу, яку заорюють для збагачення ґрунту органічною речовиною і азотом.

Фахівці відзначають, що без сидерації на збіднених ґрунтах нині часто неможливо отримати добрий урожай; висівати сидерати рекомендовано хоча б раз на 5 років [11,16]. Багаторічні трави (люцерна, еспарцет) у сівозмінах виконують подібну функцію, їх глибока коренева система структурує ґрунт, а після заорювання травостою ґрунт збагачується гумусом і поживними елементами.

Органічні добрива та компости. Внесення органіки є умовою для відтворення гумусу. Через скорочення поголів'я худоби в Україні відчувається дефіцит гною, проте застосування компостів та іншої органіки має стати обов'язковою частиною агротехнологій [13,16]. Компости із гною, пожнивних решток та органічних відходів підвищують вміст гумусу, покращують структуру і біоту ґрунту. Технологія приготування компосту може варіюватися, проте принципово важливим є регулярне внесення достатньої кількості органічної речовини. Наприклад, агрохолдинг МХП повідомляє про позитивний досвід використання курячого посліду та компостів для підвищення вмісту гумусу на полях підприємства [16].

Управління рослинними рештками та мікробіологічні препарати. Залишення подрібненої соломи та інших пожнивних решток на полі і їхнє зароблення в ґрунт сприяє збагаченню гумусом. Для швидшого розкладу решток використовують спеціальні деструктори (препарати з комплексом целюлозоруйнівних мікроорганізмів) та азотфіксуючі бактерії [11]. Такі біопрепарати прискорюють гуміфікацію і одночасно збагачують ґрунт біологічно зв'язаним азотом. Окрім того, зараз все більшого поширення набувають мікробні препарати для покращення живлення рослин і фітосанітарного стану ґрунту. Відомо, що застосування ефективних штамів ґрунтових мікроорганізмів може зменшувати надходження токсичних елементів у рослини, особливо на забруднених важкими металами землях [15]. Таким чином, біопрепарати допомагають рослинам рости за умов підвищеного вмісту забруднювачів і одночасно відновлюють біоценоз ґрунту.

Фіторе mediaція (фітомеліорація). Це біологічний метод очищення і відновлення ґрунтів за допомогою рослин, що накопичують або нейтралізують забруднювачі. На забруднених важкими металами ґрунтах висів культур-

аккумуляторів дозволяє поступово виводити токсичні елементи. Наприклад, технічні коноплі здатні поглинати з ґрунту значні кількості свинцю, кадмію, міді та цинку, накопичуючи їх у біомасі [14,15]. Подібні властивості мають деякі інші культури: горох (хоч і формує меншу біомасу), а також високопродуктивні енергетичні рослини на кшталт міскантусу гігантського [14]. Посів таких рослин на кілька сезонів дозволяє частково очистити ґрунт від накопичених важких металів. Водночас постає проблема утилізації рослинної маси з високим вмістом токсичних елементів, тому фітореMediaція розглядається як допоміжний, а не основний метод.

У багатьох випадках найбільш ефективним є поєднання кількох методів. Наприклад, Хімічні + БіореMediaція. Такий варіант дає швидке зниження концентрації забруднювачів з подальшим екологічним відновленням. Або Фізико-хімічні + ФітореMediaція.

Таблиця 3.4

Особливості технологічних та біологічних методів відновлення ґрунтів

Методи	Приклади	Переваги	Недоліки	Доцільність застосування
Хімічні методи	Вапнування, внесення сорбентів (бентоніт, фосфати)	Швидкий ефект, можливість локального контролю	Висока вартість, можливість вторинного забруднення	Для ґрунтів з високим рівнем важких металів, рН-розбалансованих ґрунтів
Фізико-хімічні методи	Промивання, ґрунтове вилуговування, електрокінетика	Глибоке очищення, контрольована дія	Дуже дорогі, енергоємні, ризик вимивання в ґрунтові води	На техногенно забруднених промислових ділянках, особливо на обмеженій площі
Біологічні методи (біореMediaція)	Мікроорганізми, грибкові препарати	Екологічно безпечні, дешево, природно	Повільний ефект, залежність від температури й вологості	На сільгоспугіддях, де важливе збереження структури ґрунту
ФітореMediaція	Соняшник, гірчиця, редька, кукурудза, верба	Очищення з мінімальним втручанням, дешево	Потребує часу, сезонність, ефективність залежить від виду забруднення	Для помірно забруднених ґрунтів, особливо біля доріг або колишніх звалищ
Агротехнічні методи	Сівозміна, сидерати, мульчування, мінімальний обробіток ґрунту	Покращення структури ґрунту, підвищення вмісту гумусу	Не дають ефекту очищення, лише покращують стан	У поєднанні з іншими методами для відновлення агровластивостей

