

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА**  
**ШЕВЧЕНКА**  
**ГЕОГРАФІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**  
**КАФЕДРА ЗЕМЛЕЗНАВСТВА ТА ГЕОМОРФОЛОГІЇ**

На правах рукопису  
УДК 631.4:632.125:332.3:504.05](477.74)

**ДЕГРАДАЦІЯ ҐРУНТІВ І ЗЕМЕЛЬ ЧОРНОБАЇВСЬКОЇ**  
**ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ ВНАСЛІДОК ВОЄННИХ ДІЙ**

Галузь знань **10 – Природничі науки**  
Спеціальність **103 – Науки про Землю**  
Освітня програма *Ґрунтознавство,*  
*управління земельними ресурсами*  
*та територіальне планування*

Кваліфікаційна робота бакалавра  
студента 4-курсу  
*Кучеренка Богдана Олександровича*  
Науковий керівник  
*Підкова Оксана Миколаївна*  
*Доцент кафедри землезнавства та геоморфології,*  
*кандидат географічних наук*

КИЇВ – 2026

## АНОТАЦІЯ

Бакалаврська робота присвячена дослідженню деградації ґрунтів і земель Чорнобаївської територіальної громади внаслідок воєнних дій та визначенню основних напрямів їх післявоєнного відновлення. Актуальність теми зумовлена значним негативним впливом бойових дій на земельні ресурси України, що проявляється у механічному руйнуванні ґрунтового покриву, зміні рельєфу, ущільненні ґрунтів, забрудненні територій та погіршенні їх екологічного стану. Особливо гостро ця проблема постала для територій, які перебували в зоні активних бойових дій, зокрема для Чорнобаївської територіальної громади Херсонської області.

Метою роботи є аналіз деградаційних процесів і просторових особливостей деградації ґрунтів і земель Чорнобаївської територіальної громади, спричиненої воєнними діями, а також обґрунтування основних напрямів їх післявоєнного відновлення.

Для виконання роботи використано наукові літературні джерела з питань деградації ґрунтів і земель, матеріали дистанційного зондування Землі, цифрові ґрунтові карти, супутникові знімки Maxar та Google Satellite, а також геоінформаційні технології. У процесі дослідження застосовано методи аналізу й узагальнення наукової інформації, картографічний метод, геоінформаційний аналіз, візуальне дешифрування супутникових знімків та просторовий аналіз даних у середовищі QGIS.

У роботі охарактеризовано основні процеси деградації ґрунтів і земель, досліджено негативний вплив воєнних дій на ґрунтовий покрив України, проаналізовано природні умови та ґрунтовий покрив Чорнобаївської територіальної громади. Проведено просторовий аналіз механічних пошкоджень ґрунтів на основі виявлених вирв від вибухів, визначено особливості поширення пошкоджених ділянок та оцінено масштаби воєнної деградації земель. Обґрунтовано комплекс заходів щодо післявоєнного відновлення пошкоджених

ґрунтів і земель, що включає рекультивацію, моніторинг, оцінювання ризиків забруднення та поступове повернення земель до господарського використання.

Отримані результати можуть бути використані для оцінювання наслідків воєнних дій для земельних ресурсів, розроблення програм відновлення пошкоджених територій, удосконалення системи моніторингу деградованих земель та планування заходів із післявоєнного відновлення територій України.

*Ключові слова:* деградація ґрунтів, деградація земель, воєнні дії, Чорнобаївська територіальна громада, механічне пошкодження ґрунтів, вирви від вибухів, дистанційне зондування Землі, QGIS, рекультивація земель, відновлення ґрунтів.

## ABSTRACT

The bachelor's thesis is devoted to the study of soil and land degradation within the Chornobaivka Territorial Community caused by military activities and to the determination of the main directions for their post-war restoration. The relevance of the research is обусловлена the significant negative impact of military operations on Ukraine's land resources, manifested through mechanical destruction of the soil cover, changes in relief, soil compaction, contamination of territories, and deterioration of their ecological condition. This issue is particularly important for areas that experienced active military operations, including the Chornobaivka Territorial Community of Kherson Region.

The aim of the study is to analyze the degradation processes and spatial patterns of soil and land degradation within the Chornobaivka Territorial Community caused by military activities and to substantiate the main directions for their post-war restoration.

The research is based on scientific literature concerning soil and land degradation, Earth observation data, digital soil maps, Maxar and Google Satellite imagery, as well as geoinformation technologies. The study applies methods of scientific analysis and synthesis, cartographic methods, geoinformation analysis, visual interpretation of satellite imagery, and spatial data analysis using QGIS software.

The thesis characterizes the main processes of soil and land degradation, examines the negative impact of military activities on Ukraine's soil cover, and analyzes the natural conditions and soil cover of the Chornobaivka Territorial Community. A spatial analysis of mechanical soil damage based on identified explosion craters was carried out, the distribution patterns of damaged areas were determined, and the scale of war-induced land degradation was assessed. A set of measures for the post-war restoration of damaged soils and lands is proposed, including land reclamation, monitoring, contamination risk assessment, and the gradual return of lands to economic use.

The obtained results may be used for assessing the consequences of military activities on land resources, developing restoration programs for damaged territories,

improving monitoring systems for degraded lands, and planning post-war recovery measures in Ukraine.

*Keywords:* soil degradation, land degradation, military activities, Chornobaivka Territorial Community, mechanical soil damage, explosion craters, Earth observation, QGIS, land reclamation, soil restoration.

## ЗМІСТ

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП                                                                    | 7  |
| РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИВЧЕННЯ ДЕГРАДАЦІЇ                          | 9  |
| ГРУНТІВ І ЗЕМЕЛЬ                                                         | 9  |
| 1.1. Поняття деградації ґрунтів і земель                                 | 9  |
| 1.2. Основні деградаційні процеси ґрунтів і земель                       | 10 |
| РОЗДІЛ 2. НЕГАТИВНИЙ ВПЛИВ ВОЄННИХ ДІЙ НА ГРУНТИ І ГРУНТОВИЙ             |    |
| ПОКРИВ УКРАЇНИ                                                           | 22 |
| РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ВОЄННИХ ДІЙ НА                  |    |
| ГРУНТИ І ЗЕМЛІ ЧОРНОБАЇВСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ                     | 26 |
| 3.1. Загальна характеристика Чорнобаївської територіальної громади       | 27 |
| 3.2. Методика дослідження                                                | 30 |
| 3.3. Механічне пошкодження ґрунтів Чорнобаївської територіальної громади |    |
| внаслідок воєнних дій                                                    | 33 |
| РОЗДІЛ 4. НАПРЯМИ ВІДНОВЛЕННЯ ГРУНТІВ І ЗЕМЕЛЬ ЧОРНОБАЇВСЬКОЇ            |    |
| ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ, ПОШКОДЖЕНИХ УНАСЛІДОК ВОЄННИХ ДІЙ                | 42 |
| 4.1. Загальні засади післявоєнного відновлення ґрунтів і земель          | 42 |
| 4.2. Первинне обстеження та просторове зонування пошкоджених земель      | 43 |
| 4.3. Рекультивація механічно пошкоджених ґрунтів                         | 44 |
| 4.4. Оцінювання та зниження ризику хімічного забруднення                 | 45 |
| 4.5. Біологічне та агроекологічне відновлення ґрунтів                    | 47 |
| 4.6. Моніторинг і поетапне повернення земель у господарське використання | 48 |
| ВИСНОВКИ                                                                 | 50 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ                                               | 53 |

## ВСТУП

*Актуальність теми.* Ґрунтовий покрив є одним із найважливіших природних ресурсів України, оскільки забезпечує функціонування наземних екосистем, сільськогосподарське виробництво та продовольчу безпеку держави. Водночас ґрунти зазнають впливу природних і антропогенних чинників, які спричиняють погіршення їхніх фізичних, хімічних, біологічних і екологічних властивостей. Особливо значних масштабів деградація ґрунтів і земель набула внаслідок воєнних дій.

Вибухи боєприпасів, пересування важкої військової техніки, облаштування оборонних споруд, пожежі та руйнування інфраструктури призводять до механічного пошкодження ґрунтового профілю, ущільнення, зміни мікрорельєфу, посилення ерозійних процесів і виникнення ризику хімічного забруднення.

Особливо важливою ця проблема є для південних регіонів України, території яких перебувають в зоні інтенсивних воєнних дій. Отже, актуальність роботи зумовлена необхідністю вивчення воєнної деградації ґрунтів, дослідження негативних наслідків війни на ґрунти і землі, розроблення практичних напрямів відновлення їх.

*Мета роботи* є проаналізувати деградаційні процеси і просторові особливості деградації ґрунтів і земель Чорнобаївської територіальної громади внаслідок воєнних дій та обґрунтувати основні напрями їх післявоєнного відновлення.

*Об'єкт дослідження:* ґрунти і землі Чорнобаївської територіальної громади, що зазнали впливу воєнних дій.

*Предметом дослідження:* просторове поширення і особливості деградації ґрунтів і земель Чорнобаївської територіальної громади, зумовленої воєнними діями, зокрема механічне пошкодження ґрунтів вирвами від вибухів, а також напрями відновлення пошкоджених ґрунтів і земель внаслідок воєнних дій.

Методологічну основу дослідження становлять наукові положення ґрунтознавства, землезнавства, геоінформатики та дистанційного зондування

Землі. Під час виконання роботи використано методи аналізу, синтезу, узагальнення та порівняння наукових джерел; картографічний метод; візуальне дешифрування супутникових знімків Махаг; геоінформаційну векторизацію просторових об'єктів у середовищі QGIS; просторове зіставлення тематичних шарів, а також кількісний аналіз вирв від вибухів. Для характеристики території використано цифрові ґрунтово-картографічні матеріали, супутникові підкладки Google Satellite та матеріали атласу Чорнобаївської територіальної громади.

Структурно бакалаврська робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків і списку використаних джерел. У першому розділі розглянуто теоретичні основи вивчення деградації ґрунтів і земель. Другий розділ присвячено аналізу впливу воєнних дій на ґрунти і ґрунтовий покрив України. У третьому розділі подано характеристику території дослідження, методика та результати дослідження механічних пошкоджень ґрунтів Чорнобаївської територіальної громади внаслідок воєнних дій. У четвертому розділі обґрунтовано основні напрями відновлення пошкоджених ґрунтів і земель.

Бакалаврська робота містить 5 рисунків, а список використаних джерел налічує 20 найменувань. Загальний обсяг роботи – 55 сторінок.

## **РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИВЧЕННЯ ДЕГРАДАЦІЇ ГРУНТІВ І ЗЕМЕЛЬ**

### **1.1. Поняття деградації ґрунтів і земель**

Ґрунти є основою біосфери й агроценозів, тому стан ґрунтів безпосередньо впливає на продовольчу безпеку та екологічне благополуччя регіону.

Деградація ґрунтів зазвичай розглядається як процес поступового погіршення фізичних, хімічних, біологічних і екологічних властивостей ґрунту [2, 16]. Такий процес супроводжується втратою корисних речовин та органіки (гумусу), змінами структури, проникності та інші, також проявами ерозії, опустелювання, засолення, забруднення тощо [16].

Іншими словами, деградація ґрунту означає поступове зменшення його родючості та функціональних можливостей під дією поєднання природних і антропогенних факторів (зокрема неправильного обробітку, монокультур, вирубування лісів) [2, 16].

Поняття деградованих земель має не лише ґрунтознавче, а й нормативно-правове значення. Відповідно до статті 171 Земельного кодексу України [7], до деградованих земель належать земельні ділянки, поверхня яких порушена внаслідок землетрусів, зсувів, карстоутворення, повеней, добування корисних копалин тощо, а також земельні ділянки з еродованими, перезволоженими, кислими, засоленими або забрудненими хімічними речовинами ґрунтами. Отже, деградація земель охоплює ширший спектр порушень, ніж власне деградація ґрунтів, оскільки враховує не тільки погіршення властивостей ґрунтового покриву, а й загальне порушення стану земельної ділянки як природного та господарського ресурсу.

У межах цієї роботи поняття деградації ґрунтів використовується для характеристики погіршення фізичних, хімічних, біологічних і морфологічних властивостей ґрунту, тоді як поняття деградації земель застосовується у ширшому

значенні – для позначення порушення земельної ділянки загалом, зокрема її поверхні, ґрунтового профілю, придатності до сільськогосподарського використання та екологічної безпеки. Такий підхід є важливим для дослідження наслідків воєнних дій, оскільки вибухи, рух важкої техніки, утворення вирв, хімічне забруднення та засмічення територій одночасно впливають і на ґрунт як природне тіло, і на землю як об’єкт використання.

Таким чином, деградація ґрунтів і земель – це комплекс багатьох процесів, що знижують екологічну й продуктивну цінність земель. Вона проявляється різними способами і вимагає комплексних заходів моніторингу та відновлення. Враховуючи сучасні виклики (зміна клімату, війна), фундаментальне розуміння сутності цих процесів є необхідною передумовою для розробки ефективних агроекологічних заходів.

## **1.2. Основні деградаційні процеси ґрунтів і земель**

Основними деградаційними чинниками на ґрунти і землі є господарська діяльність людини, зокрема такі галузі, як сільське господарство, промисловість, енергетика, транспорт, гірничодобувна промисловість. Природно-кліматичні умови, а також нераціональне використання сільськогосподарських земель збільшує площу деградованих ґрунтів. Нижче детальніше розглянемо основні деградаційні процеси ґрунтів і земель – ерозію, ущільнення, механічні порушення, пожежі, зсуви – всі вони характерні для досліджуваної території.

