

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**
Факультет землевпорядкування

УДК 528:332.64:332.33:341.3(477.54)

ПОГОДЖЕНО
Декан факультету
землевпорядкування

д.е.н., проф. ЄВСЮКОВ Т.О.
« ____ » _____ 2024 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
геоінформатики і аерокосмічних до-
сліджень Землі

к.т.н., доц. МОСКАЛЕНКО А.А.
« ____ » _____ 2024 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему «Картографічне моделювання оцінки змін земельних ресурсів під впливом воєнних дій на прикладі Харківської області»

Спеціальність - 193 «Геодезія та землеустрій»
Освітня програма – Геодезія та землеустрій
Орієнтація освітньої програми – освітньо-професійна

Гарант освітньої програми
доктор економічних наук, професор

(підпис) **МАРТИН А.Г.**

**Керівник магістерської
кваліфікаційної роботи**

доктор економічних наук, доцент

(підпис) **КОШЕЛЬ А.О.**

Виконав

(підпис) **САМЧЕНКО В.В.**

РЕФЕРАТ

Магістерська робота складається з 73 сторінок і включає: 35 рисунки, 2 таблиці та 48 джерел.

Мета дослідження: здійснення картографічного моделювання змін земельних ресурсів під впливом воєнних дій на прикладі Харківської області

Актуальність теми: воєнні дії призвели до значних змін у природному середовищі, особливо в регіонах, де відбуваються активні бойові дії, наприклад, Дергачівська територіальна громада Харківської області. Зміни в земельних ресурсах, зокрема пошкодження ґрунтового покриву, знищення рослинності, забруднення ґрунтів та вод, викликають потребу і оцінці масштабів змін під впливом вказаних чинників, актуальними є визначення їх масштабів, просторової локалізації та екологічних наслідків.

Об'єкти дослідження магістерської роботи - землі в межах території Харківської області

Предмет дослідження магістерської роботи є наукові підходи, моделі та методи картографічного моделювання оцінки змін земельних ресурсів під впливом воєнних дій.

Ключові слова: картографічне моделювання, земельні ресурси, воєнні дії, геоінформаційні системи (ГІС), екологічний вплив, деградація земель, оцінка змін, просторовий аналіз, моделювання змін.

ЗМІСТ

Т О М С О	HYPERLINK \l "_Toc182473893" РОЗДІЛ I Теоретична основа картографічного HYPERLINK \l "_Toc182473895" 1.2. Існуючі методичні підходи до HYPERLINK \l "_Toc182473896" 1.3. Геоінформаційне забезпечення оцінки змін HYPERLINK \l "_Toc182473902" 2.5 Вплив військових дій на земельні ресурси
Д Ю Б Л "Ю 1 В - а 3 Н Н Я h В \ z Г а и р з Н а У С Р В Б І М І М Н Н К Б Н и р	РОЗДІЛ III Візуалізація змін земельних ресурсів під впливом воєнних дій 1. Картографічні методи оцінки змін земельних ресурсів в межах Харківської 2. Напрямки покращення оцінки змін земельних ресурсів в Україні за 3.2.1 Розширення можливостей державного моніторингу земель за 3.2.2 Використання LiDAR для моніторингу пошкоджень земельних ресурсів

Н
 Y
 P
 H E R R L I N K
 L
 N
 \ 1
 K
 \ "
 | -
 | T
 " o
 " c
 T 1
 P 8
 6 2
 e 4
 § 7
 8 3
 4 9
 7 0
 7 8
 9 "
 9
 9
 0
 " 3
 B M
 И i
 П H

3 Застосування штучного інтелекту в картографічному моделюванні оцінки

ВСТУП

В умовах сучасних викликів, спричинених воєнними діями на території України, питання захисту та відновлення природних ресурсів набуло важливого значення, зокрема для регіонів, які безпосередньо постраждали від бойових дій. Одним із найбільш уразливих та важливих для відновлення є земельні ресурси, які зазнали значних руйнувань і деградації внаслідок активних бойових дій. Зокрема, Харківська область, що розташована на лінії зіткнення, стала регіоном, де відбулися суттєві зміни у стані земельного покриву, що потребує особливої уваги та детального вивчення. Аналіз змін земельних ресурсів є важливим не тільки для екологічного захисту території, але й для забезпечення сталого відновлення інфраструктури та природного середовища.

У світовій практиці картографічне моделювання, підкріплене геоінформаційними технологіями, є одним із ключових методів для дослідження змін у землекористуванні та стані природних ресурсів. Картографічні моделі дозволяють візуалізувати масштабні зміни у земельному покриві, виявляти порушення ґрунтового шару, оцінювати масштаби забруднень і зон деградації, а також встановлювати просторові закономірності пошкоджень, що виникають у результаті воєнних дій. Особливо цінними ці інструменти є для українських регіонів, які зазнали прямих руйнувань, таких як Харківська область. Оцінка наслідків і прогнозування змін стану земельних ресурсів сприятиме ефективному плануванню відбудови, екологічного захисту та управління постраждалими територіями.

Для ефективного виконання такої оцінки в сучасному картографічному моделюванні широко використовуються сучасні інструменти та підходи. Це включає застосування геоінформаційних систем (ГІС), технологій дистанційного зондування Землі, LiDAR-сканування та методів штучного інтелекту. ГІС-технології дозволяють збирати, зберігати та аналізувати просторову інформацію про земельні ресурси, тоді як дистанційне зондування забезпечує оперативне отримання даних про зміни, які важко зафіксувати традиційними методами. Використання LiDAR сприяє високоточній візуалізації рельєфу, визначенню місць серйозних пошкоджень та забруднень, а штучний інтелект дозволяє автоматизувати

аналіз даних і виявлення певних закономірностей, що важливо для масштабного моніторингу та прогнозування.

Завданням магістерської роботи є комплексний аналіз змін земельних ресурсів Харківської області, що відбулися внаслідок воєнних дій, а також створення та впровадження картографічних моделей для їх оцінки. Структура роботи побудована таким чином: у першому розділі викладено теоретичні основи картографічного моделювання та основні методи, що використовуються для вивчення змін у земельних ресурсах; другий розділ зосереджений на характеристиці природних умов досліджуваної території, зокрема геологічної структури та земельних ресурсів, а також на оцінці впливу воєнних дій на ці ресурси; третій розділ містить практичний аналіз застосування картографічного моделювання для візуалізації змін земельних ресурсів, а також пропозиції щодо вдосконалення процесів оцінки цих змін за допомогою сучасних технологій.

Таким чином, мета дослідження полягає в науковому обґрунтуванні та впровадженні картографічних методів та геоінформаційного забезпечення, що дозволить отримати об'єктивні дані про стан земельних ресурсів і розробити рекомендації для їх відновлення та ефективного екологічного управління на постраждалих територіях.

РОЗДІЛ I Теоретична основа картографічного моделювання в галузі земельних відносин

1.1 Загальна характеристика понять картографічне моделювання

Картографічне моделювання — це інтегрована послідовність процесів із обробки даних, що організовують, комбінують, аналізують і відображають інформацію для представлення географічних об'єктів, явищ і процесів. Картографічне моделювання є ефективним у середовищі ГІС, оскільки воно значною мірою покладається на візуалізацію, що дозволяє легко показати вхідні та вихідні шари у вигляді карти. Картографічне моделювання може використовуватись у різних сферах, наприклад, для розмежування ареалів проживання, вирішення проблем маршрутизації мереж, оцінки ризику зливових стоків на цифровій місцевості та збереження вразливих ландшафтів [1].

Об'єкт картографічного моделювання — це частина об'єктивної реальності, яка досліджується за допомогою методу картографічного моделювання. Це можуть бути як матеріальні явища, так і абстрактні або штучні конструкції, що сприймаються дослідником як конкретна сукупність незалежних від його свідомості феноменів, які потребують вивчення. За допомогою карт можна відобразити різноманітні утворення, процеси, властивості та відношення, що належать до різних сфер реальності [2].

Картографічне моделювання починається з визначення мети та критеріїв для аналізу (наприклад, придатні зони для інфраструктури), після чого здійснюється збір та підготовка просторових даних, таких як рельєф, транспортні шляхи та водні ресурси тощо. На прикладі наведеної карти (рис. 1.1.1) були обрані критерії для визначення придатних ділянок під об'єкт критичної інфраструктури: нахил поверхні, наявність транспортних шляхів, водойм і буферних зон навколо міст. Далі модель інтегрує ці дані в ГІС і поєднує різні просторові шари: рельєф, водойми (сині ділянки), транспортні мережі (чорні лінії) та придатні для підприємства місця (червоні області). Після реалізації моделі результати оцінюються на відповідність критеріям, що дає змогу

визначити оптимальні території для інфраструктури. Завершується процес наданням рекомендацій для впровадження [3].

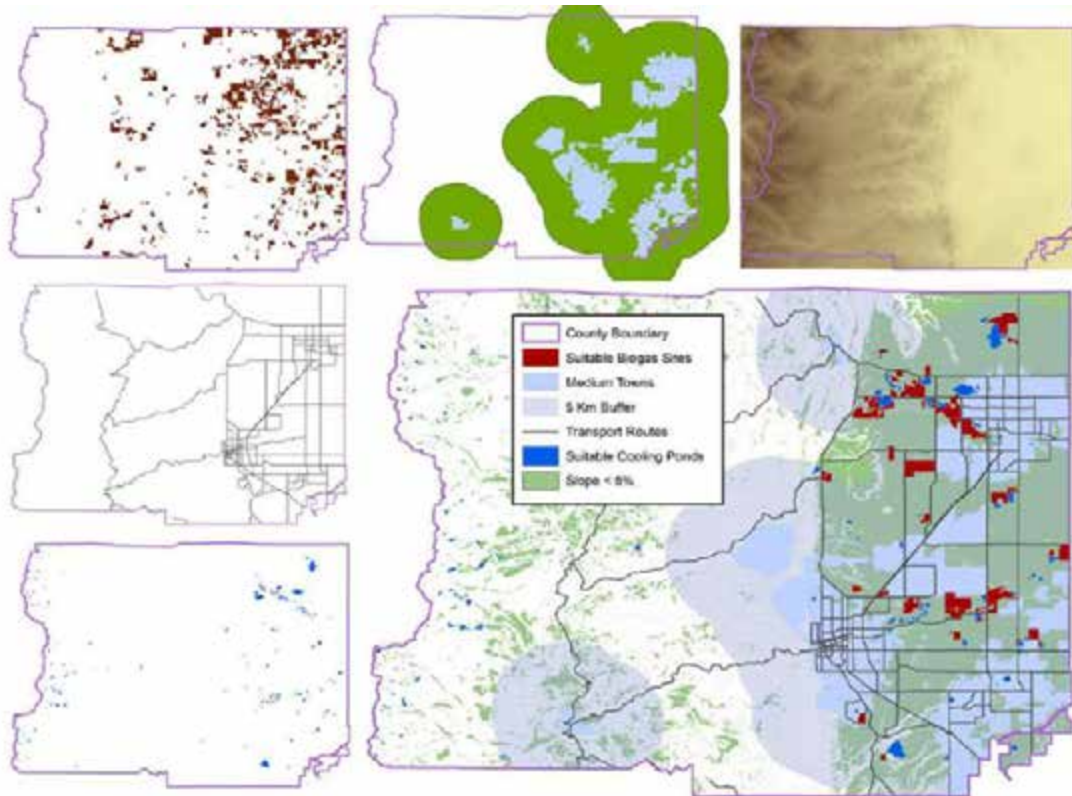


Рис. 1.1.1 — Приклад картографічного моделювання [3]

До основних характеристик картографічного моделювання належить просторовий аналіз, який передбачає вивчення географічних даних для виявлення взаємозв'язків між об'єктами та виявлення закономірностей чи аномалій. Ключовим аспектом є узагальнення та спрощення реальних явищ для створення моделей, які легше інтерпретувати, зосереджуючись на найбільш важливих деталях.