Метод дає глибоке очищення з подальшим закріпленням результату та покращенням екосистеми. Але задля комбінування різних методів потрібно чітко розуміти можливості та ліміти кожного методу (табл. 3.4)

Комплексний підхід передбачає поєднання агротехнічних, біологічних та хімічних методів у єдиній системі управління родючістю. Фахівці наголошують, що лише синергія різних заходів дає змогу зупинити деградацію ґрунтів і відновити їхній продуктивний потенціал [12,13,14,15].

Можна виділити наступні елементи інтегрованого підходу.

Системне управління родючістю. Регіональні програми охорони ґрунтів рекомендують впроваджувати адаптивно-ландшафтні системи землеробства, які враховують рельєф, тип ґрунту та його стан при плануванні сівозмін і агроприйомів. Наприклад, на схилах – трав'яні сівозміни і мінімальний обробіток; на рівнинах – інтенсивніші культури за умови повернення органіки. Важливим компонентом є раціональне зволоження і дренаж: недопущення перезволоження або пересушування ґрунтів шляхом меліоративних заходів.

Поєднання органічних і мінеральних добрив. Інтегрована система удобрення (Integrated Soil Fertility Management) передбачає обов'язкове внесення органічних добрив (гній, компост, сидерати) у поєднанні з оптимальними дозами мінеральних добрив для досягнення бездефіцитного балансу гумусу і поживних речовин. Дослідження ФАО показують, що за 1990–2010 рр. середній вміст гумусу в ґрунтах України знизився на 0,22% в абсолюті через негативний баланс, тому інтегроване удобрення розглядається як стратегія підвищення вмісту органічного вуглецю в ґрунті [13,23].

Комплекс протиерозійних заходів. Для захисту від ерозії в рамках інтегрованого підходу поєднуються агротехнічні (контурна оранка, тераси, мульчування поживними рештками), біологічні (залуження схилів, лісосмуги) та гідротехнічні заходи (валки, канави для уповільнення стоку). Наприклад, на полях Слобожанської громади зі схилами до долини Сіверського Дінця рекомендується поєднання лісосмуг та залуження найкрутіших ділянок з контурним обробітком на решті площ. Такий комплекс дозволяє значно скоротити площу еродованих ґрунтів

і утворення ярів. У Слобожанській громаді вже 41% сільгоспугідь мають ознаки еродованості [4,5], тому впровадження системи протиерозійних заходів є нагальною потребою.

Моніторинг і управління на основі даних. Складовою інтегрованого підходу є постійний моніторинг стану ґрунтів (агрохімічного, фізичного, екологічного) та адаптивне управління на основі його результатів. Сучасні технології, такі як дистанційне зондування, ГІС та точне землеробство, дозволяють оперативно виявляти деградовані ділянки та вживати локальних заходів. Наприклад, у співпраці з проектами USAID аграрії громади можуть отримувати послуги з точного аналізу ґрунту і диференційованого внесення добрив для відновлення вмісту елементів живлення.

Комплексний підхід також передбачає міжвідомчу та міждисциплінарну взаємодію через участь наукових установ, органів влади та бізнесу. Як зазначалося на національній конференції «Деградація ґрунтів чи відновлення їх родючості?», відновлення ґрунтів – спільна справа держави, науки і виробників [14].

3.3. Сценарії комбінованого застосування технологічних і біологічних методів

В умовах Слобожанської громади, де поєднуються техногенне навантаження (насамперед внаслідок діяльності Зміївської ТЕС) та інтенсивне сільськогосподарське використання земель, застосування лише одного підходу до відновлення ґрунтів часто є не ефективним. У зв'язку з цим доцільним є використання комбінованих сценаріїв, які передбачають інтеграцію технологічних та біологічних методів. для досягнення синергетичного ефекту [22].