*Ерозія ґрунтів.* Поняття «ерозія ґрунтів» охоплює сукупність фізичних і хімічних процесів, серед яких вимивання розчинених речовин, зміна хімічних властивостей ґрунту, руйнування під впливом морозу та різких коливань температури, а також видування і стирання ґрунтових частинок потоками вітру. Зростання чисельності населення та посилення господарської діяльності також сприяють розвитку ерозійних процесів. Найбільший вплив мають інтенсивний обробіток земель, надмірне вирубування лісів і промислова діяльність, зокрема

будівництво доріг, що порушує ґрунтовий покрив і може призводити до зниження врожайності ґрунтів [2, 13].

Залежно від причин виникнення розрізняють природну та прискорену, або антропогенну, ерозію ґрунтів. Вони істотно відрізняються за швидкістю розвитку. Природна ерозія ґрунтів відбувається повільно і може тривати від двох до семи тисячоліть. Натомість прискорена ерозія ґрунтів, спричинена антропогенною діяльністю, іноді розвивається протягом 10-30 років або й швидше. Її поширенню сприяють нераціональна сільськогосподарська діяльність, неправильний обробіток полів, надмірне удобрення, безконтрольний випас худоби, осушення боліт і недотримання вимог під час зрошування угідь та ін.

Під впливом різних чинників ґрунти зазнають фізичних, хімічних і біологічних змін. До основних природних чинників, які сприяють розвитку ерозії та деградації ґрунтів, належать вода, вітер, сніг і рух льоду.

Вітрова ерозія ґрунтів виникає внаслідок піднімання та перенесення вітром дрібних частинок із поверхні поля. Інтенсивність цього процесу та потужність шару, який видувається, залежать передусім від сили вітру, стану поверхні ґрунту й наявності рослинного покриву. Під час сильних пилових бур ґрунтовий матеріал може переноситися на значні відстані, що призводить до поступової втрати родючого шару.

Водна ерозія ґрунтів розвивається під дією атмосферних опадів і сформованих ними водних потоків, які змивають часточки ґрунту. За інтенсивних опадів невеликі заглиблення можуть поступово перетворюватися на вимоїни, промоїни та інші форми лінійного розмиву. Найбільш уразливими є ділянки зі слабким рослинним покривом, оскільки коренева система рослин не забезпечує достатнього закріплення поверхневого шару [2, 13].

Снігова ерозія ґрунтів пов'язана з інтенсивним таненням снігового покриву. У цей період верхній шар ґрунту надмірно зволожується і розпушується, а талі води сприяють вимиванню поживних та органічних речовин. Унаслідок цього поступово погіршуються властивості ґрунту та знижується його родючість.

Важливу роль у розвитку ерозії відіграють кліматичні умови. Велика кількість інтенсивних опадів посилює поверхневий стік і змивання ґрунтових частинок. Особливо вразливими є території з недостатньо розвиненим рослинним покривом. Вітрова ерозія найбільш активно проявляється на сухих полях, де дрібні та слабо закріплені частинки легко підхоплюються повітряними потоками.

Техногенна ерозія ґрунту може виникати внаслідок розроблення кар'єрів, будівництва споруд і доріг, проведення земляних робіт, а також зміни природних шляхів поверхневого стоку. Такі види діяльності порушують цілісність ґрунтового покриву та посилюють його руйнування.

Вирубка лісів є ще одним важливим антропогенним чинником, що зумовлює розвиток ерозії. Кореневі системи дерев закріплюють ґрунт, а рослинний покрив послаблює дію опадів і вітру. Після знищення лісової рослинності поверхневий шар стає менш стійким, тому ґрунтові частинки легше змиваються до струмків і річок або переносяться вітром. Це може спричиняти замулення водних об'єктів.

Одним із наслідків ерозії є забруднення поверхневих і ґрунтових вод. Разом зі змитими ґрунтовими частинками до водних об'єктів можуть потрапляти поживні речовини, добрива та інші сполуки. Погіршення структури ґрунту знижує його здатність пропускати воду в нижні шари ґрунту, через що збільшується поверхневий стік і посилюється подальше змивання. Також це спричиняє зменшення родючості ґрунтів. Під дією води й вітру видаляється верхня частина ґрунтового профілю, у якій зосереджені гумус та основні поживні речовини. У результаті погіршуються умови росту сільськогосподарських культур і знижується врожайність [2, 13].

*Дегуміфікація.* Родючість ґрунту значною мірою залежить від динамічної рівноваги між процесами гуміфікації та мінералізації органічної речовини. За умов цілиного ґрунтоутворення гуміфікація переважає над мінералізацією, унаслідок чого відбувається поступове накопичення органічної речовини. З часом її вміст стабілізується на рівні, характерному для певного типу ґрунту та природних умов його формування.

Після залучення ґрунтів до сільськогосподарського використання співвідношення між гуміфікацією та мінералізацією змінюється. У більшості випадків посилюється мінералізація органічної речовини, що призводить до поступового зменшення вмісту гумусу. Цей процес називають дегуміфікацією ґрунту.

Основними причинами дегуміфікації є зменшення надходження рослинних і післяжнивних решток, зміна їхнього якісного складу, посилення мікробіологічної діяльності та інтенсивний механічний обробіток ґрунту. Під час оранки верхній гумусований шар переміщується з нижчезалягаючими, менш гумусованими горизонтами, унаслідок чого вміст гумусу в орному шарі знижується. За нестачі свіжої органічної речовини гетеротрофна мікрофлора починає використовувати гумус як джерело енергії, що додатково прискорює його мінералізацію [2, 13].

Найбільш інтенсивні втрати гумусу зазвичай відбуваються в перші роки після розорювання цілинних земель. Спочатку зміни найбільш помітні в орному шарі, а за тривалого сільськогосподарського використання зменшення запасів гумусу може охоплювати весь ґрунтовий профіль. Після формування мікробіологічного комплексу, пристосованого до нових умов, між процесами гуміфікації та мінералізації може встановитися нова динамічна рівновага. Однак гумусний стан ґрунту при цьому стабілізується вже на нижчому рівні.

Інтенсивність дегуміфікації залежить від типу ґрунту та характеру його використання. Значні втрати гумусу характерні для ґрунтів, які інтенсивно оброблялися довгий час. Дегуміфікацію також посилюють недостатнє внесення органічних добрив, спалювання стерні, застосування неправильних норм внесення мінеральних добрив, надмірне зрошення, водна ерозія та дефляція.

Дегуміфікація супроводжується не лише зменшенням загального вмісту гумусу, а й погіршенням його якісного складу. У складі гумусу знижується частка рухомих органічних сполук і відносно зростає вміст інертної частини. Пасивний гумус повільно включається в енергетичний та поживний обмін, тому слабше впливає на ефективну родючість ґрунту. У дерново-підзолистих ґрунтах може

посилюватися фульватність гумусу, а в чорноземах – зменшуватися вміст гумінових кислот.

Унаслідок втрати гумусу погіршується весь комплекс агрономічно цінних властивостей ґрунту. Знижується водотривкість структурних агрегатів, погіршуються водний, повітряний і поживний режими, зменшуються вологомісткість та біологічна активність. Ґрунт стає більш уразливим до ущільнення, водної ерозії та дефляції, а його здатність забезпечувати рослини елементами живлення поступово знижується [2, 13].

Отже, дегуміфікація є одним із найпоширеніших процесів деградації ґрунтів сільськогосподарського використання. Її розвиток пов'язаний із порушенням рівноваги між надходженням органічної речовини та її мінералізацією. Для зменшення втрат гумусу необхідно забезпечувати надходження рослинних решток і органічних добрив, застосовувати науково обґрунтовані сівозміни, обмежувати надмірний механічний обробіток, запобігати спалюванню стерні та впроваджувати протиерозійні заходи.

*Ущільнення ґрунту* – це процес зближення та щільнішого укладання ґрунтових частинок під дією зовнішнього навантаження, унаслідок чого зменшується загальний об'єм шпар і збільшується щільність будови ґрунту. Насамперед скорочується кількість великих шпар, які забезпечують проникнення води, газообмін і нормальне функціонування корневих систем рослин [18, 19].

Зменшення простору призводить до погіршення водопроникності та аерації ґрунту. Вода повільніше проникає у глибші горизонти, унаслідок чого на поверхні може формуватися застій води та посилюватися поверхневий стік. Одночасно обмежується надходження кисню в ґрунт і сповільнюється газообмін. Ущільнений шар чинить більший механічний опір проникненню коренів, тому коренева система розвивається переважно у верхній частині ґрунтового профілю та не може повною мірою використовувати запаси води й елементів живлення [18].

Ступінь ущільнення залежить від гранулометричного складу, структури, вологості ґрунту, величини навантаження та кількості проходів техніки. Особливо вразливими є вологі ґрунти, оскільки за таких умов структурні агрегати мають

меншу стійкість до механічного тиску. Важкі за гранулометричним складом ґрунти після ущільнення можуть тривалий час зберігати підвищену щільність будови і знижену водопроникність.

Однією з причин поверхневого ущільнення є дія дощових крапель. Під час інтенсивних опадів відбувається руйнування ґрунтових агрегатів і переміщення дрібних частинок, які заповнюють шпари. Після висихання на поверхні може утворюватися ґрунтова кірка, що погіршує проникнення води та ускладнює появу сходів.

Важливим антропогенним чинником є систематичний обробіток ґрунту на однаковій глибині. У такому разі нижче орного шару може формуватися ущільнений прошарок – плужна підшва. Вона перешкоджає проникненню коренів і води в нижні горизонти. Зміна глибини обробітку або застосування спеціальних ґрунтообробних знарядь може частково зменшити це ущільнення, однак глибокий обробіток не завжди забезпечує тривалий позитивний результат [18].

Основною причиною глибокого ущільнення сільськогосподарських ґрунтів є багаторазовий рух важкої техніки. Найбільше навантаження виникає під колесами та гусеницями тракторів, комбайнів і інших транспортних засобів. Робота техніки на перезволожених полях сприяє поширенню ущільнення не лише в орному, а й у підорному шарі. Підґрунтове ущільнення є особливо небезпечним, оскільки розташовується нижче звичайної глибини обробітку та може зберігатися протягом тривалого часу [20].

У районах ведення бойових дій додатковим чинником ущільнення є рух важкої колісної та гусеничної військової техніки. Багаторазове пересування одними маршрутами спричиняє утворення глибоких колій, руйнування структурних агрегатів та ущільнення верхніх і підорних горизонтів. Особливо значні зміни можуть виникати на вологих важкосуглинкових і глинистих ґрунтах. Ущільнення воєнного походження часто поєднується з механічним порушенням ґрунтового профілю, утворенням вирв і зміною мікрорельєфу [4].

Обмежений розвиток кореневої системи зменшує здатність рослин вбирати воду та елементи живлення. У результаті можуть виникати ознаки дефіциту

поживних речовин, нерівномірність сходів і затримка росту рослин. За посушливих умов неглибока коренева система не використовує вологу нижніх горизонтів, а у вологі періоди нестача кисню посилює пригнічення рослин. Сукупність цих змін призводить до зниження врожайності сільськогосподарських культур і збільшення витрат на обробіток ґрунту [18].

Для оцінювання ущільнення визначають щільність будови, загальну шпаруватість і опір ґрунту проникненню. Щільність будови визначають за співвідношенням маси сухого ґрунту до його непорушеного об'єму. Опір проникненню вимірюють за допомогою пенетрометра, що дає змогу встановити глибину залягання та потужність ущільненого шару. Додатково оцінюють водопроникність, структурно-агрегатний склад і характер розвитку кореневої системи рослин.

Найефективнішим способом боротьби з ущільненням є запобігання його утворенню. Для цього слід обмежувати рух техніки по вологому ґрунту, зменшувати навантаження на вісь, правильно добирати тиск у шинах і скорочувати кількість проходів полем. Важливим заходом є контрольований рух техніки, за якого машини пересуваються постійними технологічними коліями. Це дає змогу зосередити ущільнення в межах обмеженої площі та зберегти ґрунт між коліями у менш порушеному стані [19].

Для відновлення ущільнених ґрунтів можуть застосовуватися глибоке розпушування та чизелювання. Однак ефективність цих заходів залежить від глибини ущільненого шару, вологості, гранулометричного складу ґрунту та подальшої системи землекористування. Якщо після розпушування не усунути причину ущільнення, повторний рух важкої техніки може швидко відновити ущільнений шар.

*Заболочення* – це надлишкове зволоження ґрунту високим рівнем ґрунтових або поверхневих вод [16]. У степових районах це може відбуватися під час рясних паводків, прориву дамб чи після зупинки осушувальної мережі.

Природними факторами підтоплення є повені, підняття рівня ґрунтових вод (наприклад, близькість до заплави річки чи водоймища), сильні дощі. Антропогенні

чинники: порушення систем осушення (замулювання дренажів, заливття територій), експлуатаційні просадки ґрунту (коливання ґрунтових вод через меліоративну діяльність). Військові дії можуть спричинити підтоплення, якщо підрили гребель чи каналів або обстріли дамб призведуть до витоку вод і затоплення земель [4, 6].