Таблиця нижче подає ключові принципи картографічного моделювання, які визначають основні підходи до створення карт. Кожен із цих принципів допомагає перетворювати складні географічні дані на зрозумілі й наочні візуальні моделі. Принципи охоплюють узагальнення даних, вибір символів і кольорів, правильне розташування об'єктів та інші важливі аспекти, які дозволяють ефективно відображати просторову інформацію. Ці елементи є

фундаментом для створення точних і функціональних картографічних продуктів

Таблиця 1.1.1

Основні принципи картографічного моделювання

Принцип	Опис
Узагальнення даних	Він передбачає спрощення реальних об'єктів та явищ для відображення їх на карті. Це означає, що деякі деталі можна прибрати, залишаючи тільки найважливіше. Наприклад, складну форму річки можна зобразити як простішу лінію, щоб карта не була перевантажена зайвою інформацією.
Символогія та візуалізація	Карти використовують різні символи та кольори для позначення об'єктів. Наприклад, синій колір часто використовується для позначення водних об'єктів, а зелений – для лісів. Вибір правильних символів допомагає користувачу легко зрозуміти карту.
Просторова інтерпретація	Цей принцип стосується правильного розташування об'єктів на карті. Об'єкти повинні бути відображені так, щоб зберігались їхні відстані, напрями та взаємне положення. Це допомагає краще зрозуміти, як об'єкти взаємодіють між собою.
Масштабування	Карти можуть бути великими або малими залежно від масштабу. Великий масштаб показує багато деталей, наприклад, карту міста, а малий – зображає великі території, як на карті країни.
Тематична спрямованість	Кожна карта може відображати певну тему, наприклад, клімат, населення або економіку. Така карта зосереджується на конкретних даних і дозволяє краще їх аналізувати.
Динамічність	Світ змінюється, і карта повинна вчасно оновлюватися. Це стосується, наприклад, нових доріг, змін у ландшафті або даних. Тому картографічні моделі повинні бути гнучкими і легко оновлюватися.

Картографічне моделювання, яке активно використовує географічні інформаційні системи (ГІС), відіграє важливу роль у інтеграції та аналізі різних видів просторових даних. Це сучасний інструмент, який дозволяє об'єднувати інформацію з численних джерел і представляти її у зрозумілій та наочній формі.

Завдяки своїй динамічній природі, картографічні моделі дозволяють аналізувати зміни в часі та просторі, що є особливо корисним для прогнозування

різноманітних процесів, таких як урбанізація, зміна клімату чи природні катастрофи. Наприклад, за допомогою динамічних картографічних моделей можна візуалізувати розвиток міст, відстежувати зміни в екосистемах або прогнозувати вплив антропогенної діяльності на навколишнє середовище

Як міждисциплінарний підхід, картографічне моделювання об'єднує дані з різних галузей, включаючи екологію, економіку, соціологію та урбаністику. Це забезпечує всебічний аналіз просторових явищ, відкриваючи нові можливості для розуміння складних взаємозв'язків у природних і соціальних системах [4].

Завдяки інтеграції технологій, таких як дистанційне зондування і велике дані, картографічне моделювання стає ще більш потужним інструментом. Це дозволяє дослідникам та аналітикам отримувати актуальні дані, які можуть бути використані для прийняття обґрунтованих рішень в умовах швидко змінюваного світу.

Картографічні моделі можна розділити на кілька основних видів, кожен із яких виконує свою специфічну функцію. Статичні моделі відображають просторові дані в певний момент часу і не змінюються, що дозволяє аналізувати фіксований стан об'єктів, як, наприклад, карти рельєфу або адміністративних кордонів. Динамічні моделі демонструють зміни у просторі з часом, дозволяючи спостерігати за розвитком процесів, таких як рух населення чи зміни клімату.

Тематичні моделі зосереджуються на конкретних аспектах, таких як економіка або екологія, що робить їх корисними для візуалізації специфічних даних, наприклад, карт населення або природних ресурсів. Аналітичні моделі використовуються для вирішення конкретних завдань, таких як прогнозування чи аналіз ризиків, допомагаючи виявити закономірності розміщення об'єктів (рис.

Останнім часом зростає популярність тривимірних моделей, які відображають об'єкти у тривимірному просторі, надаючи детальнішу інформацію про рельєф і архітектурні споруди. Кожен вид картографічних моделей має своє призначення та застосування, що сприяє кращому розумінню просторової інформації [5].

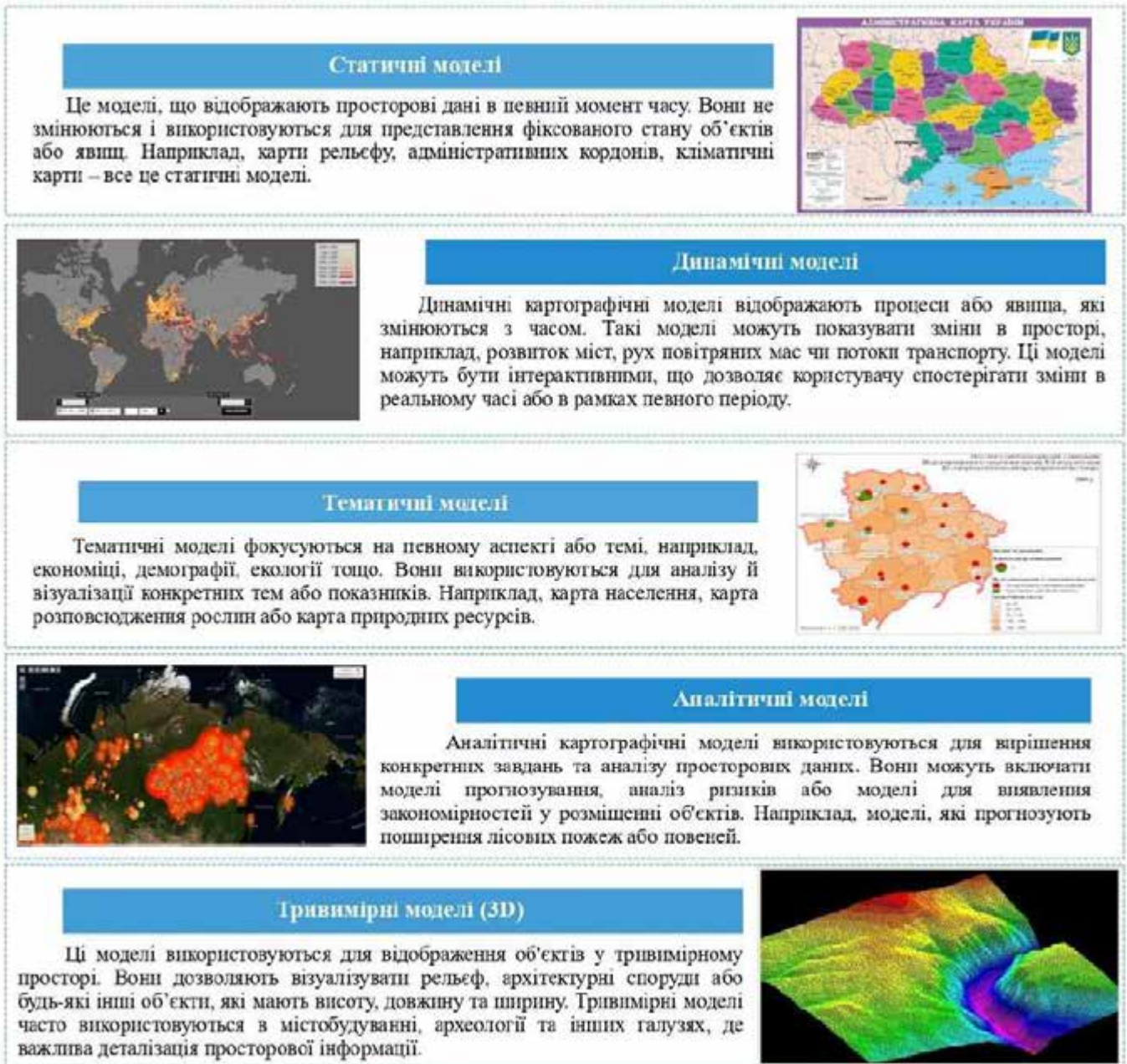


Рис. 1.1.2 - Види картографічних моделей

Картографічне моделювання виступає ключовим елементом у візуалізації, аналізі та прийнятті рішень на основі географічної інформації. Завдяки різноманітності моделей — статичних, динамічних, тематичних, аналітичних та тривимірних — користувачі можуть отримувати детальне уявлення про просторові процеси та явища.

1.2. Існуючі методичні підходи до картографічного моделювання земельних ресурсів

Картографічне моделювання земельних ресурсів є важливим інструментом для управління та оцінки земельних ділянок, оскільки воно поєднує географічну інформацію з аналітичними даними. Сучасні методичні підходи до картографічного моделювання земельних ресурсів можна розділити на кілька основних напрямків, кожен з яких має свої специфічні особливості та переваги.

ГІС-технології є одним з найпоширеніших підходів, які базуються на використанні спеціалізованого програмного забезпечення для обробки, аналізу та візуалізації просторових даних. Ці технології дозволяють створювати та оновлювати тематичні карти земельних ресурсів, включаючи карти ґрунтів, ландшафтів та землекористувань. Основні етапи цього процесу включають збір просторових даних, таких як супутникові знімки та інформація дистанційного зондування, їх обробку та аналіз, а також моделювання та візуалізацію результатів. Наприклад, ГІС-технології можуть бути використані для оцінки впливу природних катастроф, таких як повені або засухи, на сільськогосподарські угіддя, що дозволяє швидко розробляти заходи для пом'якшення наслідків [5].

Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) є ще одним важливим методом, що передбачає використання супутникових знімків та аерофотозйомки для збору інформації про земельні ресурси. Дані ДЗЗ дозволяють отримувати високоточні моделі рельєфу, визначати типи земельного покриття та моніторити зміни в використанні земель. Це особливо актуально для зон, які зазнають швидких змін через природні або антропогенні впливи. Наприклад, за допомогою ДЗЗ можна спостерігати за розширенням урбанізованих територій, що допомагає планувати інфраструктурні проекти.

Цифрове моделювання рельєфу (ЦМР) створює тривимірну модель земної поверхні, яка є потужним інструментом для аналізу рельєфу та дослідження різноманітних процесів, що впливають на навколишнє середовище. За

допомогою ЦМР фахівці можуть оцінювати водозбірні басейни, виявляти ерозійні процеси, а також аналізувати моделі стоку води, що є критично важливим для розуміння гідрологічних систем. Ці моделі дозволяють проводити комплексні дослідження, наприклад, вивчати взаємозв'язок між рельєфом, рослинністю і змінами клімату, що в свою чергу допомагає у формуванні стратегій для управління природними ресурсами.

Однією з важливих задач, які можна вирішити за допомогою ЦМР, є аналіз затоплень. Завдяки точним моделям рельєфу (рис. 1.2.1), дослідники можуть передбачати зони, які можуть бути піддані затопленню під час сильних дощів або паводків, та оцінювати їхній потенційний вплив на сільськогосподарські угіддя, інфраструктуру та населення. Це забезпечує можливість розробки превентивних заходів для зменшення ризиків, пов'язаних із затопленнями, а також планування рішень щодо відновлення після стихійних лих [6].