Сценарій 1. Хімічна іммобілізація + фітореMediaція

Цей підхід передбачає внесення вапнякових матеріалів, фосфатів або бентонітових глин для зниження біодоступності важких металів (наприклад, Pb, Zn, Cd), після чого здійснюється висадка рослин-аккумуляторів (соняшник, гірчиця, верба).

Доцільність застосування: навколо територій ТЕС, складів золи, поблизу транспортних вузлів.

Сценарій 2. Біоремедіація + агротехнічні заходи

Передбачас мікробіологічне відновлення за допомогою штамів бактерій (*Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*) поєднується із застосуванням органічних добрив, мульчування, вирощуванням сидератів (люпин, вика, фацелія).

Доцільність застосування: на деградованих сільськогосподарських землях із зниженою родючістю, в зонах пестицидного навантаження.

Сценарій 3. Фізико-хімічне очищення + фіторемедіація як буфер

У районах із локальним забрудненням проводиться глибоке очищення (промивання або електрокінетична ремедіація), а навколо цих ділянок створюються фітофільтраційні зони з посадкою багаторічних трав або дерев.

Доцільність застосування: на територіях з високим вмістом токсичних речовин поблизу водойм, колишніх складів, виробничих майданчиків.

Сценарій 4. Структурне відновлення + фіторекультивация

У випадку порушення ґрунтового профілю (розрив шару, ущільнення) застосовуються методи глибокого розпушування, внесення структуроутворюючих матеріалів (торфу, компосту), після чого проводиться фіторекультивация з використанням швидкорослих рослин.

Доцільність застосування: після будівельних робіт, розриття кар'єрів, рекультиватії порушених земель.

Комбіноване застосування різних методів дозволяє одночасно досягти:

- зниження екотоксичності забруднювачів;
- покращення фізичних властивостей ґрунту;
- відновлення біологічної активності;
- підвищення стійкості агроландшафтів до деградації.

У промислово забруднених ділянках (зона впливу ТЕС, склади золи, під'їзні шляхи): доцільно застосовувати технологічні методи, зокрема хімічну іммобілізацію важких металів (фосфати, вапнування) та електрокінетичне очищення в локальних зонах.

У сільськогосподарських угіддях доцільні біологічні методи — біоремедіація з використанням штамів *Bacillus*, *Pseudomonas*, а також фіторемедіація (соняшник, люпин, гірчиця).

У перехідних або буферних зонах (між полями і населеними пунктами, або полями і лісосмугами) ефективною буде фіторемедіація, яка одночасно виконує роль біофільтру.

Агротехнічні заходи (внесення компосту, сидерати, мульчування) мають застосовуватися як фонові незалежно від основного методу, для підтримання структури ґрунту та відновлення гумусу.

Технологічні методи доцільні на невеликих, але сильно забруднених ділянках, де потрібен швидкий ефект (наприклад, біля джерела викиду).

Біологічні методи доцільні на великих сільгоспугіддях, де важливе збереження екосистемних функцій ґрунту.

Комбінований підхід є найефективнішим, особливо для таких складних регіонів, як територія Слобожанської громади, де поєднуються техногенні й аграрні впливи.

Порівняльний аналіз хімічних і біологічних методів ремедіації ґрунтів, наведений у таблицях, дозволяє зробити низку важливих висновків щодо доцільності їх застосування в постраждалих районах, зокрема на території Слобожанської громади.

Орієнтація дії та швидкість ефекту. Хімічні методи забезпечують швидке зниження токсичності забруднювачів, особливо важких металів (свинець, кадмій, цинк) та органічних сполук (ПАВ, феноли). Це критично важливо у випадках гострого забруднення, зокрема на техногенних ділянках поблизу Зміївської ТЕС або зон із вибуховими ураженнями. Наприклад, використання фосфатів та вапна дає змогу швидко нейтралізувати важкі метали, що потрапили в ґрунт після руйнування промислових об'єктів або складів.

Біологічні методи (фіторемедіація, біоремедіація, сидерація) діють повільніше, але їх екологічна стійкість і довготривалий ефект роблять їх незамінними для відновлення біотичних властивостей ґрунту та екосистемної

рівноваги. Особливо це важливо в сільськогосподарських ландшафтах, які зазнали структурного порушення чи втрати біоактивності внаслідок бойових дій, проїзду техніки, пожеж.

Ризики та екологічна безпека. Хімічні методи несуть потенційні ризики вторинного забруднення, особливо при надмірному внесенні реагентів або їх потраплянні в ґрунтові води (напр., EDTA, перманганат калію). Такі методи вимагають ретельного лабораторного супроводу, чіткої дозованості, а також виняткової обережності у зонах із залишками вибухових речовин.