На підтоплених ґрунтах збільшується вологість, формується торф або заболочена дернина. У профілі зростає товщина гідроморфного горизонту (сизі або синюваті кольори через відновлені умови), виникають бурі або ржаві плями (залізо випадає в осад).

Підтоплення призводить до втрат сільськогосподарських угідь (тривале випаровування води виснажує кореневу систему), зменшує продуктивність, сприяє заболоченню території. Для аграріїв це – пошкодження посівів (гниття, вилягання) і зріст витрат на осушення.

*Забруднення ґрунтів* пов'язане з надходженням і накопиченням токсичних речовин, які погіршують їхні властивості та створюють небезпеку для рослин, вод і живих організмів. Основними джерелами забруднення є залишки мінеральних добрив, отрутохімікатів і гербіцидів, промислові викиди, стічні води, важкі метали, нафта та нафтопродукти. Забруднюючі речовини можуть накопичуватися у продовольчих і кормових культурах, а також потрапляти до поверхневих, ґрунтових і підґрунтових вод [13].

Інтенсивне сільськогосподарське використання земель підвищує ризик накопичення у ґрунтах залишків добрив та отрутохімікатів. Забруднення при цьому може поширюватися не лише в межах орних угідь, а й на прилеглі сіножаті та пасовища. Переміщення токсичних речовин відбувається з поверхневим і внутрішньоґрунтовим стоком, а також із ґрунтовими водами.

Важливим джерелом забруднення є промислове виробництво і транспорт. Поблизу промислових центрів та транспортних магістралей можуть формуватися території з підвищеним вмістом важких металів. Їхня взаємодія з ґрунтом залежить від реакції ґрунтового розчину, гранулометричного складу, вмісту гумусу та мінералогічного складу. Ґрунт виконує роль геохімічного бар'єра, затримуючи

частину важких металів, проте певна їх кількість може переміщуватися до нижніх горизонтів і підґрунтових вод [13].

Накопичення важких металів у поверхневих горизонтах негативно впливає на рослинність. Воно може спричиняти збіднення видового складу, уповільнення росту й розвитку рослин, зниження схожості насіння, врожайності та якості сільськогосподарської продукції. Особливо небезпечним є тривале накопичення забруднювачів, оскільки вони можуть потрапляти до харчового ланцюга.

Радіоактивне забруднення виникає внаслідок надходження радіонуклідів до атмосфери та їх подальшого випадання на ґрунти, рослини й водні об'єкти. Радіонукліди можуть переміщуватися у харчовому ланцюзі «ґрунт – рослина – тварина – людина». Ґрунти важкого гранулометричного складу з високим вмістом гумусу здатні утримувати більшу кількість радіонуклідів. У легких ґрунтах із низьким вмістом органічної речовини їх міграція по профілю відбувається інтенсивніше, що підвищує ризик забруднення підґрунтових вод [13].

Значну небезпеку становить забруднення ґрунтів нафтою та нафтопродуктами. У насиченому нафтою ґрунті зменшується водопроникність, витісняється кисень, порушуються мікробіологічні й біохімічні процеси. Також погіршується водно-повітряний режим, зменшується доступність рухомих форм фосфору і калію, пригнічуються ріст та розвиток рослин. За високого вмісту нафти зміни властивостей ґрунту можуть набувати незворотного характеру.

Додатковими джерелами забруднення є промислові й побутові стічні води, води тваринницьких комплексів, викиди нафтових і газових свердловин, а також видобування корисних копалин. Разом із такими водами до ґрунту можуть надходити важкі метали, солі, феноли, масла та інші речовини. Засолені свердловинні води здатні спричиняти засолення й осолонцювання ґрунтів, а відкритий видобуток корисних копалин призводить до руйнування ґрунтового покриву та забруднення прилеглих територій пилом і токсичними породами [13].

Отже, забруднення ґрунтів має різні джерела та може супроводжуватися накопиченням важких металів, радіонуклідів, нафти, залишків добрив і отрутохімікатів. Наслідками є погіршення водно-повітряного режиму, порушення

мікробіологічних процесів, зниження родючості, забруднення вод і накопичення токсичних речовин у рослинній продукції.

*Механічне пошкодження ґрунту* є одним із найбільш характерних деградаційних процесів у районах ведення бойових дій. Воно пов'язане з прямим фізичним руйнуванням ґрунтового покриву внаслідок вибухів, руху важкої техніки, риття окопів, траншей, протитанкових ровів, облаштування вогневих позицій, бліндажів, польових доріг та інших оборонних споруд. На відміну від багатьох хімічних або біологічних змін, механічні пошкодження часто добре помітні візуально, оскільки проявляються у вигляді вирв, насипів, колій, перемішаних горизонтів тощо [4, 11].

Основними джерелами механічного пошкодження під час війни є артилерійські й авіаційні удари, мінометні обстріли, підриви мін та снарядів, а також інженерне облаштування позицій [4, 11]. Особливе значення мають вирви від вибухів, оскільки вони не лише змінюють поверхню поля, а й створюють ділянки з повністю або частково зруйнованим ґрунтовим профілем. У місцях великої щільності кратерів ґрунтовий покрив набуває мозаїчного характеру: поряд можуть розміщуватися відносно непорушені ділянки, перемішані ґрунти, зони винесення матеріалу, ділянки засипання та місця потенційного забруднення уламками боєприпасів. Саме тому механічне пошкодження рідко існує ізольовано; воно часто поєднується з ущільненням, хімічним забрудненням, пожежами та посиленням ерозійних процесів.

Оцінювання механічного пошкодження ґрунтів проводять за допомогою поєднання дистанційних, польових і лабораторних методів [4, 14]. На першому етапі використовують матеріали дистанційного зондування та геоінформаційний аналіз для виявлення вирв, траншей, колій, польових доріг і ділянок порушеного мікрорельєфу. Далі проводять польове обстеження, під час якого визначають розміри кратерів, глибину пошкодження, характер перемішування горизонтів, стан гумусового шару та наявність сторонніх включень. Для повнішої оцінки відбирають ґрунтові проби, порівнюють пошкоджені ділянки з фоновими та визначають фізичні й агрохімічні показники ґрунтів. У сучасних дослідженнях

підкреслюється, що оцінка воєнного впливу не може обмежуватися лише візуальним описом, оскільки частина змін проявляється на рівні фізичних, хімічних і біологічних властивостей ґрунту.

*Пожежі.* Спалювання стерні, соломи та інших післяжнивних решток є екологічно необґрунтованим способом очищення сільськогосподарських угідь. Такий захід не забезпечує істотного поліпшення фітосанітарного стану поля, однак спричиняє втрату органічної речовини, погіршення властивостей ґрунту та підвищення пожежної небезпеки [3].

Під час горіння рослинні рештки, які могли б стати джерелом органічної речовини, перетворюються на попіл. За високих температур частково руйнується гумус, відбуваються втрати органічного вуглецю та азоту. Унаслідок цього зменшується надходження органічної речовини до ґрунту, порушується баланс між процесами гуміфікації та мінералізації, що може посилювати дегуміфікацію.

Термічний вплив негативно позначається і на біологічній активності ґрунту. У поверхневому шарі зменшується чисельність ґрунтових мікроорганізмів і дрібних безхребетних, які беруть участь у розкладанні рослинних решток, утворенні гумусу та кругообігу елементів живлення. Порушення ґрунтової біоти погіршує перебіг біохімічних процесів і уповільнює природне відновлення родючості ґрунтів.

Після випалювання поверхня ґрунту залишається без рослинного покриву та післяжнивних решток. Унаслідок цього посилюється випаровування вологи, погіршується структурний стан ґрунту та зростає його вразливість до водної ерозії й дефляції. На відкритій поверхні краплі дощу безпосередньо руйнують ґрунтові агрегати, а вітер легше переносить дрібні частинки [3].

Систематичне спалювання стерні може спричиняти зниження потенційної родючості ґрунту. Втрата органічної речовини та елементів живлення, зменшення біологічної активності й погіршення структури негативно впливають на водний, повітряний і поживний режими. У результаті погіршуються умови розвитку кореневої системи та може знижуватися врожайність сільськогосподарських культур.

Крім безпосереднього впливу на ґрунтовий покрив, випалювання стерні створює загрозу поширення вогню на сусідні поля, пасовища, лісосмуги, степові ділянки та господарські об'єкти. Під час горіння в атмосферу надходять дим, пил, оксиди азоту, вуглекислий газ та інші продукти згоряння, що погіршують якість повітря.

Отже, спалювання стерні й післяжнивних решток спричиняє комплексний негативний вплив на ґрунти: втрату органічної речовини, руйнування частини гумусу, зниження біологічної активності, погіршення структурного стану та підвищення ерозійної небезпеки. Більш доцільним є подрібнення рослинних решток і їх залишення або заробляння у ґрунт, що забезпечує повернення органічної речовини та сприяє підтриманню гумусового стану [3].

## **РОЗДІЛ 2. НЕГАТИВНИЙ ВПЛИВ ВОЄННИХ ДІЙ НА ҐРУНТИ І ҐРУНТОВИЙ ПОКРИВ УКРАЇНИ**

Ґрунтовий покрив України є одним із найцінніших природних ресурсів держави, оскільки значну частину її території займають чорноземи з високим потенціалом родючості. В умовах повномасштабної війни саме цей ресурс зазнав масштабного антропогенного порушення. За узагальненими науковими даними, під впливом воєнних дій перебуває понад 15 млн. га земель, а в зоні бойових дій у різний час опинилося понад 5 млн. га чорноземів [4, 10]. Це свідчить, що сучасна війна в Україні має не лише військово-політичний і соціально-економічний вимір, а й виразний ґрунтово-екологічний наслідок, який проявляється у руйнуванні ґрунтового покриву, погіршенні властивостей ґрунтів і зниженні їх функціональної придатності.

Найбільш очевидними є механічні та фізичні порушення ґрунтового покриву. Вони пов'язані з утворенням вирв від вибухів, риттям окопів, траншей, протитанкових ровів, облаштуванням опорних пунктів, а також із рухом важкої військової техніки. Такі впливи не лише руйнують поверхневий шар ґрунту, а й призводять до перемішування генетичних горизонтів, локального винесення або накопичення ґрунтової маси, зміни мікрорельєфу та переущільнення. На прикладі Харківської області встановлено, що за результатами дешифрування космічних знімків було ідентифіковано 420615 кратерів діаметром 0,5-26,1 м, 4112 га бомбтурбованих ґрунтів і 3412 га потенційно ущільнених ґрунтів унаслідок руху військової техніки [4]. Такий масштаб порушень свідчить, що воєнний вплив охоплює не окремі локальні ділянки, а формує просторово великі масиви трансформованого ґрунтового покриву.

Особливо небезпечним наслідком є ущільнення ґрунтів, спричинене пересуванням важкої техніки. Воно супроводжується погіршенням водопроникності, аерації та умов розвитку кореневих систем рослин. Для чорноземів, які широко поширені в Україні, це має особливе значення, оскільки

саме вони є чутливими до поверхневого ущільнення. Серед ґрунтів найбільшого ущільнення вірогідно зазнають чорноземи звичайні, чорноземи типові, чорноземи опідзолені та реградовані ґрунти [4].

Біологічна складова воєнної деградації ґрунтів проявляється передусім у зміні складу, чисельності та активності ґрунтової біоти. Порушення структури ґрунту, нагрівання під час вибухів, надходження токсичних речовин і переущільнення призводять до пригнічення мікробіологічних процесів, від яких залежить трансформація органічної речовини, кругообіг елементів живлення та формування родючості. У літературних джерелах підкреслюється, що ґрунтова біота є чутливою до воєнного навантаження, а відновлення окремих біологічних характеристик може тривати роками, десятиліттями, а в окремих випадках – навіть століттями [4, 5]. Саме тому наслідки війни для ґрунтів не можна зводити лише до видимих руйнувань поверхні: навіть після засипання вирв або припинення активних бойових дій деградаційні процеси можуть зберігатися в прихованій формі.

Окрім механічного руйнування, воєнні дії можуть спричиняти хімічне забруднення ґрунтового покриву. Джерелами такого забруднення є залишки боєприпасів, продукти вибухів, уламки військової техніки, паливно-мастильні матеріали, продукти горіння та інші речовини, що потрапляють у ґрунт унаслідок бойових дій. Особливу небезпеку становить накопичення важких металів та токсичних сполук, оскільки вони можуть зберігатися у ґрунті тривалий час, впливати на ґрунтову біоту, погіршувати умови росту рослин і створювати ризики для подальшого сільськогосподарського використання земель. Оцінювання такого забруднення потребує польових і лабораторних досліджень, однак літературні дані щодо територій, які зазнали бойового впливу, свідчать про необхідність врахування цього чинника під час аналізу воєнної деградації ґрунтів [11, 12].

Хімічне забруднення є особливо небезпечним через його потенційну тривалість і здатність поширюватися за межі безпосередньо пошкодженої ділянки [4, 6, 12]. У матеріалах, які було проаналізовано, серед основних груп забруднювачів названо нафту, важкі метали, нітроароматичні вибухові речовини,

діоксини та радіоактивні елементи. Такі сполуки можуть змінювати реакцію ґрунтового середовища, порушувати перебіг біохімічних процесів, пригнічувати мікробіологічну активність і створювати ризики переходу токсикантів у рослини та воду. Саме тому навіть після завершення активних бойових дій окремі земельні ділянки не можуть автоматично вважатися безпечними для господарського використання без попереднього лабораторного контролю.