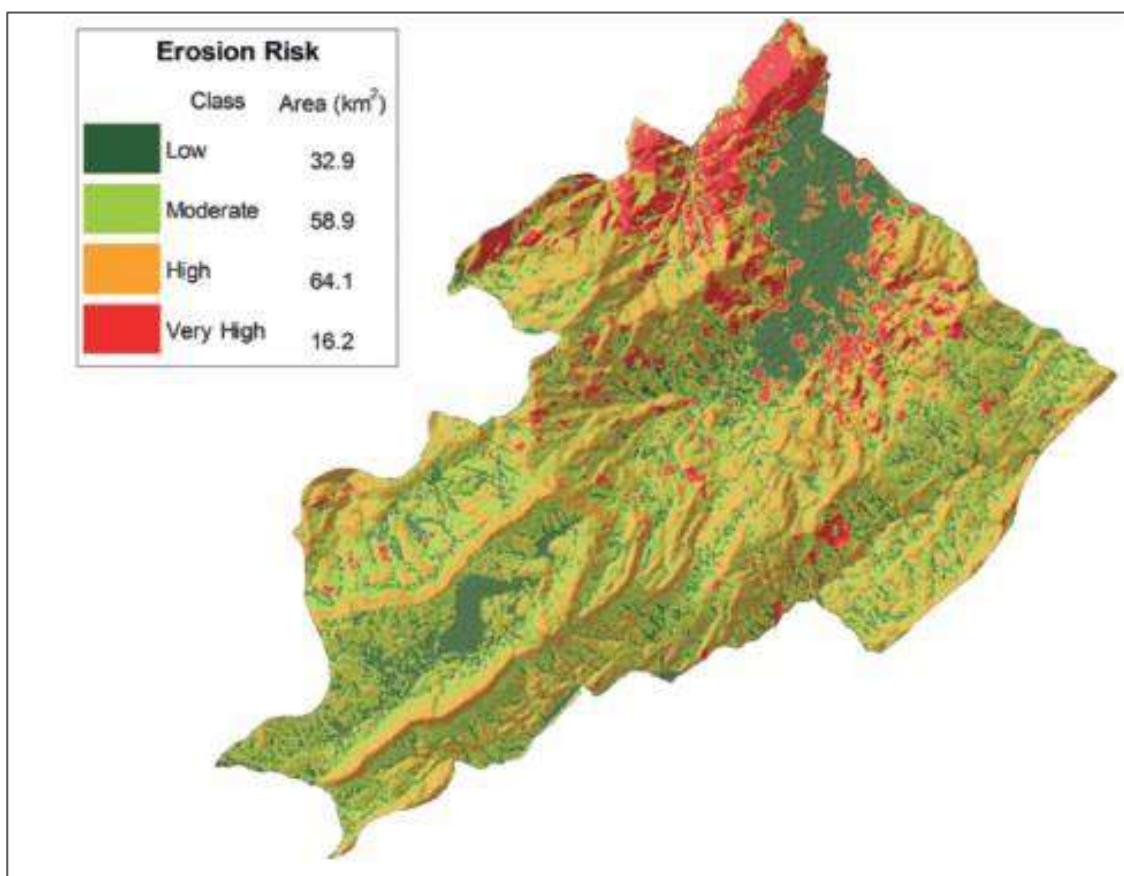


Рисунок 1.2.1 — Цифрова модель рельєфу ризику ерозії місцевості [6]

Крім того, розуміння рельєфу є критично важливим для управління водними ресурсами. ЦМР дозволяє оптимізувати розподіл води для поливу, оскільки дає змогу визначити, де саме потрібно зосередити зусилля для підвищення ефективності використання води. Наприклад, знання про рельєф допомагає в плануванні систем зрошення, які враховують нахили і особливості території, що сприяє зменшенню втрат води і підвищенню продуктивності сільського господарства. Зрештою, цифрове моделювання рельєфу є важливим інструментом для забезпечення стійкості земельних ресурсів і їхнього раціонального використання в умовах постійних змін клімату і зростаючого тиску на природні екосистеми.

Моделювання землекористування передбачає прогнозування змін у використанні земель під впливом соціальних, економічних і екологічних факторів. Це моделювання дозволяє проводити детальний аналіз ефективності управління земельними ресурсами та розробляти стратегії стійкого розвитку, враховуючи різні сценарії використання земель у майбутньому. Наприклад, такі моделі можуть бути використані для оцінки впливу нових аграрних технологій на продуктивність ґрунтів, що допоможе виявити найбільш ефективні практики.

Методи просторово-часового аналізу використовуються для моделювання змін у землекористуванні з урахуванням часових аспектів, що є надзвичайно важливим у контексті сучасних викликів. Вони дозволяють аналізувати динаміку змін земельних ресурсів у різні часові періоди, надаючи змогу виявляти не лише поточні тенденції, але й довгострокові зміни, які можуть відбутися під впливом різних факторів. За допомогою цих методів фахівці можуть прогнозувати майбутні зміни в землекористуванні, що є критично важливим для розробки стратегій управління земельними ресурсами [6].

Це особливо важливо для розуміння тенденцій у використанні земель, оскільки зміни у землекористуванні можуть суттєво вплинути на екологічну ситуацію, економіку та соціальне середовище. Наприклад, аналіз просторово-часових даних може допомогти виявити зростання урбанізації, зміну сільськогосподарських практик або збільшення площ, зайнятих природними

резервами. Крім того, такі методи допомагають у підготовці до можливих викликів, таких як зміна клімату або зміна демографічних показників. У зв'язку з цим, прогнози, засновані на просторово-часовому аналізі, можуть стати основою для прийняття обґрунтованих рішень у сфері планування та управління земельними ресурсами, а також для розробки заходів, спрямованих на адаптацію до нових умов. Це дозволяє створити більш стійкі й ефективні моделі використання земель, які зможуть забезпечити баланс між економічними, соціальними та екологічними інтересами.

Картографічна генералізація — це методика, що полягає у спрощенні і узагальненні деталей карт, що дозволяє зосередитися на ключових характеристиках території. Створення узагальнених карт земельних ресурсів допомагає користувачам швидше зрозуміти основні тренди і проблеми. Це особливо важливо для комунікації результатів досліджень різним групам зацікавлених сторін, включаючи політиків, планувальників та громадськість.

Багатокритеріальний аналіз - є ще одним важливим методом, який використовується для прийняття рішень в умовах, коли потрібно врахувати багато різних факторів, таких як екологічні, соціальні та економічні. Спеціальні інструменти ГІС дозволяють оцінювати території з точки зору їх придатності для різних видів діяльності, що допомагає в ухваленні обґрунтованих рішень. Наприклад, багатокритеріальний аналіз може допомогти в розробці нових земельних політик, які забезпечать збалансоване використання природних ресурсів [7].

Методичні підходи згадані вище можна розглянути на прикладі планування сталого землекористування на основі аналізу накопиченого стоку (рис.1.2.2).

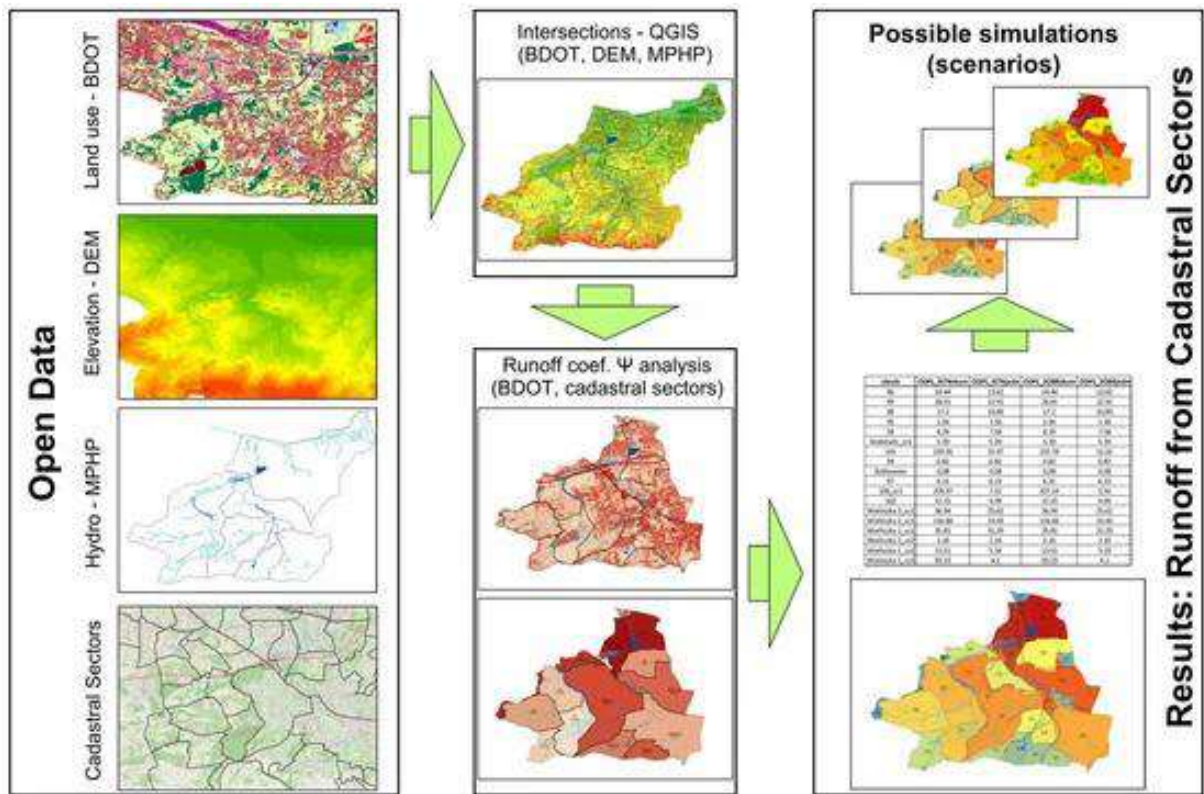


Рисунок 1.2.2 - Блок-схема картографічного моделювання земельних ресурсів з використанням ГІС та цифрових моделей рельєфу [7]

Ця схема є прикладом методичних підходів до картографічного моделювання земельних ресурсів. Вона демонструє використання відкритих даних (BDOT (інформація про використання земель), DEM (цифрова модель рельєфу), MPHP (гідрографічні дані), Кадастрові сектори) та ГІС-технологій для обробки просторової інформації. Основні етапи включають збір, перетин і аналіз даних для оцінки коефіцієнтів стоку, моделювання сценаріїв використання земель і прогнозування можливих наслідків. Цей підхід дозволяє ефективно управляти земельними ресурсами та планувати заходи для зменшення ризиків, таких як затоплення або інші природні катастрофи [7].

Отже, сучасні методичні підходи до картографічного моделювання земельних ресурсів ґрунтуються на інтеграції передових технологій, таких як ГІС, дистанційне зондування та багатокритеріальний аналіз. Ці методи дозволяють отримувати точні та актуальні карти земельних ресурсів, необхідні для прийняття обґрунтованих рішень у сфері управління земельними ресурсами. В умовах сучасних викликів, таких як зміна клімату, зростання населення і

потреба в продовольстві, ці підходи стають ще більш актуальними для забезпечення стійкості та ефективності використання земель у майбутньому.

1.3. Геоінформаційне забезпечення оцінки змін земельних ресурсів

Геоінформаційне забезпечення для оцінки змін земельних ресурсів є важливим інструментом управління територіями, що дає змогу ефективно проводити моніторинг, аналізувати та прогнозувати зміни в землекористуванні. Воно базується на використанні геоінформаційних систем (ГІС), супутникових знімків та інших методів просторового аналізу [8].

Процес аналізу, обробки та зберігання інформації в геоінформаційних системах (ГІС) вимагає чіткої систематизації даних, що здійснюється у формі спеціалізованої бази даних. Така база даних дозволяє створювати електронні карти та вести атрибутивну інформацію. Вона повинна містити дані про площі земель, їхнє використання, основні характеристики ґрунтів тощо. Інформація може бути представлена у текстовому та табличному вигляді, що забезпечує швидке відстеження змін у землекористуванні [9].

Для оновлення даних доцільно використовувати об'єктно-реляційну модель бази геоданих (БГД), яка дозволяє описувати не тільки геометрію об'єктів, але й їхню еволюцію, закономірності змін, поведінку та взаємозв'язки з іншими об'єктами. Така модель є основою для подальшого аналізу наявної інформації та створення нових перетворених даних.

Процес геоінформаційного моделювання можна поділити на три основні етапи: збір і введення вихідних даних, геоінформаційний аналіз та підтримка прийняття рішень щодо раціонального використання і охорони земель (рис.