Натомість біологічні методи як екологічно безпечні, адаптивні та не несуть ризику вторинного забруднення. Вони є кращим вибором для великих площ, де забруднення не критичне, але потрібне довготривале відновлення (наприклад, сидерація на полях після пожеж чи біоремедіація нафтозабруднень після розриву техніки або складів ПММ).

Структурна стабілізація та ґрунтове середовище. Для відновлення структури ґрунту після вибухів чи ущільнення технікою, найбільш доцільним є комбінування хімічних (гіпс, вапно, сорбенти) і біологічних методів (внесення компосту, сидерація, мікоризація). Такий підхід дозволяє відновити як фізичні, так і біологічні властивості ґрунтів, зменшити ерозію, підвищити вміст гумусу та біоактивність.

Відповідно, в цілому можна констатувати, що хімічні методи доцільно застосовувати в осередках локального сильного забруднення (зони техногенного впливу, точки викиду, території вибухів з підтвердженням токсичним навантаженням). Біологічні методи ефективніші для широкомасштабного екологічного відновлення і є ключовими для регенерації ґрунтового життя на сільськогосподарських землях, які постраждали внаслідок воєнних дій. Комбіноване використання обох груп методів дає найкращий результат у постконфліктних умовах і дозволяє відновити не лише хімічну безпеку, але й продуктивний потенціал ґрунтів.

3.4. Рекомендації для місцевих органів влади, фермерських господарств та екологічних служб

Рекомендації для місцевих органів влади.

5. Розробити та затвердити місцеву програму моніторингу і відновлення ґрунтів громади (на основі даних екологічного моніторингу за 2023–2025 рр.), з розподілом зон за ступенем забруднення та деградації, наприклад:

- Північна частина громади (зона впливу Зміївської ТЕС): впровадити проекти з хімічної іммобілізації важких металів + фітореMediaції;
- Південна частина громади (нижньобишкінський та шелудківський округи, нафтогазовидобувна діяльність): біореMediaція нафтозабруднених ґрунтів + агротехнічна реMediaція.

6. Забезпечити створення мережі буферних зелених зон (фітореMediaційні насадження з багаторічних трав, дерев) між:

- промисловими територіями та сільгоспугіддями;
- полями та населеними пунктами.

7. Виділити кошти з місцевого бюджету на пілотне впровадження комбінованих сценаріїв реMediaції на базі декількох пілотних полів і ділянок у найбільш постраждалих зонах.

8. Забезпечити навчання місцевих фермерів та керівників с/г підприємств практичним навичкам біологічної реMediaції та агротехнічних методів відновлення ґрунтів.

Рекомендації для фермерських господарств.

1. На полях поблизу зони ТЕС (особливо західний сектор Слобожанської громади):

- провести вапнування кислих ґрунтів (на основі агрохімічного обстеження);
- внести фосфати для іммобілізації важких металів.

2. На полях із підтвердженим підвищеним вмістом нафтопродуктів (південний сектор):

- застосувати бактерії-деструктори (штами *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*);

- внести органічні добрива (біогумус, компости).

3. Загальні агротехнічні рекомендації по всій громаді:

- впровадити широке використання сидератів (гірчиця біла, фацелія, люпин) у сівозміні;

- перейти на мінімальний обробіток ґрунту з мульчуванням;

- внести мікоризні препарати на полях з порушеною біотою.

4. У зоні буферної фіторе mediaції (навколо доріг, складів ПММ, межі ТЕС):

- створити насадження соняшника, тополі, верби для зменшення міграції забруднювачів.

Рекомендації для екологічних служб.

1. Детальний просторовий моніторинг стану ґрунтів

1.1. Створити мережу моніторингових точок у трьох зонах ризику:

- Зона високого ризику, у межах 1 км від колишньої Зміївської ТЕС та в межах прямих напрямків розсіювання викидів;

- Зона середнього ризику, території уздовж основних транспортних коридорів, промислових майданчиків, складів ПММ, території навколо газодобувних об'єктів у південній частині громади;

- Зона аграрного відновлення, сільськогосподарські землі, зокрема поля зі зниженням родючості та втратою структури внаслідок бойових дій.