При цьому оцінювання реальних масштабів пошкодження ґрунтів у воєнний період є складним науково-практичним завданням. Складність пов'язана з тим, що наслідки бойових дій мають різну форму прояву і не завжди можуть бути встановлені лише візуально. Частина пошкоджень є явно вираженою і добре фіксується на місцевості або за матеріалами дистанційного зондування, зокрема вирви, траншеї, оборонні споруди, сліди техніки та ділянки вигорання. Водночас інша частина негативних змін має прихований характер і проявляється вже на рівні фізико-хімічних, агрохімічних або біологічних властивостей ґрунту. Саме тому об'єктивна оцінка воєнного впливу не може обмежуватися лише описом зовнішніх руйнувань, а потребує комплексного поєднання дистанційних, польових і лабораторних методів [10, 14].

Важливою є і проблема інтерпретації результатів дослідження. Пошкодження ґрунтів, спричинені бойовими діями, не завжди можна оцінити лише в категоріях «порушений» або «непорушений». Значно коректніше розглядати воєнний вплив як спектр змін різної інтенсивності, що зачіпають морфологічні, фізичні, хімічні та біологічні характеристики ґрунту [11]. Такий підхід дає змогу перейти від загального опису руйнувань до науково обґрунтованого встановлення ступеня деградації. Саме від цього надалі залежить вибір заходів післявоєнного відновлення: для одних ділянок достатніми можуть бути агротехнічні та меліоративні заходи, для інших – тривала рекультивація або навіть повне виведення з господарського використання [4, 11].

З огляду на це воєнну деградацію ґрунтового покриву України доцільно розглядати не лише як екологічну проблему, а і як проблему землекористування, аграрної безпеки та просторового планування. Наслідки бойових дій змінюють

якісний стан земельних ресурсів, ускладнюють їх господарське використання, підвищують ризики екологічної небезпеки та потребують науково обґрунтованої системи управління відновленням. У цьому контексті результати оцінювання фактичного стану ґрунтів після деокупації та розмінування мають бути основою для ухвалення управлінських рішень щодо подальшого використання конкретних земельних ділянок, а також щодо доцільності і масштабу відновлювальних заходів [10, 14].

Отже, питання визначення масштабів пошкоджених ґрунтів в Україні тісно пов'язане з проблемою їх коректного оцінювання. Деградація має багатофакторний, просторово неоднорідний і часто прихований характер, тому її наукове дослідження повинно спиратися на поєднання матеріалів моніторингу, дистанційного зондування, польового обстеження, лабораторного аналізу та цифрового картографування. Лише за такої умови можна отримати об'єктивне уявлення про реальний стан ґрунтового покриття України в умовах війни та сформувати підґрунтя для його подальшого відновлення.

### **РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ВОЄННИХ ДІЙ НА ҐРУНТИ І ЗЕМЛІ ЧОРНОБАЇВСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ**

Дослідження негативного впливу воєнних дій на ґрунти і землі Чорнобаївської територіальної громади є важливим з огляду на високу інтенсивність бойового навантаження на цю територію. На початку повномасштабного вторгнення громада перебувала в зоні активних бойових дій, а її землі зазнали прямого механічного впливу внаслідок вибухів, руху військової техніки, облаштування позицій та руйнування об'єктів інфраструктури. Такі процеси безпосередньо впливають на стан ґрунтового покриву, оскільки спричиняють порушення поверхні, утворення вирв, перемішування ґрунтових горизонтів, ущільнення, локальне засмічення уламками боєприпасів, військової техніки та ін., зміну мікрорельєфу.

Особливе значення ця проблема має для Чорнобаївської територіальної громади, оскільки значна частина її території представлена сільськогосподарськими землями. Для таких територій ґрунт є основним природним ресурсом, а його механічне руйнування призводить до погіршення агровиробничих властивостей, зниження родючості та ускладнення подальшого використання. Воєнні пошкодження ґрунтів не обмежуються лише видимими формами руйнування. Вони можуть посилювати вже наявні деградаційні процеси, зокрема ерозію, дегуміфікацію, переущільнення та порушення водно-повітряного режиму.

Для оцінювання таких змін у межах дослідження було використано матеріали дистанційного зондування, геоінформаційний аналіз та дані про ґрунти території громади. Основну увагу приділено просторовому аналізу вирв від вибухів як найбільш виразних індикаторів механічного порушення ґрунтового покриву. Поєднання даних про розміщення вирв із характеристиками ґрунтів дає змогу встановити, де зосереджені найбільші механічні пошкодження та які характеристики ґрунтів можуть посилювати наслідки воєнної деградації земель.

### 3.1. Загальна характеристика Чорнобаївської територіальної громади

Чорнобаївська територіальна громада розташована в межах Херсонського району Херсонської області. Адміністративним центром громади є село Чорнобаївка. За адміністративно-територіальним устроєм вона належить до сільських територіальних громад і включає 10 сіл, об'єднаних у 3 старостинські округи. Загальна площа громади становить 241,9 км<sup>2</sup> [15]. Чорнобаївська територіальна громада є важливою територіальною одиницею приміської зони м. Херсона, що зумовлює її тісні функціональні зв'язки з обласним центром, зокрема транспортному, господарському та соціальному відношеннях.

За природними умовами територія громади належить до рівнинних просторів півдня України. Рельєф переважно плаский (рис. 3.1), що зумовлює значне сільськогосподарське освоєння території. Середня висота в межах громади становить 38,7 м, мінімальна – 2 м, максимальна – 53 м. У геоморфологічному відношенні територія розташована переважно в межах Буго-Дніпровської лесової рівнини. Водночас окремі ділянки ускладнені балковою мережею, зокрема виділяється балка Білозерка та долина пересихаючої річки Веревчина поблизу села Чорнобаївка. Поєднання пласких вододільних поверхонь із локальними пониженнями та балковими формами рельєфу суттєво впливає на перерозподіл вологи, характер ґрунтотворення та особливості використання земель [15].

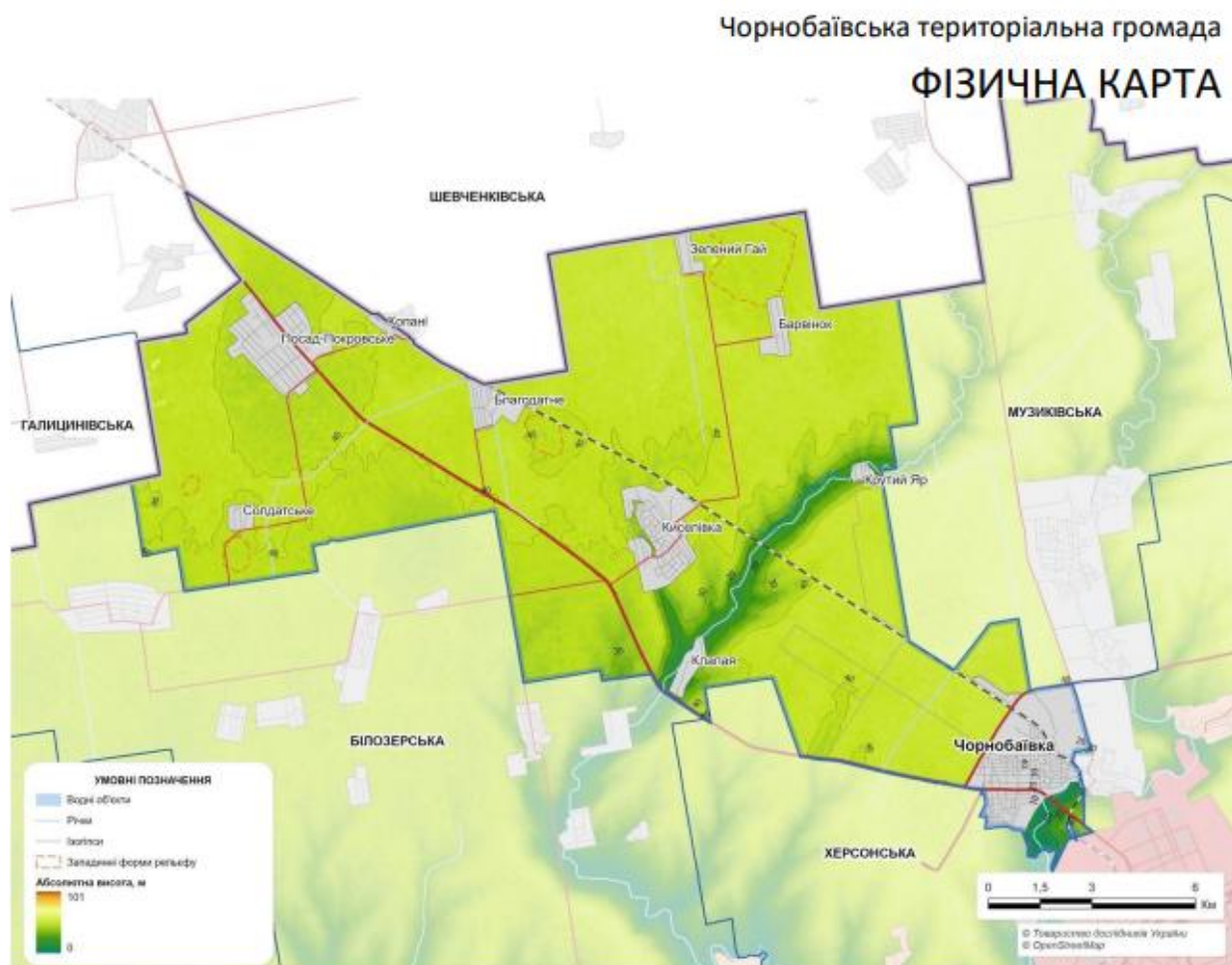


Рис. 3.1. Фізична карта Чорнобаївської територіальної громади [15]

Кліматичні умови громади є типовими для степової зони півдня України. Територія характеризується як дуже посушлива, помірно жарка, з м'якою зимою. Середньорічна температура повітря становить близько  $+ 10,2^{\circ}\text{C}$ , середня температура січня –  $- 1,9... - 2,0^{\circ}\text{C}$ , липня –  $+ 22,8^{\circ}\text{C}$ . Середньорічна кількість опадів становить близько 440 мм [15]. Такі кліматичні умови, у поєднанні з рівнинністю території, сприяли формуванню агроландшафтів і визначили провідну роль сільськогосподарського використання земель у межах громади.

Ґрунтовий покрив Чорнобаївської територіальної громади є відносно однорідним, однак має певну внутрішню диференціацію, пов'язану з рельєфом, зволоженням та особливостями ґрунотворних порід (рис.3.2). У структурі ґрунтового покриву переважають темно-каштанові залишково-слабо- і середньосолонцюваті ґрунти, які займають 189,2 км<sup>2</sup>, або 78,15 % площі громади.

Значну частку також становлять лучно-темнокаштанові глейоваті солонцювато-осолоділі ґрунти – 48,7 км<sup>2</sup>, або 20,12 %. Менше поширені лучно-каштанові глейові солонцювато-осолоділі ґрунти – 3,6 км<sup>2</sup>, або 1,47 %, а також чорноземи карбонатні на елювії карбонатних порід – 0,6 км<sup>2</sup>, або 0,26 % [15]. Така структура ґрунтового покриву свідчить про домінування ґрунтів сухостепового типу з проявами солонцюватості та оглеєння, що є важливою передумовою для оцінки їхньої стійкості до механічного порушення та подальших деградаційних процесів.