Рис. 1.3.1 Узагальнена схема геоінформаційного моделювання та оцінювання стану земельних ресурсів [9]

Для оцінки стану земельних ресурсів важливо включити етап збору та введення вихідних даних, у якому використовується інформація з різних джерел. Зокрема, Державний земельний кадастр містить детальні дані про власність на землю, її використання та правові обмеження. Статистичні звітності, такі як форми б-зем, ба-зем, бб-зем та інші, надають інформацію про земельні ділянки, їх характеристики та зміни у використанні. Базові та тематичні картографічні шари забезпечують географічний контекст, а також допомагають візуалізувати просторові відмінності в стані земельних ресурсів. У деяких випадках дані з інших галузевих кадастрів, таких як кадастр природних ресурсів або екологічний кадастр, можуть доповнювати картину, надаючи додаткову інформацію про стан навколишнього середовища, якість води та повітря, а також вплив людської діяльності на земельні ресурси [9].

Етап аналізу передбачає обробку первинних даних та розрахунок показників, які дозволяють визначити реальний стан земельних ресурсів. На цьому етапі використовуються різноманітні методи статистичного аналізу, які дозволяють вивчати просторові закономірності розподілу явищ. Наприклад, моделювання просторової залежності може виявити, як різні фактори впливають на якість ґрунтів або їх продуктивність. Додатково, аналіз динаміки змін у просторі та часі дозволяє виявити тенденції, які можуть свідчити про деградацію

земель, їх забруднення або поліпшення. Це стає особливо актуальним в умовах змін клімату та зростаючого тиску на природні ресурси, коли розуміння змін є ключовим для адаптації політики управління.

Етап підтримки прийняття рішень щодо раціонального використання і охорони земель є критично важливим, оскільки включає підготовку прогностичних матеріалів про можливі зміни показників. На основі отриманих даних фахівці можуть розробляти заходи з охорони земельних ресурсів, що включають планування території, зменшення ерозії, відновлення деградованих земель та запобігання забрудненню. Стратегії підвищення екологічної стійкості агроландшафтів, такі як запровадження сівозмін або використання органічних добрив, також можуть бути частиною цього процесу. Ефективне управління земельними ресурсами сприяє не тільки збереженню екосистем, але й підвищенню продовольчої безпеки та покращенню якості життя населення [9].

Геоінформаційне забезпечення, в свою чергу, призначене для вирішення завдань, що потребують комплексного підходу в організації інфраструктури територій. Воно включає інтеграцію з наявними картографічними даними, що дозволяє створювати детальні моделі території. Ця технологія стає ключовою для створення та використання земельно-інформаційних систем, що забезпечують доступ до актуальної інформації про земельні ресурси. Геоінформаційне забезпечення також спрямоване на задоволення економічних і соціальних потреб державних установ, організацій та суспільства, надаючи доступ до геоінформації

З розвитком комп'ютерних технологій збір даних про стан земельних ресурсів, моделювання геопростору і просторовий аналіз здійснюються за допомогою автоматизованих систем. Це дозволяє не лише ефективніше формувати рішення, але й інтегрувати та поширювати інформацію через геоінформаційні системи. Такі системи забезпечують не лише зручний доступ до інформації, а й дозволяють проводити аналізи, які є необхідними для прийняття обґрунтованих рішень у сфері управління земельними ресурсами. Наприклад, сучасні ГІС можуть автоматично генерувати звіти, аналізувати просторові дані та

прогнозувати наслідки різних управлінських рішень, що робить процес прийняття рішень більш прозорим та ефективним.

Використання картографічного моделювання для оцінки наслідків воєнних дій на земельні ресурси

Використання картографічного моделювання для оцінки наслідків воєнних дій на земельні ресурси є важливим інструментом для аналізу та відновлення постраждалих територій. Це моделювання дозволяє візуалізувати зміни, які відбулися внаслідок військових дій, таких як пошкодження ґрунтового покриву, зміна структури земель та забруднення. Завдяки картографічним технологіям, фахівці можуть отримати детальну інформацію про стан земель, що допомагає виявити найбільш уразливі зони та оцінити масштаби шкоди.

Картографічне моделювання також сприяє інтеграції різних типів даних, таких як результати дистанційного зондування Землі, статистичні показники та польові дослідження. Це дозволяє створити комплексну картину впливу військових дій на земельні ресурси, включаючи зміни в родючості ґрунтів, розвиток ерозійних процесів і забруднення від небезпечних матеріалів. Моделі можуть бути використані для прогнозування майбутніх змін і допомагають у розробці стратегій відновлення, що враховують специфічні потреби постраждалих територій.

Крім того, картографічне моделювання забезпечує прозорість та доступність інформації для широкого кола користувачів, включаючи державні органи, неурядові організації та місцеві громади. Це важливо для проведення освітніх кампаній і залучення громадськості до процесу відновлення. Відкриті дані, представлені на геопорталах і дашбордах, дають можливість усім зацікавленим сторонам отримувати актуальну інформацію про стан земельних ресурсів і наслідки військових дій, що сприяє більш ефективному управлінню та прийняттю рішень.

Станом на сьогодні понад дві третини сільськогосподарських угідь України постраждали в тій чи іншій мірі від воєнних дій, причому найбільше це стосується найпродуктивніших земель на півдні та південному сході країни [11].

Для оцінки таких наслідків широко використовуються інструменти, такі як геопортали та дашборди, що дозволяють візуально відображати як окремі випадки, так і загальні тенденції. Цей підхід надає можливість комплексної оцінки змін у землекористуванні та стані ґрунтів, визначаючи напрямок досліджуваних процесів (погіршення/покращення стану) та картографічно візуалізуючи просторово-часові зміни за допомогою геопорталів. Також завдяки геопорталам можна ефективно відстежувати складні картографічні показники в динаміці, використовуючи електронні інструменти для накладання кількох тематичних шарів у часовій динаміці (таймлайн).

Використання картографічного моделювання для оцінки наслідків воєнних дій на земельні ресурси в Україні стало особливо актуальним у контексті повномасштабного вторгнення РФ у 2022 році. Українські сільськогосподарські землі, відомі своєю родючістю, зазнали значних ушкоджень внаслідок бойових дій, що призвело до втрати продуктивності, забруднення та руйнування інфраструктури. Картографічне моделювання відіграє ключову роль у виявленні та аналізі цих змін, дозволяючи візуалізувати вплив війни на різні типи земельних ресурсів, такі як орні землі, пасовища та природні території [12].

На рисунку 1.4.1 показано приклад впливу військових дій на ґрунт: внаслідок влучання ворожих ракет на територію нафтопереробного заводу, його споруди були пошкоджені, що призвело до забруднення ґрунтового покриву прилеглих територій нафтопродуктами. Це, у свою чергу, призвело до того, що ці землі стали непридатними для використання, зокрема в сільськогосподарському виробництві.

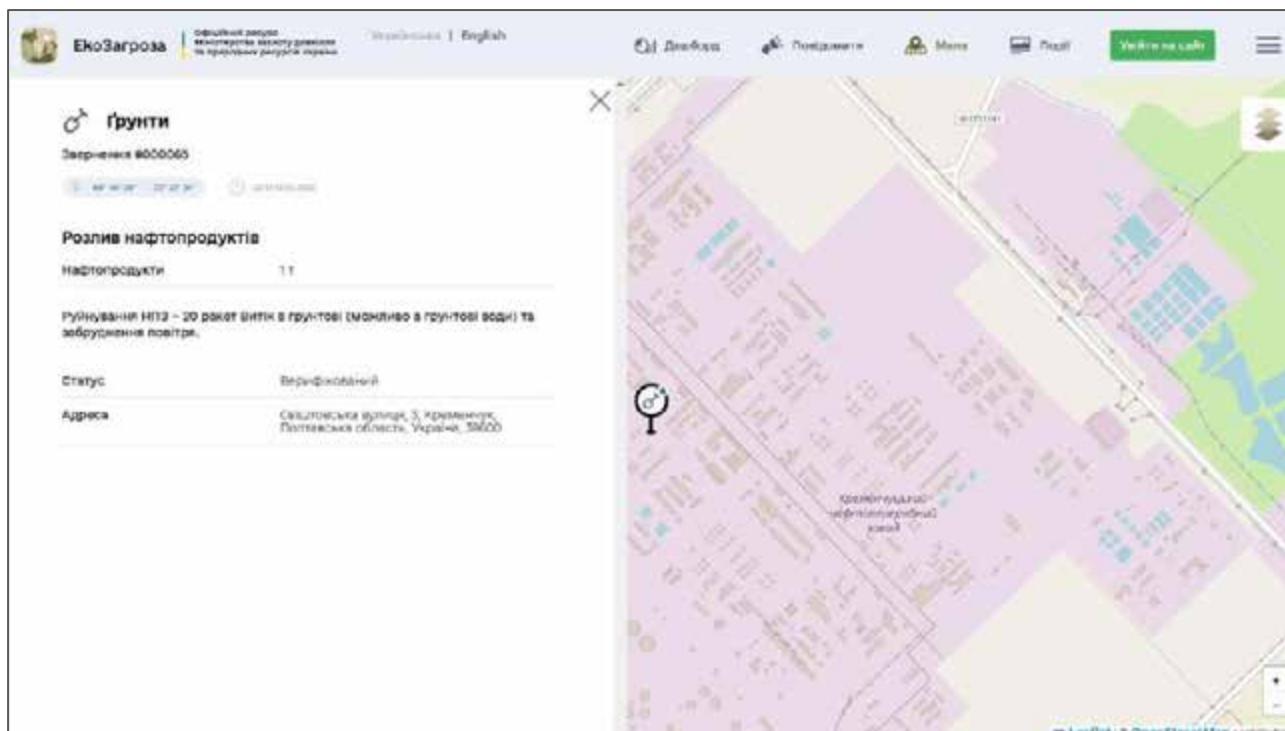


Рис. 1.4.1 - Приклад впливу військових дій на ґрунти. Джерело: Геопортал «Екозагроза» Міністерства захисту довкілля, 2023 [12, 13]

На рисунку 1.4.2 представлено фрагмент карти з геопорталу «Екодозор», що ілюструє вплив військових дій на порушення ґрунтового покриву та визначення екологічних ризиків для ґрунтів. Екологічні ризики для ґрунтів відображені за допомогою інтегральних показників. Такий підхід є привабливим завдяки своїй наочності та інформативності, проте вимагає ретельного вибору індикаторів, здатних відобразити весь спектр можливих впливів воєнних дій на ґрунти.