1.2. Проводити щоквартальний відбір зразків ґрунтів та аналіз за наступними показниками:

- вміст важких металів (Pb, Cd, Zn, Cu, Cr, Ni);

- залишкові нафтопродукти;

- загальний вміст органічної речовини;

- кислотність (pH);

- агрофізичні показники.

2. Створення та оновлення GIS-картування забруднення ґрунтів.

2.1. Розробити цифрові карти забруднення території громади із зонуванням за ступенем ризику.

2.2. Оновлювати карти щорічно на основі результатів моніторингу.

2.3. Використовувати карти для:

- диференційованого вибору методів ремедіації;
- планування земельного використання;
- інформування фермерських господарств.

3. Щорічний аудит стану ремедіаційних заходів

3.1. Організовувати щорічний аудит ефективності застосованих методів відновлення ґрунтів:

- контроль стану фіторемедіаційних насаджень;
- оцінка ефективності біоремедіації;
- аналіз результатів агротехнічних заходів.

3.2. За результатами аудиту коригувати програми відновлення.

4. Інформаційно-просвітницька робота

4.1. Готувати щорічні публічні звіти для:

- місцевих органів влади;
- фермерських господарств;
- громадськості.

4.2. Проводити навчальні семінари для сільгоспвиробників з питань відновлення ґрунтів:

- застосування біопрепаратів;
- органічне землеробство;
- рекультивація пошкоджених ділянок.

5. Взаємодія з науковими установами

5.1. Ініціювати партнерство з (варіативно):

- Харківським національним університетом імені В. Н. Каразіна;
- Інститутом ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського;
- іншими профільними науковими установами для:

- ✓ розробки інноваційних методів ремедіації;
- ✓ супроводу пілотних проєктів.

Критичний аналіз особливостей, можливостей та запитів різних стейкхолдерів щодо подолання деградації ґрунтів Слобожанської громади надав можливість узагальнити рекомендовані заходи для окремих груп зацікавлених осіб та звести цю інформацію у окрему таблицю (табл.3.5).

Таблиця 3.5

Загальні рекомендації для стейкхолдерів щодо подолання деградації ґрунтів
у Слобожанській ТГ

Стейкхолдери	Рекомендовані заходи
Органи місцевого самоврядування	- Інтеграція цілей відновлення ґрунтів у стратегії розвитку громади - Актуалізація землевпорядної документації - Фінансування залуження, відновлення лісосмуг, локальних меліоративних заходів - Створення консультаційного центру для фермерів
Агровиробники (фермери, агропідприємства)	- Контурна обробка ґрунтів - Використання сидератів, мульчування, мінімальний обробіток - Раціональні сівоzmіни - Підвищення частки органіки - Цільове внесення добрив за результатами агрохімічного аналізу
Екологічні служби, контролюючі органи	- Розширення мережі моніторингу стану ґрунтів - Контроль дотримання агроекологічних вимог - Залучення громад до екологічного нагляду
Науковці, освітні заклади	- Розробка локальних моделей відновлення ґрунтів - Дослідження ефективності практик - Організація тренінгів для фермерів та учнів аграрних закладів
Місцеві громади, громадські організації	- Участь у моніторингових проєктах - Ініціативи з відновлення лісосмуг, рекультивації - Підвищення обізнаності населення щодо сталого ґрунтокористування

Ураховуючи масштаб та багатовекторний характер ґрунтової деградації на території Слобожанської громади, для ефективного відновлення та збереження родючості ґрунтів необхідна консолідована діяльність усіх зацікавлених сторін, в т.ч. органів місцевого самоврядування, сільськогосподарських виробників, екологічних служб, науковців і громади.

ВИСНОВКИ

Дослідження встановило, що деградація ґрунтів у Слобожанській ТГ є наслідком як природних процесів (ерозія, кліматичні коливання), так і антропогенних чинників (інтенсивне землеробство, застосування важкої техніки, промислове забруднення, військові дії). За даними Стратегії розвитку, до 30% видатків місцевого бюджету планується спрямувати на заходи з екологічного відновлення, що підтверджує актуальність даного підходу.

Аналіз ґрунтового покриву показав зниження вмісту гумусу на 40–50% порівняно з історичними показниками, руйнування агрегатної структури та зменшення обмінних властивостей, що спричинило зниження продуктивності агроугідь на 10–15%. Понад 22 000 га орних земель перебувають у стані, що потребує негайної рекультивації.