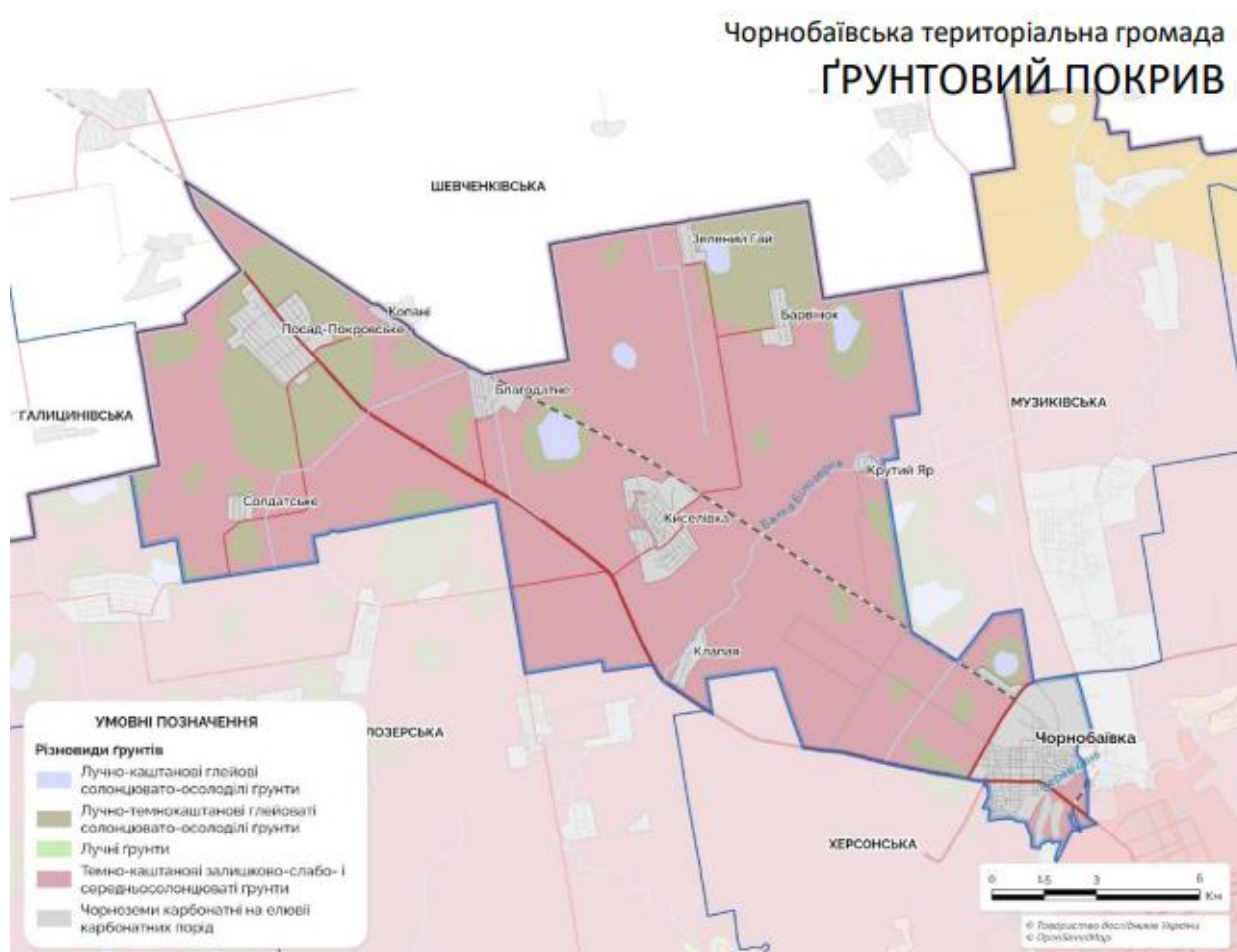


Рис. 3.2. Ґрунтовий покрив Чорнобаївської територіальної громади [15]

У цілому Чорнобаївська територіальна громада характеризується поєднанням вигідного географічного положення, високого рівня сільськогосподарського освоєння, переважанням рівнинного рельєфу та домінуванням темно-каштанових ґрунтів. Саме ці природні та просторові

особливості формують основу для подальшого аналізу стану ґрунтово-земельних ресурсів громади та дослідження негативного впливу воєнних дій на ґрунтовий покрив і землекористування.

### 3.2. Методика дослідження

Для виконання дослідження було використано комплекс дистанційних, картографічних і ґрунтових матеріалів, які дали змогу проаналізувати просторові прояви воєнного впливу на ґрунти і землі Чорнобаївської територіальної громади. Основним джерелом для виявлення механічних пошкоджень ґрунтового покриття були супутникові знімки Махаг, за якими проводилося дешифрування вирв від вибухів. Ці матеріали дозволили простежити локальні зміни поверхні, пов'язані з вибуховим впливом, зокрема пошкодження рослинного покриття, оголення ґрунту, зміну тону зображення та формування кратероподібних об'єктів.

Важливим вихідним матеріалом дослідження став створений у процесі роботи векторний шар вирв від вибухів. Він був сформований шляхом ручного оцифрування виявлених об'єктів у середовищі QGIS. Саме цей шар використовувався як основа для подальшого аналізу просторового розміщення механічних пошкоджень, визначення ділянок їх концентрації та зіставлення з ґрунтовими характеристиками території.

Для характеристики ґрунтового покриття були використані цифрові ґрунтово-картографічні дані Чорнобаївської територіальної громади [15]. Ці дані містять інформацію про типи та різновиди ґрунтів, еродованість ґрунтового профілю, гранулометричний склад та ґрунтоутворні породи. Вони дали змогу оцінити не лише факт механічного пошкодження земель, а й природні умови, в яких ці пошкодження проявляються. Це є важливим для ґрунтознавчої інтерпретації результатів, оскільки наслідки вибухового впливу залежать від властивостей конкретних ґрунтів.

Додатково для просторової прив'язки та оформлення картографічних матеріалів використовувалися супутникові підкладки Google Satellite, межі досліджуваної території та матеріали атласу «Чорнобаївська територіальна громада та виклики воєнного часу: атлас умов та ресурсів» [15].

Застосований підхід узгоджується із сучасними методичними засадами картографування воєнної деградації ґрунтів на рівні територіальних громад. У таких дослідженнях доцільним є поєднання матеріалів про стан ґрунтового покриву із супутниковими знімками, які фіксують просторові прояви пошкоджень. Саме таке поєднання дає змогу не лише встановити факт порушення поверхні, а й пов'язати його з типами ґрунтів, їх властивостями та потенційною вразливістю до подальшої деградації.

Першим етапом дослідження було дистанційне дешифрування супутникових знімків Махаг. Використання супутникових матеріалів є доцільним для аналізу територій, що зазнали пошкодження внаслідок воєнних дій, оскільки вони дозволяють оцінювати стан земної поверхні без безпосереднього перебування на потенційно небезпечних ділянках. Знімки Махаг належать до високодетальних супутникових матеріалів, які застосовуються для картографування, моніторингу змін земної поверхні та оцінювання наслідків надзвичайних подій. Для даного дослідження такі знімки використовувалися як основа для виявлення вирв, сформованих унаслідок вибухів [14].

Дешифрування вирв виконувалося за сукупністю візуальних ознак. До основних дешифрувальних ознак належали округла або овальна форма об'єкта, контрастна зміна тону порівняно з навколишньою поверхнею, локальне порушення рослинного покриву, наявність оголеної ґрунтової поверхні, а також групове або лінійне розміщення пошкоджень. Особлива увага приділялася саме сукупності ознак, оскільки окремі плями на супутниковому знімку можуть бути пов'язані не лише з вибухами, а й із природними пониженнями, неоднорідністю рослинності, агротехнічними слідами або змінами вологості ґрунту. Тому вирви визначалися не механічно за одним показником, а шляхом візуального аналізу їхньої форми, тону, просторового положення та зв'язку з іншими пошкодженнями.

Другим етапом було застосування геоінформаційного методу, зокрема векторизації виявлених об'єктів у програмному середовищі QGIS. Після візуального дешифрування кожна вирва фіксувалася як окремий просторовий об'єкт. Такий підхід дозволяє перейти від загального опису пошкоджень до їхнього цифрового картографування. У QGIS можна створювати й редагувати векторні шари, додавати просторові об'єкти, змінювати їхню геометрію та працювати з атрибутивною інформацією, що робить це середовище придатним для оцифрування результатів дешифрування [17].

Векторизація виконувала у дослідженні не лише технічну, а й аналітичну функцію. Оцифрування вирв дало змогу створити просторовий шар механічних пошкоджень, який у подальшому може бути використаний для побудови карт, аналізу концентрації пошкоджень, визначення зон найбільшого порушення та зіставлення з іншими тематичними шарами. На цьому етапі важливо було забезпечити однаковий підхід до виділення об'єктів, щоб усі вирви фіксувалися за єдиними ознаками. Це зменшує суб'єктивність дешифрування і підвищує порівнюваність отриманих даних у межах усієї досліджуваної території [14, 17].

Третім етапом був картографічний метод, який застосовувався для просторового узагальнення результатів і зіставлення механічних пошкоджень із природними умовами території. У межах цього методу було використано картографічні матеріали, що характеризують ґрунтовий покрив, різновиди ґрунтів, еродованість ґрунтового профілю, ґрунтоутворні породи та гранулометричний склад. Картографічний аналіз є важливим, оскільки сам факт наявності вирви ще не дає повного уявлення про наслідки для ґрунту. Один і той самий тип механічного пошкодження може мати різні наслідки залежно від типу ґрунту, його гранулометричного складу, ступеня еродованості та положення в рельєфі [14].

За допомогою картографічного методу механічні пошкодження розглядалися не ізольовано, а у зв'язку з ґрунтовими умовами території. Це дає змогу оцінити, на яких ділянках вибухове порушення може мати найбільш негативні наслідки для родючості ґрунтів та подальшого використання земель. Наприклад, на еродованих ґрунтах механічне руйнування може посилювати втрату гумусового горизонту, на

грунтах важчого гранулометричного складу – сприяти ущільненню та погіршенню водопроникності, а на грунтах понижень – порушувати локальний водний режим. Саме тому картографічне зіставлення вирв із ґрунтовими характеристиками є необхідним етапом для переходу від простого фіксування пошкоджень до їх ґрунтознавчої оцінки [4, 14].

Отже, основними методами дослідження є дистанційне дешифрування супутникових знімків Махаг, геоінформаційна векторизація вирв у середовищі QGIS та картографічний аналіз ґрунтових умов досліджуваної території. Ці методи забезпечують послідовний перехід від виявлення механічних пошкоджень до їх просторового впорядкування та подальшого аналізу у зв'язку з властивостями ґрунтів. Отримані за цією методикою матеріали є основою для подальшого представлення результатів дослідження у підрозділі 3.3.

### **3.3. Механічне пошкодження ґрунтів Чорнобаївської територіальної громади внаслідок воєнних дій**

У межах проведеного дослідження було побудовано карту локалізації вирв від вибухів на території Чорнобаївської територіальної громади (рис 3.3). Основою для картографування стали супутникові знімки Махаг за 2024 рік та матеріали Google Satellite, за якими було виконано дешифрування і подальшу векторизацію вирв у середовищі QGIS. Опрацьована площа становила близько 86 км<sup>2</sup>, що дало змогу детально проаналізувати просторове розміщення механічних пошкоджень ґрунтів в межах найбільш інформативної частини досліджуваної території.

Карта локалізації вирв від вибухів у межах Чорнобаївської територіальної громади

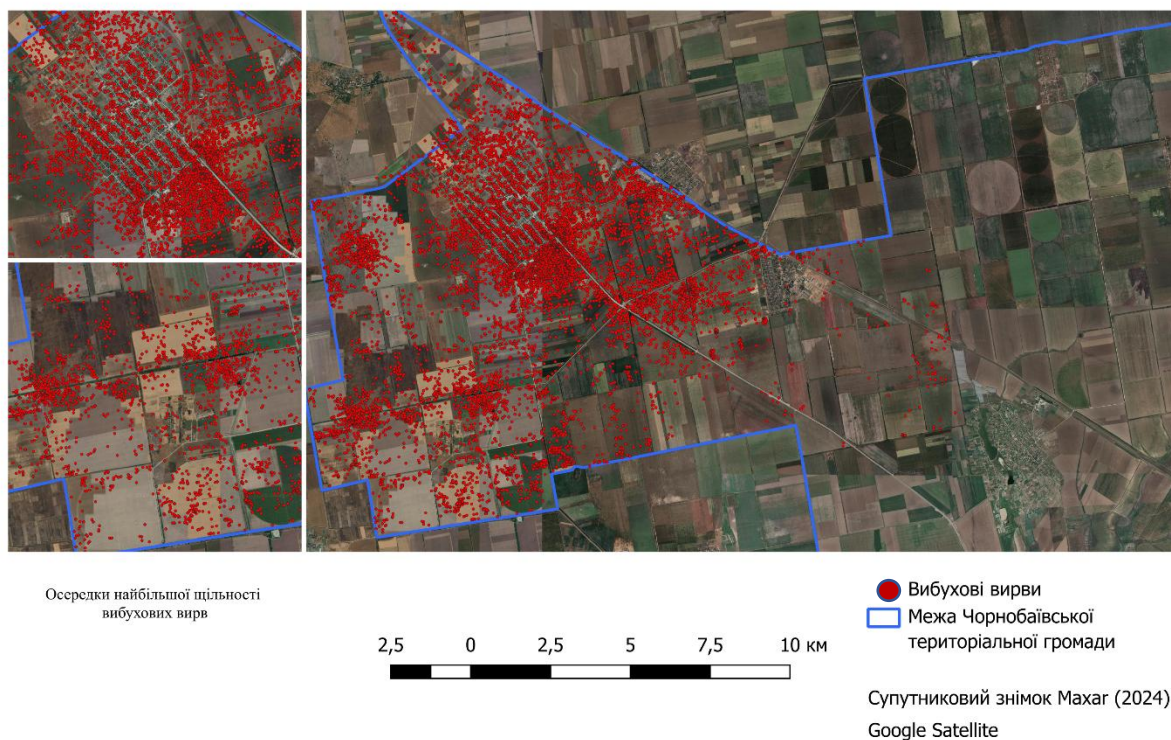


Рис. 3.3. Карта локалізації вирв від вибухів у межах Чорнобаївської територіальної громади

За результатами дешифрування на досліджуваній території було зафіксовано 12 170 вирв від вибухів. Така кількість пошкоджень свідчить про високий рівень механічного впливу бойових дій на ґрунти і землі громади. Середня щільність вирв у межах дослідженої площі становить приблизно 142 вирви на 1 км<sup>2</sup>, що є показником значної інтенсивності вибухового навантаження на ґрунтовий покрив.

Такий показник щільності слід розглядати не лише як кількісну характеристику пошкоджень, а і як індикатор просторової інтенсивності воєнної деградації ґрунтового покриву. Кратери від вибухів є одним із ключових видів механічного пошкодження, оскільки вони безпосередньо змінюють морфологію поверхні, порушують будову ґрунтового профілю та створюють передумови для подальших деградаційних процесів. Тому зафіксована кількість вирв свідчить не

лише про масштаб бойового навантаження, а й про формування ділянок із порушеною структурою ґрунтового покриву.