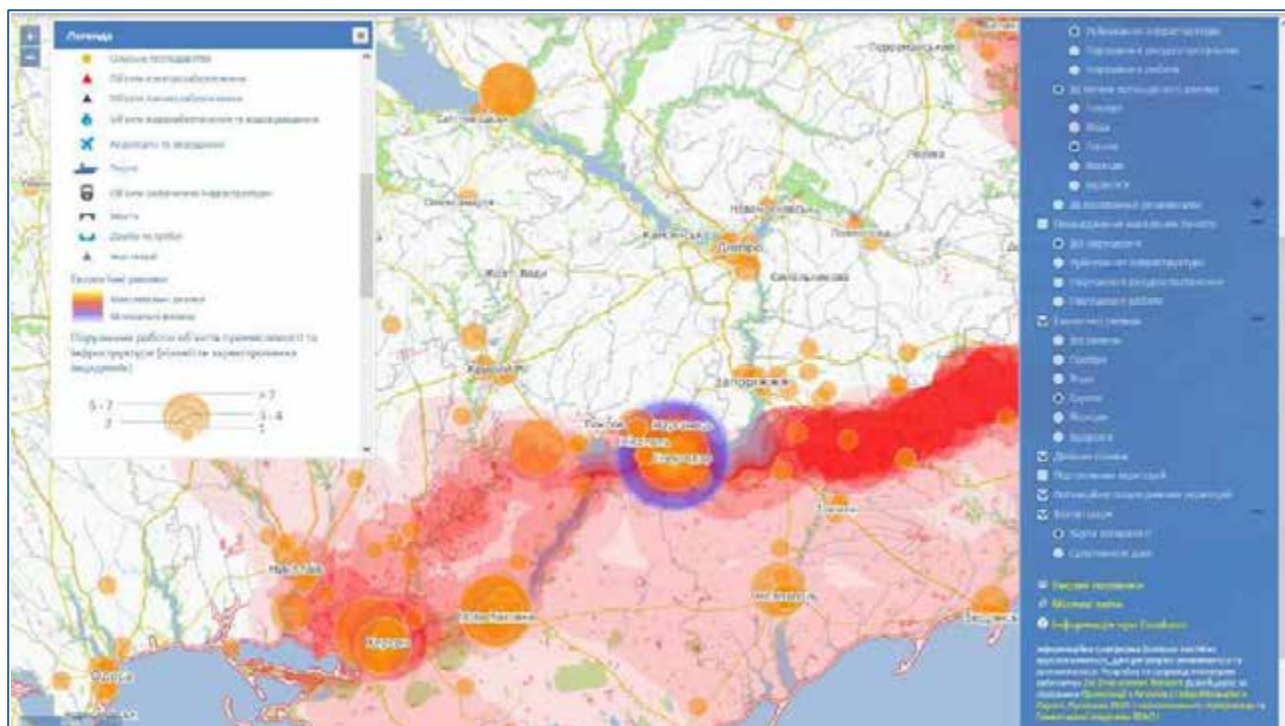


Рис. 1.4.2 - Вплив військових дій на порушення ґрунтового покриття та виявлення екологічних ризиків для ґрунтів (фрагмент карти, за даними сервісу ecodozor.org, 2023 рік) [12, 13]

Дашборд з даними про екологічні загрози на сайті ecozagroza.gov.ua (EkoZagroza, 2022-2023) містить статистичну інформацію про вплив військових дій на природні ресурси, зокрема на ґрунтовий покрив. Цей інструмент відрізняється наочністю та можливістю представлення складних понять через інтегральні індекси.

Основні негативні фактори, що спричиняють пошкодження сільськогосподарських земель, включають [14]:

1. Проїзд важкої техніки, що призводить до ущільнення та деградації ґрунтів.
2. Використання мін, що змінює ландшафт і рельєф.
3. Обстріли та бомбардування, що формують кратери та забруднюють ґрунт важкими металами, сіркою та іншими шкідливими сполуками.
4. Будівництво окопів, що порушує та деградує ґрунти.
5. Пожежі в природних зонах і на полях, які знищують родючий шар ґрунту.

Внаслідок повномасштабного вторгнення у 2022 році більшість високопродуктивних сільськогосподарських земель України стали тимчасово непридатними для використання. Важливу роль відіграє використання індикаторних показників стану земель і ґрунтів, а також оперативний моніторинг деградаційних процесів на основі дистанційного зондування Землі. Зокрема, доступ до геопорталів, дашбордів та інших інструментів публічного доступу до відкритих даних є критично важливим для оцінки наслідків військових дій на ґрунтовий покрив, можливостей відновлення сільськогосподарського виробництва на цих територіях та поліпшення якості життя людей в цілому [14].

Після початку військових дій на сході України ГІС-технології стали важливим інструментом для моніторингу змін у землекористуванні. Зокрема, супутникові знімки та ГІС-аналіз використовуються для оцінки пошкоджень сільськогосподарських угідь, лісових масивів та водних ресурсів у зонах конфлікту. В рамках міжнародних проектів, таких як Copernicus (Європейська система супутникового моніторингу), проводився аналіз змін земельних покривів, а також вивчався вплив бойових дій на екосистеми.

Використання ГІС-технологій та супутникових даних дозволяє оцінити вплив військових дій на довкілля, а також проводити моніторинг екологічних змін. Наприклад, прорив Каховської дамби, спричинений російською атакою, мав колосальний вплив на навколишнє середовище, зокрема на рівень води в Дніпрі та функціонування Запорізької АЕС. На рисунку 1.4.3 показано розташування Каховського водосховища, Каховської ГЕС і Запорізької АЕС уздовж річки Дніпро в Херсонській області (а), зображення Каховської дамби до та після прориву 6 червня 2023 року, на яких чітко видно знищення контрольованої Росією частини дамби (б), масштаб повені нижче за течією Дніпра (с), а також порівняння стану Каховського водосховища до і після події, що демонструє дренаж басейну та стійкість охолоджувального ставка поруч із Запорізькою АЕС

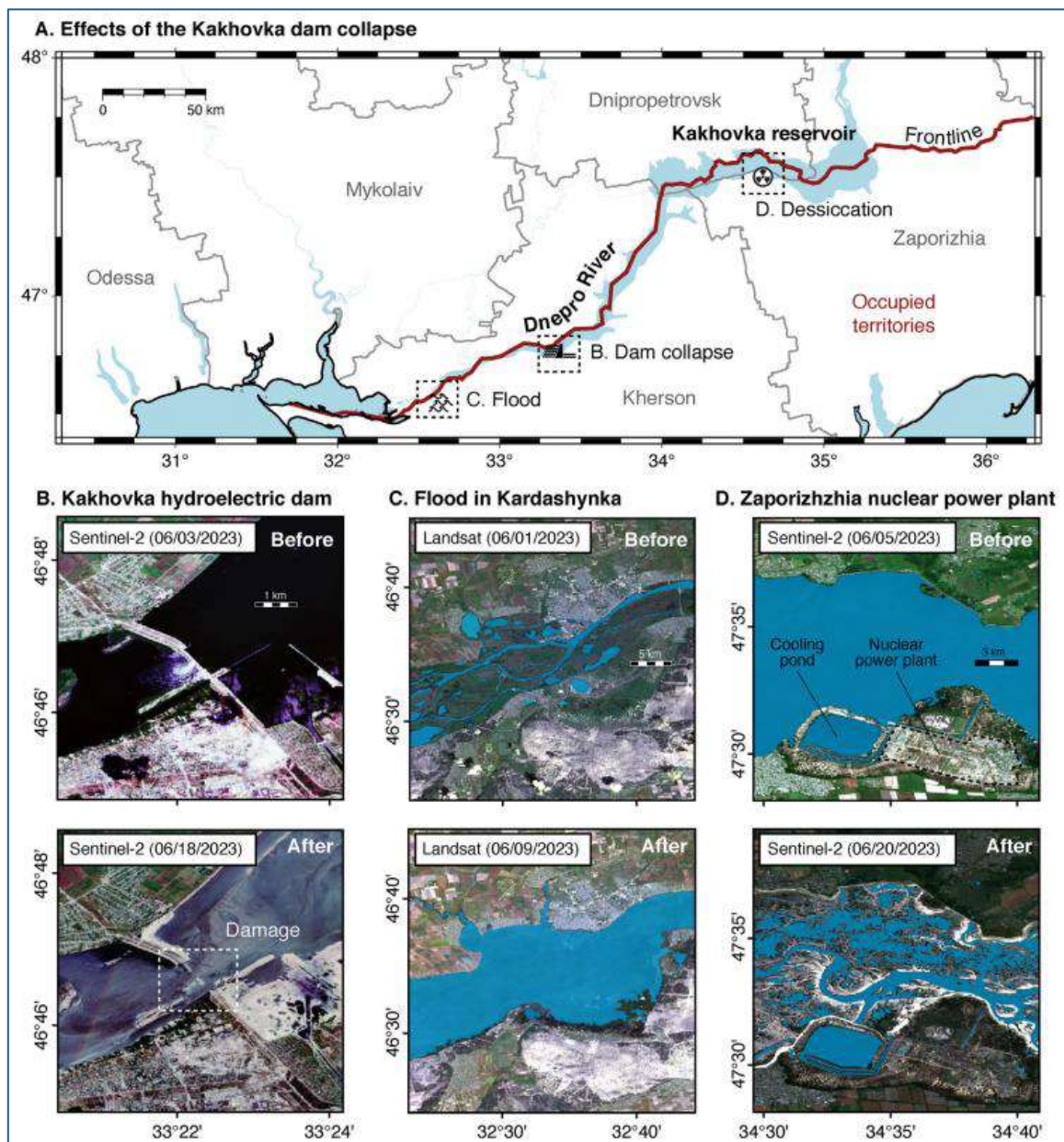


Рис. 1.4.3 Дистанційне зондування прориву Каховської дамби та його вплив на навколишнє середовище [15]

Ці приклади демонструють, яку важливу роль відіграють ГС-технології у вирішенні проблем, пов'язаних із змінами земельних ресурсів внаслідок воєнних дій. Завдяки своїй здатності забезпечувати точну і своєчасну інформацію, ГС допомагають органам влади та міжнародним організаціям ефективно реагувати на екологічні та економічні виклики, пов'язані з відновленням земель.

Таким чином, картографічне моделювання є важливим інструментом для оцінки та відновлення земельних ресурсів, постраждалих від воєнних дій. Воно забезпечує комплексний підхід до вивчення наслідків конфлікту, поєднуючи

різноманітні джерела даних і створюючи детальні просторово-часові моделі. Ці моделі дозволяють візуалізувати масштаби пошкоджень, оцінити екологічні ризики та визначити стратегії відновлення земель. Інструменти, такі як геопортали та дашборди, полегшують доступ до даних, сприяючи відкритості інформації та залученню різних зацікавлених сторін до процесу відновлення. Це особливо актуально для України в умовах повномасштабної війни, де значні площі сільськогосподарських земель були зруйновані або забруднені. Відновлення цих територій є критично важливим для забезпечення продовольчої безпеки та відновлення економічної стабільності країни. Крім того, картографічне моделювання сприяє підвищенню ефективності міжнародної співпраці у сфері екологічної безпеки та відновлення. Завдяки прозорості даних і можливості об'єднання зусиль різних країн та організацій, цей підхід допомагає залучити додаткові ресурси для відбудови постраждалих територій, а також сприяє розробці спільних екологічних стратегій, що враховують глобальні виклики.

Міжнародна практика вирішення проблем оцінки змін земельних ресурсів під впливом воєнних дій

Оцінка змін земельних ресурсів внаслідок воєнних дій є складним і багатогранним процесом, який потребує комплексного підходу. Міжнародна практика демонструє різні методи оцінки та вирішення цих питань, при цьому кожна країна спирається на власний досвід, що базується на технічних можливостях, економічних ресурсах та підтримці з боку міжнародної спільноти.

Міжнародна практика оцінки змін земельних ресурсів під впливом воєнних дій ґрунтується на використанні геоінформаційних систем (ГІС) та дистанційного зондування (ДЗЗ) для точного моніторингу пошкоджень, зокрема супутникових знімків і безпілотників, що фіксують руйнування інфраструктури та зміни ландшафтів. Просторовий аналіз допомагає виявляти зміни в землекористуванні, а юридична оцінка забезпечує документування екологічних збитків для можливого відшкодування. Після завершення бойових дій міжнародна спільнота займається відновленням та рекультивацією земель через

програми розмінування і відновлення екосистем, активно залучаючи до цього процесу місцеві громади та організації, що сприяє більш ефективному відновленню територій.

Основним технічним підходом у розробці земельно-інформаційної системи є використання геоінформаційних технологій. При цьому важливо забезпечити збір всебічної інформації. Геоінформаційні системи слугують дієвим інструментом для обробки просторових даних [16].

Значний досвід відновлення земель після військових дій, здобутий у Європі після Другої світової війни, може слугувати прикладом для українських регіонів. Після війни були докладені великі зусилля для відновлення сільського господарства та аграрної діяльності. Особливу увагу приділяли реабілітації ґрунтів, впровадженню добрив і принципам сталого землеробства. Уряди реалізували програми підтримки фермерів, які включали надання кредитів та допомогу в відновленні сільськогосподарських угідь.

Після 1989 року в Європі залишилося без використання приблизно 1,5 мільйона гектарів військових земель. Це відбулося через хімічне забруднення та мінування, що ускладнювало ефективне використання цих територій. Як результат, багато військових полігонів було перетворено на природні заповідники. Наприклад, в мережу природоохоронних територій Європейського Союзу - Natura 2000 включено військові території в кількох країнах: Бельгія - 70%, Нідерланди - 50%, а Данія — 45% [17].