Військові дії у 2022–2025 роках спричинили механічне пошкодження ґрунтів (більше 80% полів зафіксовано з пошкодженнями) та локальне забруднення важкими металами й нафтопродуктами, що вимагає застосування спеціалізованих рекультиваційних заходів.

Запропоновано використовувати агротехнічні (сівозміни, мінімальна обробка, мульчування), хімічні (вапнування, застосування фосфатів і сорбентів) та біологічні методи (сидерація, фіторе mediaція, біоре mediaція).

Використання сидерації, фіторе mediaції та біоре mediaції сприяє поступовому відновленню біологічної активності ґрунту. На площі близько 300 га вже реалізовано проекти з вирощування сидератів, що дозволяє підвищити вміст органічної речовини на 20–30% протягом наступних 3–4 сезонів.

Хімічна ре mediaція за допомогою вапнування кислих ґрунтів і використання фосфатних добрив дозволяє оперативно знизити біодоступність важких металів. Проекти, спрямовані на обробку понад 300 га забруднених земель, вже демонструють значне зниження рівня токсичного навантаження.

Комбінування агротехнічних, хімічних і біологічних методів відновлення забезпечує синергічний ефект: інтегрований підхід дозволяє збільшити родючість

ґрунтів на 20–30% протягом 10–15 років, що відповідає завданням роботи щодо довгострокового відновлення екосистеми.

Запропоновано регулярний (щоквартальний) агрохімічний моніторинг та створення GIS-карт забрудненості території. Стратегія розвитку передбачає налагодження мережі моніторингових пунктів та щорічний аудит, що дозволяє оперативно коригувати заходи рекультивації.

Для адаптації заходів відновлення до особливостей окремих територій Слобожанської ТГ нами було запропоновано кілька сценаріїв комбінованого застосування методів. Зокрема, сценарій 1, а саме, комбінування хімічної іммобілізації (вапнування, введення фосфатних добрив) з фіторе mediaцією для зон з високим рівнем забруднення (наприклад, території поблизу колишньої ТЕС). Сценарій 2, а саме, інтеграція біоре mediaції із застосуванням мікробіологічних препаратів та агротехнічних заходів (сидерація, мульчування) для деградованих сільськогосподарських угідь. Сценарій 3, а саме, використання фізико-хімічного очищення з подальшим створенням фітофільтраційних зон у перехідних зонах між індустриальними та сільськогосподарськими територіями. Сценарій 4, а саме, методи структурного відновлення (глибоке рихлення, внесення компосту) в комбінації з фіторе mediaцією для відновлення порушеного ґрунтового профілю. Ці варіанти дозволяють максимально адаптувати застосування відновлювальних заходів до специфічних умов кожної зони.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Слобожанська територіальна громада [Електронний ресурс]. – Режим доступу <https://decentralization.ua/newgromada/4684> (дата звернення: 16.04.2025).
2. Програма соціально-економічного розвитку Слобожанської селищної територіальної громади на 2024–2027 роки. – Затверджено рішенням XLVII сесії VIII скликання від 18.01.2024 року № 2014-VIII. – 76 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу <https://km-sov.gov.ua/images/2024/20062024/02/!!!!%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B0%20%D1%81%D0%BE%D1%86-%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%20%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%BA%D1%83.pdf> (дата звернення: 16.04.2025).
3. Медведєв В.В., Пліско І.В., Накісько С.Г., Тітенко Г.В. Деградація ґрунтів у світі, досвід її попередження і подолання. Харків. - Стильна типографія, 2018. - 168 с.
4. Екологічний паспорт Харківської області за 2022 рік / Департамент захисту довкілля Харківської ОДА. – Харків, 2023. – 95 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://kharkivoda.gov.ua/content/documents/1234/123379/Attaches/ekologichniy_pasport_2022_rik.pdf#:~:text=4%2C1%E2%80%935%2C0%20%D0%B4%D1%83%D0%B6%D0%B5%20%D0%B2%D0%B8%D1%81%D0%BE%D0%BA%D0%B8%D0%B9%20,%D0%A1%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BD%D1%8C%D0%BE%D0%B7%D0%B2%D0%B0%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9 (дата звернення: 17.04.2025).
5. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Харківській області у 2023 році [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichnyj-monitoryng/regionalni-dopovidi-pro-stan-navkolyshnogo-seredovyshha-v-ukrayini/> (дата звернення: 15.04.2025).
6. Війна та ґрунти: наслідки і шляхи відновлення / ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського». – Харків, 2023. – 42 с.
7. Вплив збройної агресії та воєнних дій на сучасний стан ґрунтового покриття, оцінка шкоди та збитків, заходи з відновлення. Балюк С. А., Кучер А. В.,

Солоха М. О., Соловей В. Б., Смірнова К. Б., Момот Г. Ф., Левін А. Я. Харків. - ФОП Бровін О. В. - 2022. - 102 с.