Просторове розміщення вирв є нерівномірним. На карті чітко простежуються ділянки підвищеної концентрації пошкоджень, які формують окремі осередки механічної деградації. Найбільша щільність вирв спостерігається у західній та центрально-західній частинах досліджуваної території, а також поблизу населених пунктів і прилеглих до них сільськогосподарських земель. Це свідчить про те, що бойове навантаження мало не рівномірний, а локально зосереджений характер.

Вирви від вибухів є прямими індикаторами механічного пошкодження ґрунтів. Їх утворення супроводжується руйнуванням поверхневого шару, переміщенням ґрунтової маси, порушенням гумусового горизонту, зміною мікрорельєфу та формуванням зон викинутого матеріалу навколо кратера. У місцях високої концентрації вирв ці порушення набувають не локального, а площинного характеру, оскільки окремі кратери та зони викиду ґрунту частково накладаються або розміщуються на незначній відстані один від одного.

Окремо слід зазначити, що механічне пошкодження ґрунтів внаслідок вибухів може супроводжуватися ризиком хімічного забруднення. У межах цієї роботи лабораторне визначення вмісту забруднюючих речовин у ґрунтах Чорнобаївської територіальної громади не проводилося, тому питання хімічного забруднення розглядається лише на основі літературних джерел і не використовується як прямий результат проведеного польового або лабораторного дослідження. За даними досліджень територій півдня України, що зазнали артилерійських обстрілів, у ґрунтах поблизу кратерів може змінюватися вміст окремих важких металів, зокрема свинцю [1]. Водночас результати таких досліджень показують, що рівень забруднення може істотно відрізнятись залежно від типу боєприпасів, інтенсивності обстрілів, властивостей ґрунтів і методики відбору проб. Отже, для досліджуваної території Чорнобаївської територіальної громади наявність вирв від вибухів слід розглядати як індикатор потенційного ризику хімічного забруднення ґрунтів і земель, який потребує подальшого

підтвердження за допомогою польового відбору зразків ґрунтів та наступного лабораторно-аналітичного аналізу їх.

Таким чином, побудована карта локалізації вирв від вибухів є базовим результатом дослідження, оскільки вона відображає просторовий масштаб механічного пошкодження земель Чорнобаївської територіальної громади. Отримані дані дають підстави розглядати територію дослідження як зону значного воєнного впливу на ґрунтовий покрив, де подальша оцінка має враховувати не лише кількість вирв, а й типи ґрунтів, їх еродованість, гранулометричний склад і загальну придатність земель до післявоєнного відновлення.

Для оцінки впливу вирв від вибухів на ґрунтовий покрив було виконано зіставлення шару механічних пошкоджень із картою ґрунтів досліджуваної території (рис.3.4). Такий підхід дозволяє встановити, на які типи ґрунтів припадає основне вибухове навантаження, а також оцінити можливі наслідки щодо їхнього подальшого використання.



Карта ґрунтового покритву Чорнобаївської територіальної громади

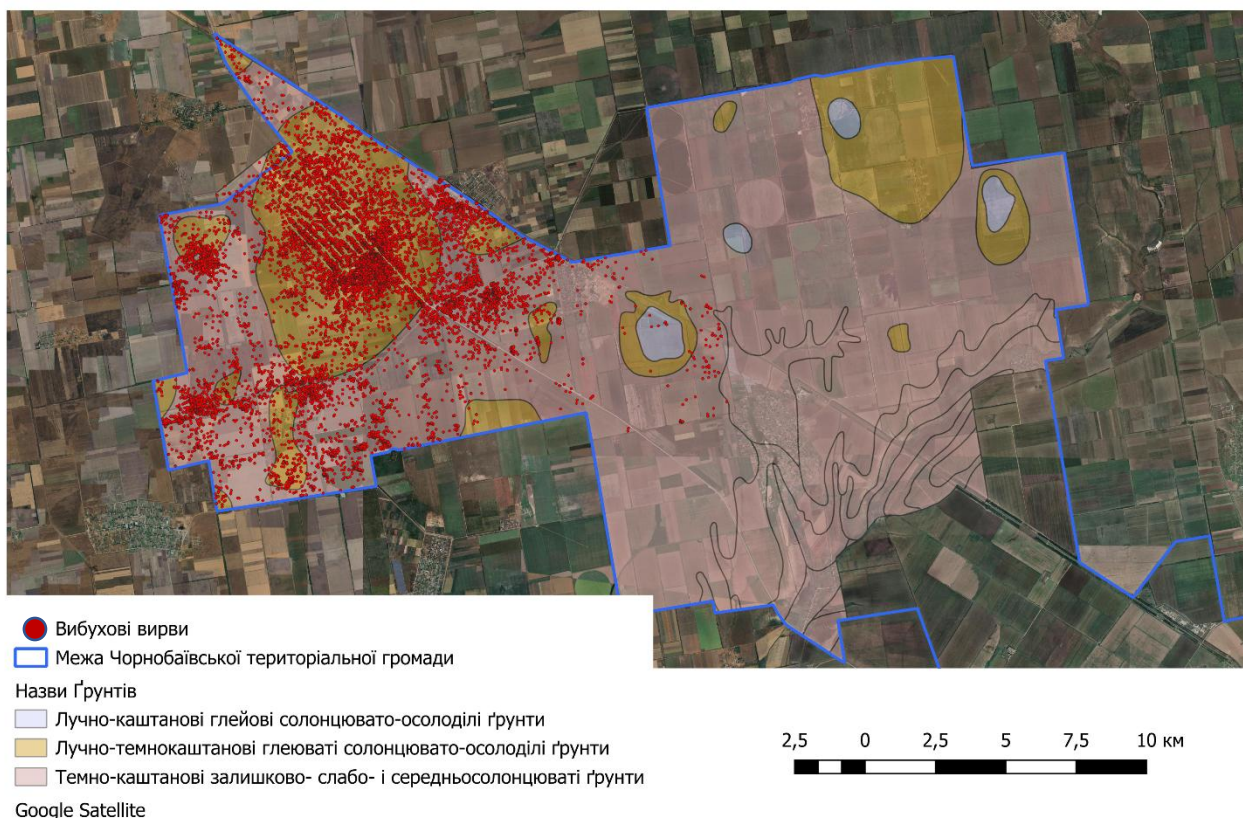


Рис. 3.4. Просторове співвідношення вирв від вибухів із типами ґрунтів Чорнобаївської територіальної громади

На карті видно, що основна частина вирв від вибухів зосереджена в західній та центрально-західній частинах досліджуваної території. Найбільші скупчення приурочені до ділянок, де поширені темно-каштанові залишково-слабо- і середньосолонцюваті ґрунти. Саме цей тип ґрунтів займає найбільшу площу у межах досліджуваної території, тому на нього припадає основна частина зафіксованих механічних пошкоджень. Це означає, що найбільша кількість механічних пошкоджень припадає на ґрунти, які мають важливе сільськогосподарське значення.

Вибухове пошкодження темно-каштанових солонцюватих ґрунтів є небезпечним через руйнування верхнього родючого шару, перемішування гумусового горизонту з нижчими горизонтами, утворення нерівномірного мікрорельєфу та винесення ґрунтової маси на поверхню навколо кратерів. У місцях

високої щільності вирв такі зміни можуть набувати не локального, а площинного характеру. Це ускладнює подальший обробіток земель, знижує однорідність ґрунтового покриву та створює умови для розвитку вторинних деградаційних процесів.

Окремі групи вирв також знаходяться у місцях поширення лучно-темнокаштанових глейоватих солонцювато-осолоділих ґрунтів та лучно-каштанових глейових солонцювато-осолоділих ґрунтів. Ці ґрунти пов'язані з пониженими елементами рельєфу, подами та западинами, тому механічне порушення на таких ділянках може додатково впливати на локальний водний режим. Утворення вирв на таких ґрунтів може сприяти накопиченню поверхневого стоку, застою води, перезволоженню окремих ділянок або, навпаки, порушенню природного перерозподілу вологи.

Просторовий розподіл вирв на карті є нерівномірним. Найбільша концентрація пошкоджень спостерігається поблизу населених пунктів і прилеглих до них сільськогосподарських земель. Це свідчить про локально зосереджений характер бойового навантаження. У межах цієї роботи детально опрацьовано ту частину громади, для якої були доступні придатні для дешифрування супутникові матеріали, тому отримані результати характеризують насамперед найбільш інформативну ділянку досліджуваної території.

Отже, проведений аналіз свідчить, що найбільшого механічного впливу зазнали темно-каштанові залишково-слабо- і середньосолонцюваті ґрунти. Саме в їх межах зосереджена переважна частина вирв від вибухів. Основними наслідками такого впливу є руйнування ґрунтового профілю, порушення гумусового горизонту, зміна мікрорельєфу, ускладнення обробітку земель і підвищення ризику подальшої деградації. Для ділянок із лучно-каштановими та лучно-темнокаштановими глейовими ґрунтами додатковим ризиком є порушення водного режиму, оскільки ці ґрунти формуються в умовах більшого зволоження та понижених елементах рельєфу.

Для характеристики стану ґрунтів було проаналізовано еродованість ґрунтів та їх гранулометричний склад (рис. 3.5). Ці показники є важливими для

характеристики стійкості ґрунтів до механічного пошкодження, оскільки саме вони визначають здатність ґрунтової маси протистояти руйнуванню, ущільненню, розмиванню та дефляції. У контексті воєнного впливу це має особливе значення, оскільки вибухи, рух важкої техніки та пошкодження рослинного покриву діють не на однорідну поверхню, а на ґрунти з різним попереднім станом і різними фізичними властивостями.

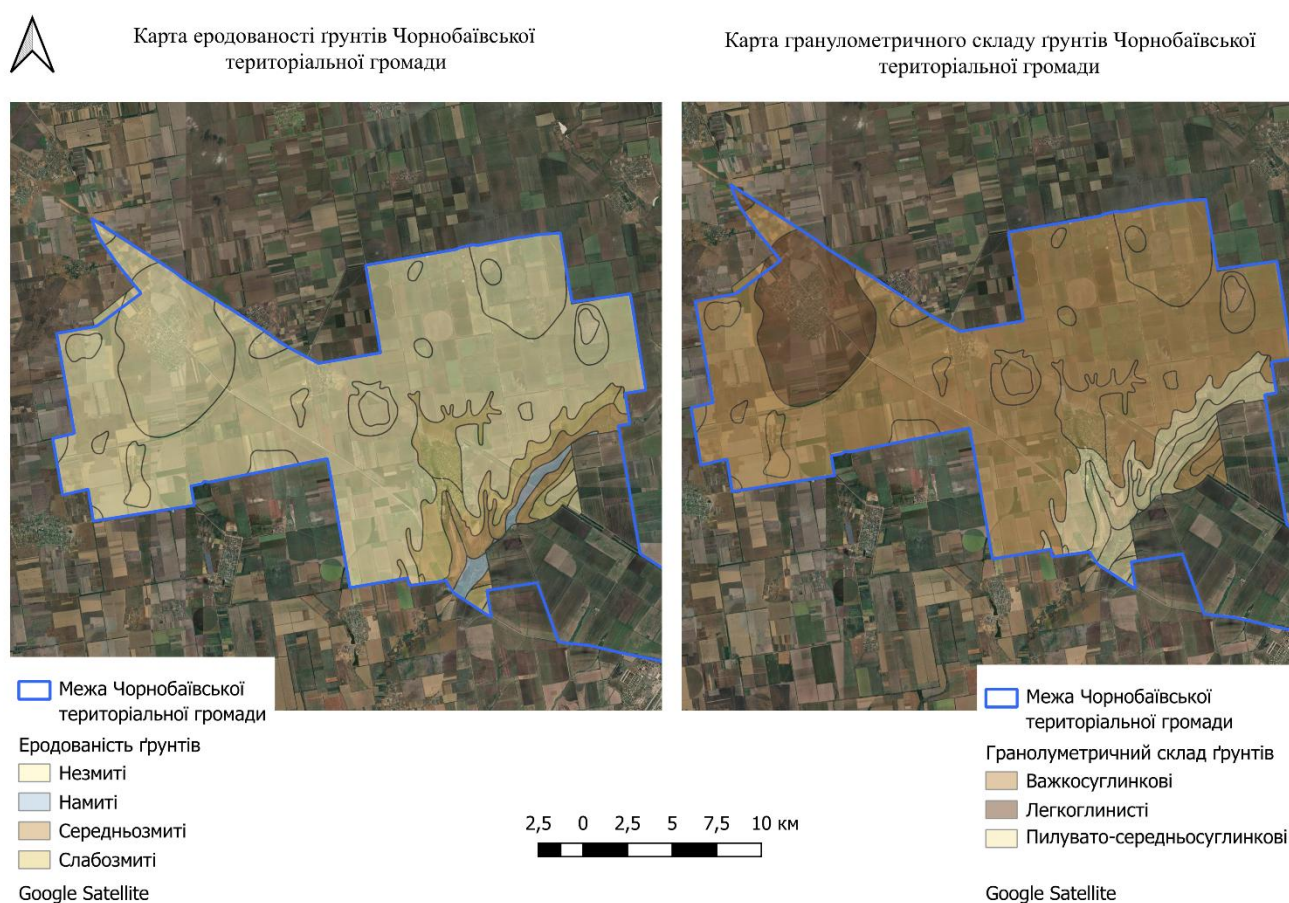


Рис. 3.5. Просторова характеристика еродованості ґрунтового покриву та гранулометричного складу ґрунтів Чернобаївської територіальної громади

Відповідно до карти еродованості ґрунтів видно, що в межах досліджуваної території поширені незмиті, слабозмиті, середньозмиті та намиті ґрунти. Основну частину території займають незмиті та слабозмиті ґрунти, однак у південно-східній частині чітко простежуються ділянки середньозмитих і намитих ґрунтів, приурочені до понижень, балкових форм і зон перерозподілу поверхневого стоку.