Геоінформаційні системи (ГІС) є важливим інструментом для вирішення проблем оцінки змін земельних ресурсів внаслідок воєнних дій. Вони дозволяють збирати, аналізувати та відображати просторові дані, що є критичними для моніторингу та оцінки впливу бойових дій на навколишнє середовище.

Наприклад, у Сирії, де тривалий конфлікт призвів до значних змін у землекористуванні, ГІС-технології використовувались для моніторингу змін сільськогосподарських земель та екосистем (рис 1.4.1) Завдяки супутниковим знімкам та ГІС-аналізу вдалося зафіксувати скорочення сільськогосподарських

угідь та деградацію ґрунтів у результаті бойових дій. Зокрема, міжнародні організації використовували дані дистанційного зондування для створення карт пошкоджених територій, що полегшило планування відновлювальних робіт. Ці технології також допомогли оцінити вплив забруднення ґрунтів та води через використання хімічної зброї та вибухівки [18].

З картографічного погляду, зображення відображає процес моделювання змін землекористування на територіях, що зазнали впливу військових дій. Три карти (2010, 2014, 2018) показують динаміку змін у покритті земель протягом кількох років. Ці зміни можуть бути результатом військових конфліктів, що спричинили деградацію сільськогосподарських угідь, зростання оголених ділянок і скорочення лісових та оброблюваних територій.

Картографічне моделювання використовується для візуалізації таких змін та аналізу їхніх наслідків. Різні типи землекористування, позначені різними кольорами, дозволяють ідентифікувати зони найбільшого впливу війни — зокрема, збільшення оголених ділянок і зниження частки сільськогосподарських та лісових земель. Така візуалізація полегшує оцінку масштабів пошкоджень, необхідних для відновлення земельних ресурсів та розробки стратегій реабілітації [19].

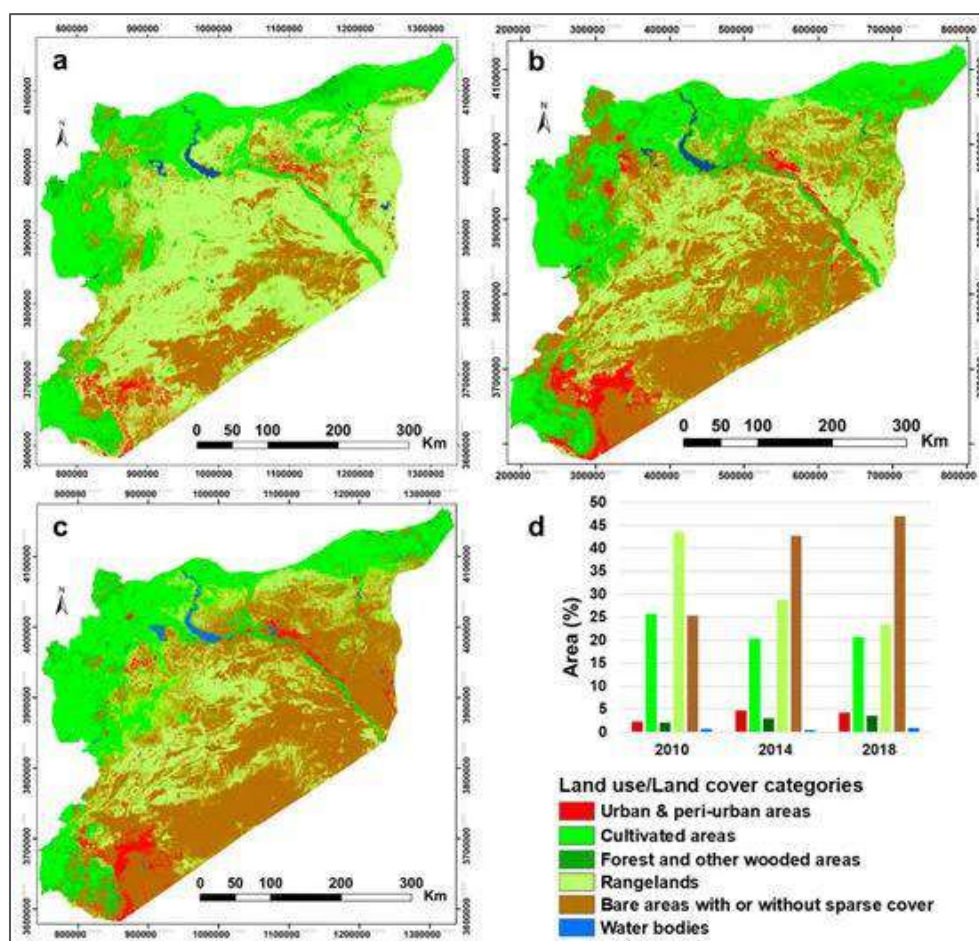


Рис. 1.5.1 - Картографічна модель змін землекористування внаслідок військових дій у Сирії [18]

Після війни в Афганістані основними викликами для відновлення земель були реконструкція зруйнованої іригаційної системи, яка охоплювала 321 акр, очищення територій від нерозірваних боєприпасів і утилізація вибухонебезпечних матеріалів. Міжнародні організації та гуманітарні групи співпрацювали з урядом Афганістану для відновлення сільськогосподарської діяльності, розробляючи спеціальні програми, що сприяли створенню приватних аграрних асоціацій, кооперативів і неурядових організацій [19].

ГІС-технології були використані для оцінки змін ландшафту та деградації природних ресурсів. Завдяки супутниковим даним вдалося провести моніторинг зміни рельєфу та виявити зони, що зазнали найбільших пошкоджень через бойові дії. Уряд Афганістану за підтримки міжнародних партнерів застосував ГІС для картографування зон, що підлягають розмінуванню, а також для відстеження

впливу на ліси та водні ресурси. ГІС-аналіз допоміг виявити, де необхідні першочергові заходи для запобігання подальшій деградації земель [19].

У рамках відновлення земельних ресурсів після воєн в Іраку ГІС-технології відіграли ключову роль у моніторингу екологічних змін. Після вторгнення в 2003 році іракські землі зазнали значного забруднення від залишків військових дій, у тому числі від руйнування нафтових свердловин. ГІС-системи використовувались для картографування зон забруднення нафтою, моніторингу стану сільськогосподарських угідь та оцінки руйнувань інфраструктури. Це дозволило міжнародним організаціям і місцевій владі спрямувати ресурси на очищення територій та відновлення сільського господарства [20].

Після закінчення військових дій на Балканах ООН та інші міжнародні організації провели екологічні дослідження, спрямовані на визначення масштабів шкоди, завданої природним ландшафтам. Ці дослідження включали аналіз забруднення ґрунтів і води, вирубки лісів і деградації сільськогосподарських угідь. Такі оцінки стали важливою частиною процесу відновлення, що дозволило міжнародній спільноті спрямувати ресурси в найбільш постраждалі райони.

Після конфліктів у Лівані ГІС-технології активно використовувались для моніторингу впливу війни на сільськогосподарські землі та водні ресурси. Супутникові дані допомогли ідентифікувати області, які постраждали від забруднення або руйнування інфраструктури, а також оцінити зони ризику ерозії та деградації ґрунтів. ГІС-системи використовувались для створення карт територій, які потребували пріоритетних відновлювальних заходів, таких як відновлення іригаційних систем та очищення від забруднення [21].

Рекультивация земель, забруднених або пошкоджених війною, є життєво важливою частиною процесу відновлення. У Хорватії після війни значна частина земель була замінована, що зробило її непридатною для сільськогосподарського використання. Міжнародна допомога виявилася вирішальною в реалізації програм розмінування та рекультивации земель, що дозволило відновити продуктивне використання великих територій. У цьому контексті також важливо

згадати ініціативи в Іраку, де були започатковані післявоєнні проекти з відновлення сільськогосподарських земель. Ці проекти, що фінансувалися Світовим банком, включали очищення територій від хімічного забруднення та покращення іригаційної інфраструктури.

Фінансова підтримка та міжнародне співробітництво відіграють вирішальну роль у вирішенні питань оцінки земельних ресурсів. Після конфліктів у багатьох країнах, таких як Афганістан і Сирія, міжнародні організації надали необхідне фінансування для проведення екологічних оцінок, відновлення інфраструктури та покращення управління земельними ресурсами. Ця підтримка дозволила реалізувати довгострокові проекти з відновлення земель та зменшити екологічні ризики, спричинені війною [21].

Міжнародна практика вирішення проблем оцінки змін земельних ресурсів під впливом воєнних дій демонструє важливість комплексного підходу, що включає використання сучасних технологій, таких як ГІС та дистанційне зондування, для моніторингу пошкоджень і відновлення територій. Досвід країн, які постраждали від військових конфліктів, свідчить про ефективність впровадження програм розмінування, екологічної реабілітації та відновлення інфраструктури сільськогосподарських угідь. Крім того, залучення міжнародної спільноти та фінансування відіграють ключову роль у відновленні природних ресурсів, що дозволяє спрямувати ресурси на найкритичніші ділянки, забезпечуючи стійке відновлення і розвиток постраждалих територій.

РОЗДІЛ II Загальна характеристика об'єкту дослідження

2.1. Природно-ресурсний потенціал

Дергачівська міська об'єднана територіальна громада — об'єднана територіальна громада в Україні, в Харківському районі Харківської області (рис.2.1.1). Адміністративний центр — місто Дергачі.



Рис. 2.1.1 — Карта-схема територіальних громад та районів Харківської області [22]

Основними населеними пунктами громади є Дергачі, Козача Лопань, Прудянка, Слатине та інші. На рис 2.1.2 червоним кольором позначено території, що входять до складу громади, а сірим – прилеглі території. Карта демонструє

основні населені пункти та транспортні шляхи громади, відображаючи її адміністративні межі.



Рис. 2.1.1 Карта-схема Дергачівської територіальної громади [24]

Дергачівська громада володіє багатим природно-ресурсним потенціалом, який сприяє соціально-економічному розвитку та підвищенню якості життя місцевого населення. Основу природних ресурсів громади складають родючі ґрунти, що забезпечують сприятливі умови для розвитку сільського господарства. Тут вирощують широкий спектр сільськогосподарських культур, зокрема зернові, овочеві та фруктові, що сприяє агропромислому розвитку та забезпеченню місцевих потреб у продовольстві [24].

Район є одним з найбільш забезпечених серед районів області природно-ресурсним потенціалом. Основу природно-ресурсного потенціалу складають глина, суглинок – Білашівське, Лужківське родовище, пісок з мінеральних, водних, земельних, лісових, фауністичних та природно-рекреаційних ресурсів.

Лісові масиви громади відіграють важливу екологічну та економічну роль, забезпечуючи не лише природне середовище для флори та фауни, але й деревину, яка використовується у різних галузях, зокрема в будівництві та промисловості. Водні ресурси, що включають річки та інші водойми, відіграють ключову роль у забезпеченні громади водою для зрошення сільськогосподарських угідь, а також створюють можливості для рибальства, рекреаційної діяльності та розвитку туризму.