8. Як врятувати ґрунти від наслідків війни? [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<https://www.agrilab.ua/yak-vryatuvaty-grunty-vid-naslidkiv-vijny/#:~:text=%D0%92%D0%B8%D0%B1%D1%83%D1%85%D0%B8,%D0%B6%D0%B8%D0%B2%D0%B8%D0%B9%20%D1%88%D0%B0%D1%80%20%D2%91%D1%80%D1%83%D0%BD%D1%82%D1%83%20%D1%96%20%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D1%83>

(дата

звернення: 15.04.2025).

9. Земельний кодекс України : Закон України від 25 жовтня 2001 року № 2768-III [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14> (дата звернення: 15.04.2025).

10. Про охорону земель: Закон України від 19.06.2003 р. № 962-IV [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962-15#Text> (дата звернення: 15.04.2025).

11. SuperAgronom.com. Як сидерати відновлюють ґрунти: польовий досвід аграріїв – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://superagronom.com/>

12. МінАПК України. Презентація стратегії охорони та відновлення ґрунтів України, 2023 – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://minagro.gov.ua> (дата звернення: 15.04.2025).

13. Національний науковий центр "Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського" Національна академія аграрних наук України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://issar.com.ua/> (дата звернення: 15.04.2025).

14. Національна конференція «Деградація чи родючість? Ґрунти в умовах війни». – Київ, 2023. – Матеріали доповідей. – 72 с.

15. Деградація ґрунтів України. Як врятувати, відновити і зберегти родючість [Електронний ресурс]. SuperAgronom. Режим доступу: <https://superagronom.com/articles/589-problema-degradatsiyi-gruntiv-suchasniy-stan-riziki-ta-sposobi-podolannya> – Дата звернення: 20.04.2025.

16. Пісоцький О. В. Сидерація як метод відновлення деградованих ґрунтів / О. В. Пісоцький // Землеробство. – 2021. – № 2. – С. 101–107.
17. Держгеокадастр. Дані про агровиробничу групу ґрунтів Слобожанської ТГ (2025) – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://land.gov.ua/>
18. Крайнюков О., Кривицька І., Найдьонова О. Еколого-токсикологічна оцінка якості ґрунтів, які знаходяться під впливом Зміївської ТЕС. Молодий вчений, 2023. № 12 (124), 12-16. DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2023-12-124-22> (дата звернення: 15.04.2025).
19. Безсонний В. Л., Некос А. Н., Гололобова О. О. Оцінка екологічного ризику забруднення ґрунтів важкими металами. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Екологія». 2024. Вип. 31. С. 20 – 34. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2024-31-02> (дата звернення: 15.04.2025).
20. Спосіб екологічної ремедіації ґрунту, техногенно забрудненого переважно кадмієм, свинцем, цинком та хромом / В. Л. Самохвалова, А. І. Фатєєв, С. Г. Зуза, В. О. Зуза, В. М. Горякіна // Агрохімія і ґрунтознавство : міжвід. темат. наук. зб.. - 2014. - Вип. 81. - С. 51-59.
21. Фатєєв А.І. Фоновий вміст мікроелементів у ґрунтах України. [За ред. А. І. Фатєєв, Я. В. Пащенко]; УААН, Національний науковий центр "Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського". – Харків. - 2003. - 117 с.
22. Тітенко Г.В., Сілутіна К. В. Можливості та обмеження використання біологічних та технологічних методів відновлення ґрунтів // Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: освіта – наука – виробництво – 2025: матеріали XXVII Міжнародної науково-практичної конференції (м. Харків, 24-25 квітня 2025 р.). – Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2025. – С. 78-80.
23. Overview of soil conditions of arable land in Ukraine – Study case for steppe and forest-steppe zones. Budapest. FAO. 2020. <https://doi.org/10.4060/ca7761en>