Це свідчить про неоднорідність ерозійного стану ґрунтів та наявність ділянок, де ґрунти вже мають певні ознаки перерозподілу або втрати ґрунтового матеріалу.

Карта гранулометричного складу ґрунтів наочно ілюструє, що переважна частина досліджуваної території представлена важкосуглинковими ґрунтами. Менші площі займають легкоглинисті та пилувато-середньосуглинкові ґрунти. Домінування важкосуглинкового складу має важливе значення для аналізу наслідків воєнного впливу. Такі ґрунти зазвичай мають вищу зв'язність і більшу щільність порівняно з легшими за гранулометричним складом ґрунтами, однак за дії механічного навантаження вони можуть сильніше ущільнюватися, особливо за умов підвищеної вологості. Ущільнення призводить до погіршення водопроникності, зменшення шпаруватості, порушення аерації та ускладнення розвитку кореневих систем рослин.

Поєднання важкосуглинкового гранулометричного складу з еродованістю окремих ділянок підвищує вразливість ґрунтів до подальшої деградації. На слабозмитих і середньозмитих ґрунтах верхній родючий шар уже частково пошкоджений або зменшений, тому додатковий вплив вибухів може посилювати втрату гумусового горизонту. У місцях утворення вирв відбувається перемішування ґрунтових горизонтів, винесення нижчих шарів на поверхню, формування нерівного мікрорельєфу та локальне накопичення або відведення поверхневого стоку. За таких умов навіть відносно слабо еродовані ґрунти можуть переходити у більш деградований стан.

Особливої уваги потребують ділянки, де важкосуглинкові ґрунти поєднуються з пониженими формами рельєфу та намитими ґрунтами. На таких територіях механічне пошкодження може змінювати напрям поверхневого стоку, сприяти застою води у вирвах або, навпаки, посилювати локальний змив ґрунтового матеріалу. Це створює умови для погіршення водно-повітряного режиму, нерівномірного зволоження та зниження придатності земель до сільськогосподарського використання.

Отже, аналіз еродованості та гранулометричного складу ґрунтів показує, що ґрунти досліджуваної території мають неоднакову стійкість до механічного

пошкодження, зумовленого воєнними діями. Найбільш поширені важкосуглинкові ґрунти є потенційно вразливими до ущільнення, порушення структури та погіршення водопроникності, тоді як змиті й намиті ділянки додатково характеризуються ризиком посилення ерозійних процесів. Тому під час оцінювання наслідків воєнного впливу та планування відновлювальних заходів необхідно враховувати не лише щільність вибухових вирв, а й гранулометричний склад, ступінь еродованості та положення ґрунтів у рельєфі.

## **РОЗДІЛ 4. НАПРЯМИ ВІДНОВЛЕННЯ ҐРУНТІВ І ЗЕМЕЛЬ ЧОРНОБАЇВСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ, ПОШКОДЖЕНИХ УНАСЛІДОК ВОЄННИХ ДІЙ**

### **4.1. Загальні засади післявоєнного відновлення ґрунтів і земель**

Результати проведеного дослідження показали, що ґрунти і землі Чорнобаївської територіальної громади зазнали значного механічного пошкодження внаслідок воєнних дій. Основним просторово зафіксованим проявом такого впливу є вирви від вибухів, які свідчать про руйнування поверхні, переміщення ґрунтової маси, порушення гумусового горизонту, зміну мікрорельєфу та формування ділянок із потенційно зниженою агровиробничою придатністю. Водночас механічні пошкодження не можна розглядати ізольовано, оскільки вони можуть супроводжуватися ущільненням, ерозійними процесами, локальним засміченням уламками боєприпасів і ризиком хімічного забруднення ґрунтів [4, 14 ].

Післявоєнне відновлення таких територій має ґрунтуватися не на одноразовому вирівнюванні поверхні, а на системному підході, який поєднує обстеження, просторову інвентаризацію пошкоджень, оцінювання екологічних ризиків, рекультиваційні заходи, агротехнічне відновлення та подальший моніторинг [4]. Такий підхід є особливо важливим для Чорнобаївської територіальної громади, оскільки значна частина її земель має сільськогосподарське використання, а ґрунтовий покрив представлений переважно темно-каштановими солонцюватими ґрунтами, важкосуглинковими за гранулометричним складом. Ці ґрунти мають високу агровиробничу цінність, однак за умов механічного пошкодження можуть бути вразливими до ущільнення, погіршення водопроникності, руйнування структури та посилення ерозійних процесів.

Основною метою відновлення є не лише ліквідація видимих наслідків воєнного впливу, а й повернення ґрунтів до екологічно безпечного та агрономічно придатного стану. Тому першочерговими принципами мають бути безпека проведення робіт, мінімізація додаткового впливу на довкілля, збереження родючого шару ґрунту, запобігання поширенню потенційних забруднювачів, економічна доцільність заходів і поетапне повернення земель у господарський обіг. Особливо важливо враховувати, що наявність вирв від вибухів є не лише ознакою механічного руйнування, а й індикатором потенційного ризику забруднення, який потребує окремого лабораторного підтвердження [4, 12].

#### **4.2. Первинне обстеження та просторове зонування пошкоджених земель**

Першим етапом відновлення ґрунтів і земель Чорнобаївської територіальної громади має бути детальне обстеження території. До початку будь-яких рекультиваційних або агротехнічних робіт необхідно провести інженерно-безпекову перевірку ділянок, оскільки землі, що зазнали бойового впливу, можуть містити вибухонебезпечні предмети, уламки боєприпасів та інші небезпечні залишки воєнного походження. Без цього етапу проведення польових, агротехнічних або меліоративних робіт є недопустимим.

Після безпекової перевірки доцільно виконати просторову інвентаризацію пошкоджень [4]. Основою для цього можуть бути вже створені картографічні матеріали, зокрема карта локалізації вирв від вибухів, карта ґрунтового покриття, карта еродованості та карта гранулометричного складу ґрунтів. На їх основі територію доцільно поділити на кілька функціональних зон: ділянки з високою концентрацією вирв, ділянки з помірним рівнем механічного пошкодження, відносно слабо пошкоджені землі, ділянки з підвищеним ерозійним ризиком, а також території, де можливе хімічне забруднення.

Таке зонування має практичне значення, оскільки різні ділянки потребують різних підходів до відновлення. Території з низькою щільністю вирв можуть бути

повернуті до використання після обстеження, локального вирівнювання поверхні та агротехнічного відновлення. Ділянки з високою щільністю вирв потребують складнішої рекультивації, оскільки там механічне пошкодження має не локальний, а площинний характер. У таких місцях доцільно проводити детальніше обстеження ґрунтового профілю, визначати ступінь перемішування горизонтів, глибину порушення, наявність сторонніх включень і стан гумусового шару.

Окремо слід виділяти ділянки, приурочені до понижень рельєфу, балкових форм, намитих і глейових ґрунтів. У цих умовах вирви від вибухів можуть змінювати напрям поверхневого стоку, сприяти застою води, перезволоженню або посиленню локального змиву. Тому для таких територій відновлення має включати не тільки засипання вирв, а й відновлення природного водного режиму, стабілізацію поверхні та запобігання подальшому розвитку ерозійних процесів.

#### **4.3. Рекультивація механічно пошкоджених ґрунтів**

Рекультивація механічно пошкоджених ґрунтів повинна бути спрямована на відновлення поверхні, збереження або часткове відтворення гумусового горизонту, усунення небезпечного мікрорельєфу та створення умов для подальшого сільськогосподарського використання земель [4]. У межах Чорнобаївської територіальної громади це насамперед стосується ділянок із високою концентрацією вирв, де порушення ґрунтового покриву набуває системного характеру.

Під час засипання вирв важливо не допускати безконтрольного перемішування родючого шару з підґрунтям або ґрунтотворною породою [4]. Якщо у межах кратера та навколо нього зберігся гумусовий матеріал, його необхідно використовувати у верхній частині відновленого профілю. Нижчі горизонти, винесені на поверхню внаслідок вибуху, не повинні формувати орний шар без попереднього поліпшення, оскільки вони можуть мати гірші фізичні, хімічні та агрономічні властивості. Особливо це важливо для темно-каштанових

солонцюватих ґрунтів, де порушення профілю може спричинити винесення менш родючого або фізично несприятливого матеріалу у верхню частину ґрунтів.

На ділянках із численними вирвами доцільно застосовувати поетапне вирівнювання поверхні. Спочатку необхідно провести очищення ділянки від уламків і сторонніх включень, потім виконати засипання заглиблень, планування поверхні, а після цього – агротехнічне розпушування ущільнених шарів. Для важкосуглинкових ґрунтів Чорнобаївської територіальної громади особливе значення має глибоке розпушування або чизелювання, оскільки рух техніки та вибухове навантаження можуть сприяти ущільненню ґрунту, зменшенню пористості та погіршенню водопроникності [4]. Водночас такі роботи слід проводити лише після обстеження ділянок і за умов оптимальної вологості, щоб не посилити руйнування структури ґрунту.

У місцях, де вирви від вибухів розміщені на схилах або поблизу балкових форм, рекультивация має включати протиерозійні заходи [2, 4]. Після планування поверхні доцільно створювати рослинний покрив, застосовувати багаторічні трави, смугове залуження, мінімізацію інтенсивного обробітку та інші заходи, спрямовані на закріплення поверхневого шару. Це дасть змогу зменшити ризик площинного змиву, дефляції та подальшого винесення дрібнозему.

#### **4.4. Оцінювання та зниження ризику хімічного забруднення**

Попри те, що в межах цієї роботи лабораторне визначення хімічного забруднення ґрунтів Чорнобаївської територіальної громади не проводилося, наявність великої кількості вирв від вибухів свідчить про необхідність урахування такого ризику. Потенційними джерелами забруднення можуть бути залишки вибухових речовин, уламки боєприпасів, важкі метали, продукти горіння, паливно-мастильні матеріали та інші техногенні речовини воєнного походження. Тому питання хімічного забруднення у цьому розділі слід розглядати не як встановлений

факт для всієї досліджуваної території, а як потенційний ризик, що потребує перевірки за допомогою польового відбору зразків і лабораторного аналізу.

Для оцінювання цього ризику доцільно проводити вибіркове ґрунтове обстеження у межах ділянок із найбільшою щільністю вирв, поблизу кратерів більшого діаметра, у місцях імовірного скупчення уламків, а також на ділянках, де спостерігаються зміни рослинного покриву або ознаки локального забруднення. Відбір проб має охоплювати як безпосередньо пошкоджені ділянки [12], так і фонові території, що не мають явних ознак механічного пошкодження. Це дозволить порівняти вміст потенційних забруднювачів і визначити, чи є перевищення фонових або допустимих значень.

У випадку підтвердження забруднення необхідно застосовувати диференційований підхід. Якщо рівень забруднення незначний і не створює істотного ризику для сільськогосподарського використання, можливим є застосування агротехнічних і біологічних заходів відновлення. Якщо ж буде встановлено підвищений вміст важких металів або інших токсикантів, доцільним є використання методів ремедіації, спрямованих на зниження рухомості забруднювачів, обмеження їх надходження у рослини та запобігання міграції у суміжні середовища [4, 12].

До таких заходів належать хімічна іммобілізація забруднювачів, внесення органічних речовин і сорбентів, застосування гуматних препаратів, біологічна ремедіація та фіторемедіація [4, 12]. Їх вибір повинен залежати від типу забруднювача, властивостей ґрунту, реакції ґрунтового середовища, гранулометричного складу, рівня зволоження та подальшого напрямку використання земель. Для сільськогосподарських угідь особливо важливо не лише зменшити загальний вміст токсикантів, а й обмежити їх перехід у рухомі форми та надходження до рослинної продукції.

На ділянках із потенційним ризиком забруднення недоцільно одразу відновлювати вирощування харчових культур [4, 12]. До отримання результатів лабораторного контролю такі землі краще використовувати обмежено або тимчасово виводити з активного агровиробництва. За потреби можливе

виращування технічних культур, сидератів або фіторе mediaційних рослин, які не залучаються безпосередньо до харчового ланцюга.

#### **4.5. Біологічне та агроекологічне відновлення ґрунтів**

Після механічної рекультивації та оцінювання хімічних ризиків важливим етапом є біологічне й агроекологічне відновлення ґрунтів. Воно має бути спрямоване на стабілізацію поверхні, відновлення структури, підвищення біологічної активності, накопичення органічної речовини та покращення водно-повітряного режиму ґрунтів [4]. Для Чорнобаївської територіальної громади це особливо актуально через переважання важкосуглинкових ґрунтів, які за умов ущільнення і порушення структури можуть втрачати здатність нормально пропускати воду й повітря.