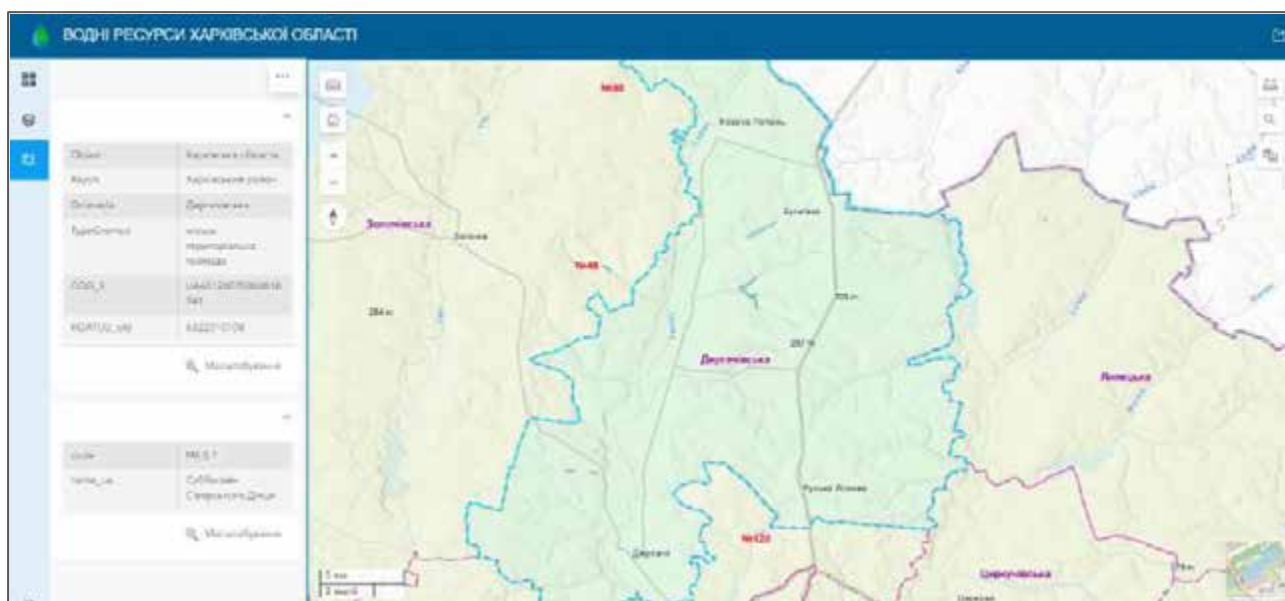


Рис. 2.1.3 — Водні ресурси Дергачівської громади

Крім того, Дергачівська громада має поклади корисних копалин, таких як пісок, глина та інші будівельні матеріали, що використовуються в будівельній індустрії та підтримують розвиток місцевої економіки. Завдяки поєднанню родючих ґрунтів, водних ресурсів, лісів та корисних копалин, громада має значний потенціал для сталого розвитку, включаючи можливості для розширення аграрного виробництва, будівельної діяльності та екологічного туризму, що сприяє підвищенню добробуту її жителів та збереженню природної спадщини

2.2. Геологічна структура та рельєф території області

Геологічна структура Харківської області є досить різноманітною та визначає основні особливості її рельєфу і природних ресурсів. Територія області розташована на стику двох великих тектонічних структур — Українського щита та Дніпровсько-Донецької западини. Західна частина області характеризується відносно стабільною геологічною будовою, що включає кристалічні породи докембрійського віку. У східній частині переважають молодші осадові відкладення палеозою та мезозою. В цих районах можна знайти великі запаси корисних копалин, зокрема газу, нафти, солі та глини. Така геологічна різноманітність робить Харківщину важливим регіоном для видобутку природних ресурсів.

Рельєф області відображає геологічну будову й поділяється на дві основні частини — північний захід і південний схід. Північний захід області представлений підвищеною височинною рівниною — Середньоросійською височиною, що простягається від кордону з Росією. Тут наявні пагорби, балки та яри, що формують досить пересічений рельєф. Висоти в цьому регіоні можуть досягати 200-300 метрів над рівнем моря, а окремі ділянки використовуються для сільськогосподарських потреб. Південний схід області більш рівнинний, належить до Придніпровської низовини, де рельєф менш виразний, з висотами, що не перевищують 100-150 метрів [26].

Гідрологічні особливості рельєфу значною мірою визначаються наявністю численних річкових систем. Головною річкою області є Сіверський Донець, долина якого формується на території південного сходу. Його притоки, такі як Оскіл, Уди та Мжа, створюють численні пониззя, що заповнюються водою в період паводків. Такі низовини особливо характерні для південно-східних і центральних районів області.

Загалом рельєф Харківської області можна охарактеризувати як перехідний від височин до рівнин, що відображає геологічну історію регіону і впливає на господарську діяльність, зокрема сільське господарство, видобуток корисних копалин та будівництво [26].

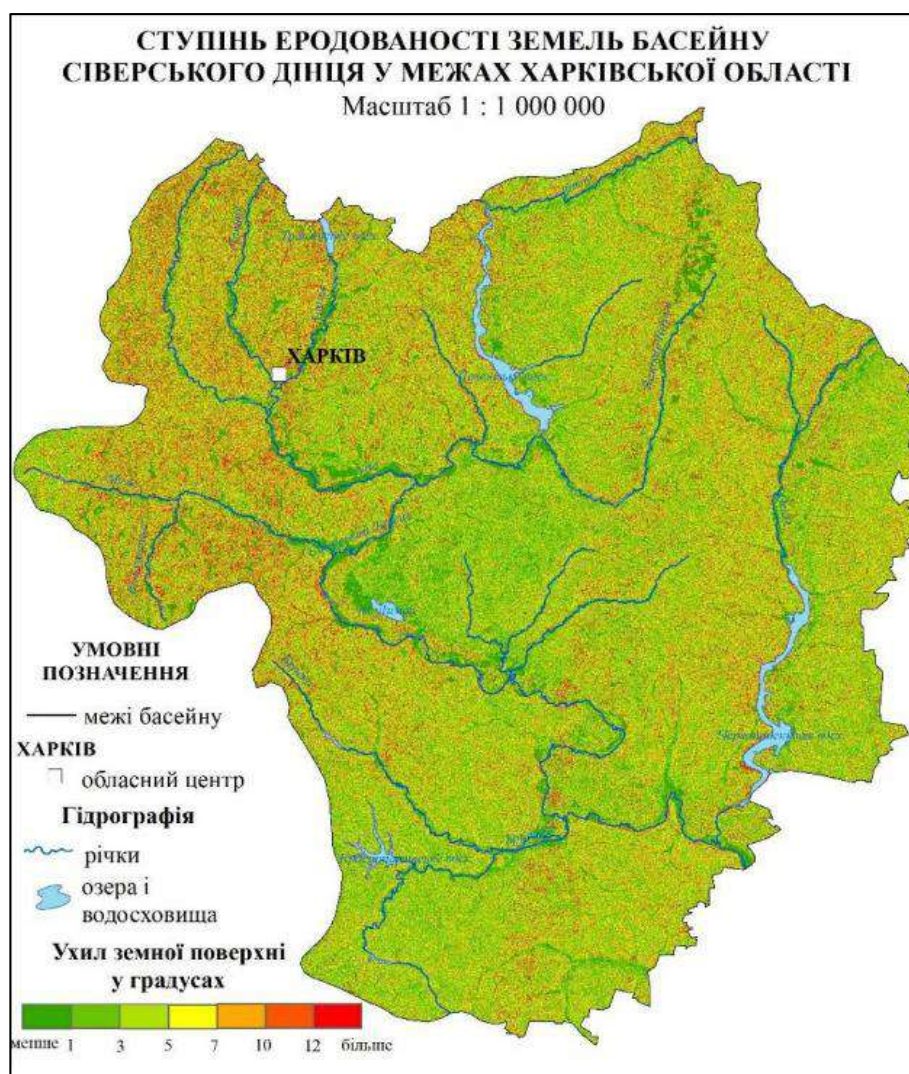


Рис. 2.2.1 - Ступінь еродованості земель басейну Сіверського Дінця у межах Харківської області [27]

Геологічна структура та рельєф території Дергачівської громади є важливими складовими її природного потенціалу, що впливає на особливості землекористування, природно-ресурсний потенціал і розвиток інфраструктури.

Громада розташована на Середньоруській височині, яка є частиною великої геологічної структури – Донецько-Дніпровської западини. Геологічна будова території складається переважно з осадових порід, які формувалися протягом різних геологічних епох. На глибині можна виявити вапняки, піски, глини, мергелі, які мають значення для будівельної галузі, зокрема для виробництва будівельних матеріалів, таких як цегла і цемент [27].

Дергачівська громада багата на корисні копалини, які залягають неглибоко. Пісок та глина використовуються у будівництві, що сприяє розвитку місцевої промисловості. Крім того, на території громади можуть бути потенційні поклади підземних вод, що мають значення для водопостачання та сільського господарства. Геологічна структура також впливає на якість ґрунтів, які здебільшого є родючими та придатними для сільськогосподарського використання.

Рельєф громади варіюється від рівнинних до слабо хвилястих форм. Переважно це рівнинна місцевість з помірними підвищеннями, що чергуються з балками і ярами, утвореними внаслідок водної ерозії. Такі форми рельєфу типові для лісостепової зони України, де знаходиться громада. Рівнинні ділянки є основними для сільськогосподарської діяльності, зокрема для вирощування зернових, овочевих і технічних культур. Хвилястий рельєф із пониженнями забезпечує природне дренажування ґрунтів, що зменшує ризик підтоплень [28].



Рис. 2.2.1 — Рельєф Дергачівської громади [28]

Важливою частиною рельєфу є річкові долини та водойми, які відіграють роль у водопостачанні та забезпеченні сільськогосподарських потреб. Наявність малих річок, озер і ставків створює умови для іригації, а також має потенціал для розвитку рибного господарства та рекреаційного туризму. Балки та яри на території громади є природними водозборами, які можуть бути використані для

формування ставків або створення лісосмуг, що сприятиме захисту ґрунтів від ерозії.

Височини, особливо в південній частині громади, утворюють унікальні ландшафтні комплекси, де можна розвивати екотуризм і відпочинкові зони. Також рельєфні особливості сприяють створенню природних парків і заповідників, що допоможе зберегти біорізноманіття регіону та зробить територію привабливою для туристів [28].

Отже, геологічна структура та рельєф Дергачівської громади надають їй великий природно-ресурсний потенціал. Родючі ґрунти, корисні копалини, водні ресурси та різноманітний рельєф створюють умови для розвитку аграрного сектору, будівництва, рекреаційної діяльності та екологічного туризму. Це забезпечує громаду перспективами для сталого розвитку та підвищення добробуту її мешканців.

2.3 Ґрунтовий покрив в межах об'єкту дослідження

Ґрунтовий покрив Харківської області є різноманітним та надзвичайно важливим для розвитку сільського господарства та економіки регіону. Основну частину ґрунтів, близько 60%, складають чорноземи, які є одними з найродючіших ґрунтів світу. Ці ґрунти багаті на гумус, мають високу водопроникність і утворюються здебільшого на рівнинних ділянках, що забезпечує їх виняткову придатність для вирощування різних культур, зокрема зернових, технічних культур, овочів та кормових трав. Висока родючість чорноземів дозволяє аграріям досягати стабільно високих врожаїв, що робить Харківську область важливим сільськогосподарським регіоном України.

У північній та північно-східній частинах області, де рельєф більш горбистий і має виражену ерозійну активність, поширені дерново-підзолисті ґрунти. Ці ґрунти менш родючі порівняно з чорноземами через їхній нижчий вміст органічних речовин та слабку структурність. Вони здатні підтримувати лісові культури та деякі сільськогосподарські рослини, проте для забезпечення

високої врожайності потребують додаткового внесення добрив і агротехнічних заходів для покращення їхньої структури та родючості [29].

У заплавних зонах річок області, зокрема Сіверського Дінця та його приток, розвиваються алювіальні ґрунти. Ці ґрунти утворюються в умовах регулярного зволоження через паводки та відклади річкового мулу. Вони мають середній рівень родючості, однак добре підходять для вирощування лугових культур та овочевих рослин, завдяки вологому середовищу та насиченості поживними речовинами. Оскільки алювіальні ґрунти зазнають впливу паводків, вони потребують регулярної меліорації та водорегуляційних заходів для покращення їхнього аграрного потенціалу.

На території області також трапляються сірі лісові ґрунти, що утворюються під змішаними лісами і перехідними зонами між степом та лісостепом. Вони поширені в західній і частково південній частині Харківської області. Ці ґрунти характеризуються помірним вмістом гумусу і родючості, що робить їх придатними для вирощування пшениці, соняшнику та інших культур. Однак для досягнення оптимальної продуктивності сірі лісові ґрунти також вимагають постійної агротехнічної обробки, зокрема вапнування та внесення органічних добрив для збагачення їх поживними речовинами [30].