Одним із першочергових заходів є створення рослинного покриву на рекультивованих ділянках. Рослинність зменшує ризик дефляції, перешкоджає поверхневому змиву, сприяє формуванню органічних решток і поступовому відновленню біологічної активності ґрунту. На початкових етапах доцільним є використання багаторічних трав, злаково-бобових сумішей, сидеральних культур і культур із добре розвиненою кореневою системою. Такі рослини можуть сприяти біологічному розпушенню ґрунту, поліпшенню його структури та зменшенню ерозійної небезпеки [4].

Для відновлення родючості доцільно застосовувати органічні добрива, сидерацію, компости та інші джерела органічної речовини. Це особливо важливо на ділянках, де вибухове порушення спричинило перемішування гумусового горизонту з нижчими шарами. Внесення органічної речовини сприяє поліпшенню структурного стану ґрунту, підвищенню вологомісткості, активізації ґрунтової біоти та поступовому відновленню агрономічних властивостей.

На еродованих ґрунтах необхідно обмежувати інтенсивний обробіток і надавати перевагу ґрунтозахисним технологіям [2, 4]. Доцільними є мінімальний

обробіток, використання покривних культур, залишення рослинних решток на поверхні, смугове залуження ерозійно небезпечних ділянок і недопущення тривалого перебування ґрунту без рослинного покриву. У південно-східній частині досліджуваної території, де простежуються намиті та середньозмиті ґрунти, такі заходи мають особливе значення, оскільки вибухові пошкодження можуть змінювати напрям поверхневого стоку та посилювати локальне розмивання.

#### **4.6. Моніторинг і поетапне повернення земель у господарське використання**

Повернення пошкоджених земель Чорнобаївської територіальної громади у господарський обіг має бути поетапним. Недоцільно розглядати рекультивацію як завершений процес одразу після засипання вирв і вирівнювання поверхні. Після проведення первинних робіт необхідно здійснювати моніторинг стану ґрунту, оскільки частина негативних змін може проявлятися поступово. Це стосується ущільнення, просідання засипаних вирв, повторного розвитку ерозії, нерівномірного зволоження, зниження біологічної активності та можливого прояву хімічного забруднення [4, 12].

Моніторинг має включати візуальне обстеження поверхні, контроль стану рекультивованих вирв, оцінювання рослинного покриву, визначення фізичних властивостей ґрунту, а за потреби – лабораторний аналіз на вміст важких металів, нафтопродуктів, залишків вибухових речовин та інших забруднювачів. Особливу увагу слід приділяти ділянкам із високою щільністю вирв, важкосуглинковим ґрунтам, пониженим формам рельєфу та територіям із проявами еродованості [4, 12].

На першому етапі після відновлення доцільно використовувати землі в обмеженому режимі. Це може передбачати вирощування сидеральних, кормових або технічних культур, які сприяють відновленню структури ґрунту і не створюють прямого ризику для харчового використання продукції. Лише після стабілізації фізичного стану ґрунту, відновлення рослинного покриву та підтвердження

відсутності небезпечного рівня забруднення можливе повернення ділянок до повноцінного сільськогосподарського використання [4, 9, 12].

Ділянки з надмірною щільністю пошкоджень, високим ризиком забруднення, несприятливим водним режимом або низькою ефективністю відновлювальних заходів можуть потребувати тимчасової консервації [4, 7]. Консервація таких земель має розглядатися не як відмова від їх використання, а як захід екологічної безпеки, спрямований на запобігання подальшій деградації та створення умов для природного або керованого відновлення.

Отже, відновлення ґрунтів і земель Чорнобаївської територіальної громади має базуватися на поєднанні безпекових, рекультиваційних, ремедіаційних, агротехнічних і моніторингових заходів. Першочерговим завданням є обстеження та зонування пошкоджених ділянок, після чого мають визначатися конкретні напрями їх відновлення. Для механічно пошкоджених ґрунтів необхідними є очищення, засипання вирв, планування поверхні, глибоке розпушування та протиерозійний захист. Для ділянок із потенційним хімічним ризиком потрібні лабораторне підтвердження забруднення, ремедіаційні заходи та обмеження використання до встановлення безпечного стану ґрунту. Найбільш доцільним є поетапне повернення земель у господарський обіг із постійним контролем їхнього фізичного, хімічного та біологічного стану.

## ВИСНОВКИ

Воєнні дії спричиняють комплексний негативний вплив на ґрунти і ґрунтовий покрив. Вибухи боєприпасів, рух важкої колісної та гусеничної техніки, облаштування оборонних споруд і руйнування інфраструктури призводять до утворення вирв, перемішування генетичних горизонтів, ущільнення, зміни мікрорельєфу та засмічення земель. Механічні пошкодження можуть поєднуватися з ерозією, порушенням водного режиму, зниженням біологічної активності та потенційним хімічним забрудненням.

У межах досліджуваної території площею близько 86 км<sup>2</sup> виявлено 12 170 вирв від вибухів. Їх середня щільність становить приблизно 142 вирви на 1 км<sup>2</sup>, що свідчить про значну інтенсивність вибухового навантаження. Просторовий розподіл вирв є нерівномірним: найбільші осередки їх концентрації розташовані в західній та центрально-західній частинах дослідженої території, зокрема поблизу населених пунктів і прилеглих сільськогосподарських угідь.

Основна частина зафіксованих вирв від вибухів припадає на темно-каштанові залишково-слабо- і середньосолонцюваті ґрунти. Утворення вирв на цих ґрунтах супроводжується руйнуванням гумусового горизонту, перемішуванням ґрунтової маси, винесенням матеріалу нижніх горизонтів на поверхню та формуванням нерівномірного мікрорельєфу. На ділянках із високою щільністю вирв механічне пошкодження набуває площинного характеру й ускладнює подальший сільськогосподарський обробіток земель.

На лучно-темнокаштанових і лучно-каштанових глейових ґрунтах, приурочених до понижених елементів рельєфу, вирви від вибухів можуть порушувати природний перерозподіл поверхневого стоку та сприяти застою води або локальному перезволоженню. Додатково встановлено, що на дослідженій території переважають важкосуглинкові ґрунти, які за умов механічного навантаження є вразливими до ущільнення, зменшення пористості, погіршення водопроникності та аерації.

Наявність слабо- і середньозмитих, а також намитих ґрунтів свідчить про неоднакову стійкість території до подальших деградаційних процесів. На еродованих ділянках вибухове порушення може посилювати втрату гумусового горизонту, а зміна мікрорельєфу впливати на напрям поверхневого стоку та активізацію локального змиву. Найбільш уразливими є ділянки, де механічні пошкодження поєднуються з важкосуглинковим гранулометричним складом ґрунтів, еродованістю та пониженим положенням у рельєфі.

У межах роботи хімічне забруднення ґрунтів Чорнобаївської територіальної громади лабораторно не визначалося. Тому наявність важких металів, залишків вибухових речовин, паливно-мастильних матеріалів та інших токсикантів не може розглядатися як встановлений результат дослідження. Водночас значна кількість вирв від вибухів є підставою для виділення ділянок потенційного ризику, на яких у подальшому необхідно провести польовий відбір зразків ґрунту і лабораторний аналіз.

Післявоєнне відновлення пошкоджених ґрунтів і земель має розпочинатися з розмінування, інженерно-безпекового обстеження та просторової інвентаризації пошкоджень. Подальші заходи повинні визначатися з урахуванням щільності вирв, глибини пошкодження ґрунтового профілю, типу ґрунту, гранулометричного складу, еродованості, водного режиму та можливого хімічного забруднення.

Для механічно пошкоджених ґрунтів доцільними є очищення від уламків, засипання вирв із максимальним збереженням гумусового матеріалу, планування поверхні, розпушування ущільнених шарів і здійснення протиерозійних заходів. Біологічне та агроекологічне відновлення має передбачати створення рослинного покриву, вирощування багаторічних трав і сидеральних культур, внесення органічної речовини, застосування ґрунтозахисних технологій та обмеження інтенсивного обробітку.

Повернення пошкоджених земель до господарського використання повинно здійснюватися поетапно та супроводжуватися моніторингом фізичного, хімічного й біологічного стану ґрунтів. Ділянки з високою щільністю пошкоджень, несприятливим водним режимом або підтвердженим забрудненням можуть

потребувати тривалої рекультивації, тимчасової консервації або обмеження сільськогосподарського використання.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бончковський О. С., Остапенко П., Жукова Я., Кравчук І., Петрищенко С., Лазарець А., Галаган О., Степаненко Н. Забруднення ґрунтів важкими металами внаслідок ведення бойових дій: результати з тестової ділянки у Миколаївській області. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія. 2025. № 4(111). С. 51-57. DOI: <https://doi.org/10.17721/1728-2713.111.06>
2. Волощук М. Д. Деградація ґрунтів – глобальна екологічна проблема. Вісник Львівського університету. Серія географічна. 2017. Вип. 51. С. 63-70. URL: [https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2018/07/007\\_Voloshchuk.pdf](https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2018/07/007_Voloshchuk.pdf)
3. Головне управління Держгеокадастру у Кіровоградській області. До яких наслідків призводить спалювання стерні. 06.04.2018. URL: <https://kirovohradska.land.gov.ua/do-iakykh-naslidkiv-pryzvodyt-spaliuvannia-sterni/>
4. Ґрунтовий покрив України в умовах воєнних дій: стан, виклики, заходи з відновлення: монографія / за ред. С. А. Балюка, А. В. Кучера, М. І. Ромашенка. Київ: Аграрна наука, 2024. 340 с. DOI: <https://doi.org/10.31073/978-966-540-612-9>
5. Екодія. Як війна впливає на родючість ґрунтів та якість їжі? URL: <https://ecoaction.org.ua/vijna-vplyvaie-na-grunty.html>
6. Екологія-Право-Людина. Вплив воєнних дій на ґрунтове середовище. URL: [https://epl.org.ua/wp-content/uploads/2022/11/grunty\\_YEdnannya.pdf](https://epl.org.ua/wp-content/uploads/2022/11/grunty_YEdnannya.pdf)
7. Земельний кодекс України: Кодекс України від 25.10.2001 № 2768-III. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14>
8. Іванова В. М., Непша О. В. Основні чинники деградації земель в Запорізькій області. Мелітополь: Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького, 2018. URL: [https://eprints.mdpu.org.ua/id/eprint/1757/1/Іванова%20В.М.%20Непша%20О.В\\_Умань\\_апрель%202018.pdf](https://eprints.mdpu.org.ua/id/eprint/1757/1/Іванова%20В.М.%20Непша%20О.В_Умань_апрель%202018.pdf)
9. Куркуль. Чи можна вилікувати ґрунт від війни – відповіді на найпоширеніші запитання. 2023. URL: <https://kurkul.com/spetsproekty/1423-chi-mojna-vilikuvati-grunt-vid-viyni--vidpovidi-na-nayposhirenishi-zapitannya>

10. Кучер А. В. Оцінка впливу бойових дій на ґрунти та заходи з відновлення їхньої родючості. Актуальні проблеми економіки. 2024. URL: [https://eco-science.net/wp-content/uploads/2024/10/10.24.\\_topic\\_Anatolii-Kucher-220-233.pdf](https://eco-science.net/wp-content/uploads/2024/10/10.24._topic_Anatolii-Kucher-220-233.pdf)
11. Підкова О. М. Класифікація негативних наслідків воєнних дій на ґрунти // Природничо-географічні дослідження рельєфу, клімату та поверхневих вод: сучасний стан та перспективи розвитку: матеріали міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 2-4 жовтня 2024 р. Київ, 2024. С. 148-150.
12. Підкова О. М. Моніторинг і очищення забруднених ґрунтів внаслідок воєнних дій // Інноваційні аспекти збереження і підвищення родючості ґрунтів у воєнний та повоєнний періоди: матеріали міжнародної науково-практичної конференції, с. Оброшине, 18 вересня 2025 р. Оброшине; Львів, 2025. С. 190-191.
13. Позняк С. П. Ґрунтознавство і географія ґрунтів: підручник: у 2 ч. Ч. 2. Львів, 2010. 286 с.
14. Соловей В. Б., Залавський Ю. В., Лебець В. В., Солоха М. О., Кучер А. В. Методичні засади картографування наслідків мілітарної деградації ґрунтів на рівні територіальних громад. Український географічний журнал. 2024. № 4(128). С. 22-35.
15. Чорнобаївська територіальна громада та виклики воєнного часу: атлас умов та ресурсів. Київ; Херсон; Чорнобаївка, 2025.
16. EOSDA. Деградація ґрунту: причини, наслідки та методи боротьби. EOS Data Analytics. URL: <https://eos.com/uk/blog/dehradatsiia-gruntiv/>
17. QGIS Documentation. QGIS User Guide. Working with Vector Data: Editing. URL: [https://docs.qgis.org/latest/en/docs/user\\_manual/working\\_with\\_vector/editing\\_geometry\\_attributes.html](https://docs.qgis.org/latest/en/docs/user_manual/working_with_vector/editing_geometry_attributes.html)
18. DeJong-Hughes J. M., Swan J. B., Moncrief J. F., Voorhees W. B. Soil Compaction: Causes, Effects and Control. University of Minnesota Extension, 2001. BU-3115-E.
19. Soane B. D., van Ouwerkerk C., eds. Soil Compaction in Crop Production. Amsterdam : Elsevier, 1994.

20. Voorhees W. B., Nelson W. W., Randall G. W. Extent and persistence of subsoil compaction caused by heavy axle loads. Soil Science Society of America Journal. 1986. Vol. 50. P. 428–433.