Також значну роль у структурі ґрунтового покриву відіграють лучно-чорноземні ґрунти, які формуються в низинних районах, зокрема в заплавах річок. Вони мають високий вміст гумусу і є дуже родючими. Ці ґрунти активно використовуються для вирощування зернових та овочевих культур, оскільки їхня природна здатність утримувати вологу і поживні речовини сприяє добрим врожаям.

Окремо варто згадати солонці та солончаки, які трапляються на територіях з підвищеним рівнем солей у ґрунті, що зазвичай виникає поблизу водойм або на ділянках з високим рівнем ґрунтових вод. Ці ґрунти менш придатні для сільськогосподарського використання через їхню низьку родючість, однак вони можуть бути покращені шляхом спеціальних агротехнічних і меліоративних заходів, таких як осушування та внесення добрив [31].

Ґрунтовий покрив Дергачівської громади є багатим і різноманітним, що забезпечує умови для інтенсивного сільського господарства, особливо для вирощування зернових, овочевих культур та промислових рослин.

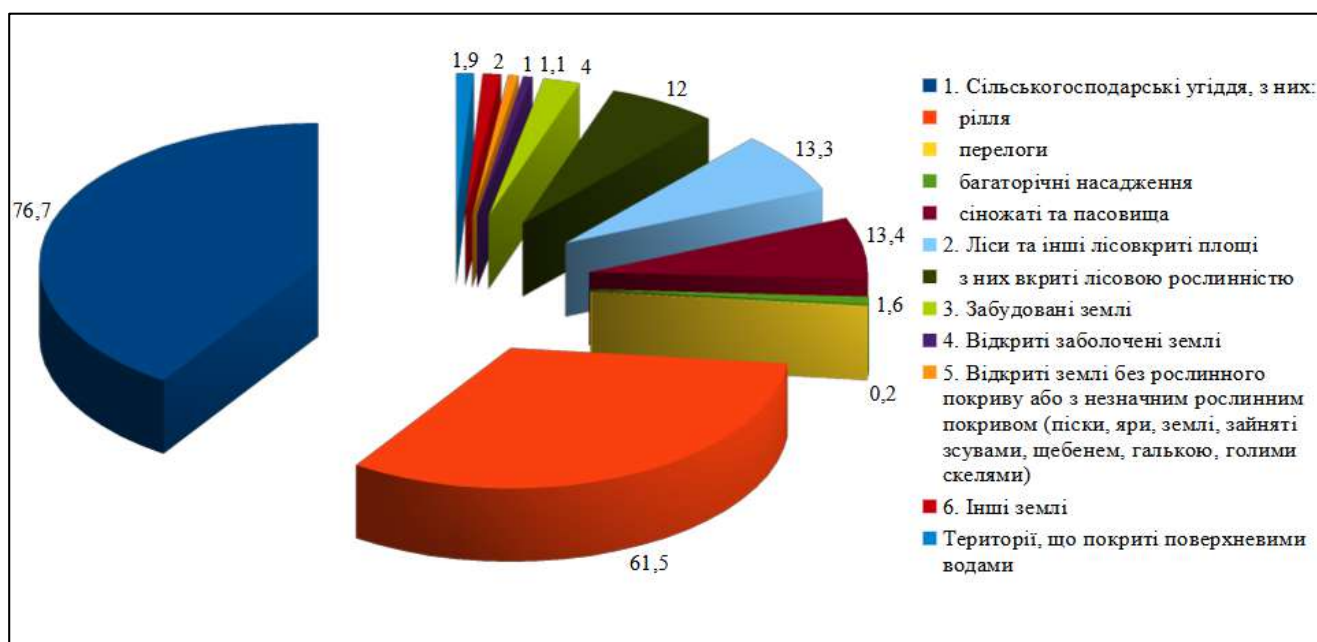
2.4. Земельні ресурси Дергачівської громади

Земельні ресурси Харківської області є важливим елементом її економічного та соціального розвитку. Область займає значну площу в межах Східної України і характеризується різноманітністю ґрунтів та ландшафтів, що впливають на сільськогосподарську діяльність, урбанізацію та природні екосистеми.

Основну частину земельних ресурсів Харківської області становлять сільськогосподарські угіддя, з яких значна частина зайнята орними землями. Родючі чорноземи, які поширені на більшості території області, дозволяють вирощувати зернові, технічні та овочеві культури. Однак, незважаючи на високу родючість, земельний фонд області піддається значним викликам, таким як ерозія, виснаження ґрунтів через інтенсивне використання та потреба в покращенні агротехнічних методів.

Також значну частину земельних ресурсів становлять ліси, що займають приблизно 12% території області. Лісові землі мають важливе екологічне значення, оскільки вони допомагають захищати ґрунти від ерозії, регулювати клімат та забезпечують життєво важливе середовище для дикої природи. Однак, через урбанізацію та господарську діяльність, лісові ресурси також потребують збереження та відновлення.

Землі, зайняті під водоймами, зокрема річками, озерами та водосховищами, також відіграють важливу роль у структурі земельних ресурсів області. Водні об'єкти використовуються для сільського господарства, промисловості та забезпечення населення питною водою, а також виконують рекреаційні функції.



Діаграма 2.4.1 - Структура земельного фонду Харківської області (2021 рік, до повномасштабного вторгнення) [26]

Важливим аспектом управління земельними ресурсами Харківської області є проведення земельної реформи та впровадження сучасних методів обробки ґрунтів. Збереження родючості ґрунтів, боротьба з ерозією та впровадження стійких агротехнічних практик є важливими завданнями для збереження продуктивності земельного фонду області.

Земельні ресурси Дергачівської громади є одним із основних природних багатств, яке формує економічну базу регіону. Громада розташована в Лісостеповій зоні Східної України, де ґрунтовий покрив має високу родючість, особливо завдяки широкому поширенню чорноземів. Чорноземні ґрунти, які займають значну частину земель громади, є одним із найцінніших видів ґрунтів у світі завдяки їхньому високому вмісту гумусу та здатності забезпечувати високу врожайність. Це створює умови для розвитку інтенсивного сільського господарства [32].

Значна частина земель Дергачівської громади використовується як орні землі. Це родючі ділянки, на яких вирощують основні сільськогосподарські культури, такі як пшениця, ячмінь, кукурудза, соняшник та інші технічні культури. Ці культури забезпечують не тільки місцеві потреби, але й важливі для експортної економіки України. Розвиток аграрного сектору є ключовим для громади, оскільки сільське господарство створює робочі місця та сприяє економічній стабільності.

Окрім орних земель, в межах громади є значні площі луків та пасовищ, які використовуються для випасу худоби. Тваринництво, особливо молочне і м'ясне, є важливим доповненням до рослинництва. Луки та пасовища є особливо цінними для невеликих фермерських господарств, що займаються вирощуванням тварин. Розвиток цієї галузі сприяє диверсифікації економіки громади та підвищенню її стійкості до коливань ринку сільськогосподарських культур.

Значні території громади займають лісові масиви. Ліси виконують важливу екологічну функцію, зокрема захищають ґрунти від ерозії, підтримують водний баланс і створюють сприятливе середовище для біорізноманіття. Лісові ресурси також є важливими для місцевих жителів, оскільки забезпечують можливості для заготівлі деревини, дров та інших природних ресурсів. Ліси також відіграють ключову роль у збереженні екосистем та є важливим елементом для розвитку рекреаційних зон, що сприяє туризму [32].

Однак, частина земельних ресурсів громади потребує спеціальних заходів для їхньої підтримки та відновлення. Зокрема, на окремих ділянках

зустрічаються солонцюваті ґрунти, що мають підвищену концентрацію солей і обмежену придатність для сільського господарства. Такі ґрунти вимагають меліорації, зокрема осушення, внесення органічних добрив та інших заходів для покращення їхньої структури та родючості.

Ще однією проблемою земель громади є ризики деградації через ерозію та виснаження ґрунтів внаслідок інтенсивного використання. Тому важливим завданням є впровадження сучасних методів агротехніки, таких як сівозміна, мінімізація обробки ґрунту та застосування органічних добрив, що дозволяє зберегти родючість ґрунтів на тривалий термін. Різні програми екологічного управління землею можуть сприяти захисту земельних ресурсів та підтримці їхньої екологічної стійкості.

Таким чином, земельні ресурси Дергачівської громади є надзвичайно цінними та багатофункціональними. Вони забезпечують економічну основу громади через сільськогосподарське виробництво, лісові ресурси та тваринництво, одночасно виконуючи важливі екологічні функції. Однак, ці ресурси потребують відповідального управління, впровадження новітніх агротехнологій і заходів для відновлення земель, що дасть можливість забезпечити їхню продуктивність і збереження на майбутнє.

Вплив військових дій на земельні ресурси Дергачівської громади

Територія Дергачівської територіальної громади простягається від північних околиць Харкова до російського кордону. Найбільш наближені до ворога села і селища громади, наприклад Козача Лопань, близько пів року були окуповані — загарбники закріпилися там уже в перші дні повномасштабного вторгнення. Звільнення Дергачівської громади розпочалося в лютому 2022 року після того, як російські війська швидко окупували населені пункти поблизу російського кордону, зокрема Козачу Лопань. Місто Дергачі, хоч і зазнавало постійних обстрілів, залишилося під контролем України. У квітні 2022 року українські сили розпочали контрнаступ, звільнивши села Прудянка, Безруки та Слатине (рис. 2.5.1). Протягом літа бої продовжувалися, і до серпня ЗСУ витіснили російські війська з більшої частини громади. У вересні 2022 року українські війська завершили звільнення, досягнувши державного кордону на півночі громади, відновивши повний контроль над територією [33].



Рис. 2.5.1 - Контроль територій і тимчасова окупація земель Дергачівської громади станом на 24 квітня 2022 року [34]

Внаслідок повномасштабного російського вторгнення територія Дергачівської громади зазнала серйозних руйнувань, що суттєво вплинули на земельні ресурси.

До основних проблем та викликів належить фізичне знищення сільськогосподарських земель: обстріли та бойові дії призвели до пошкодження значної частини орних земель. Це стало наслідком використання важкої артилерії та авіаційних ударів, що не тільки руйнували інфраструктуру, але й фізично знищували родючий шар ґрунту, поширювали уламки та залишки боєприпасів на полях (рис. 2.5.2). Велика частина цих земель стала непридатною для обробітку без попереднього очищення. Раніше сільськогосподарська діяльність була важливою для економіки Дергачівської громади, проте з початку війни більшість угідь не використовуються. Обстріли та військова техніка призвели до знищення посівів, втрат сільськогосподарської техніки та неможливості проведення сезонних робіт. Також у багатьох випадках польові роботи були припинені через обстріли або міни [35].



Рис. 2.5.2 - Супутникові знімки пошкоджених вибухами земель у різних регіонах України (2022–2023 роки) [36]

Забруднення ґрунтів боєприпасами є серйозною екологічною проблемою для земель, що зазнали впливу військових дій. На полях залишилися значні обсяги небезпечних боєприпасів, зокрема нерозірвані снаряди, уламки від вибухів та залишки військової техніки. Ці забруднення роблять землі

непридатними та небезпечними для сільськогосподарського використання, що вимагає проведення масштабного розмінування перед поверненням цих територій до сільськогосподарського обороту. Окрім небезпеки вибухів, наявність хімічних сполук, що залишилися внаслідок детонації боєприпасів, призводить до погіршення якості ґрунтів. Токсичні залишки, зокрема свинець, ртуть, кадмій та інші важкі метали, потрапляють у ґрунт і створюють загрозу для здоров'я людей, флори і фауни. Крім того, залишки палива та мастильних матеріалів з військової техніки можуть мігрувати у водоносні горизонти, отруюючи джерела питної води, що становить серйозну небезпеку для здоров'я населення, яке проживає поблизу таких забруднених зон. Це потребує не лише механічного очищення, але й довготривалих заходів з екологічної реабілітації ґрунтів та водних ресурсів [37].

Ерозія ґрунтів та деградація екосистем є ще однією серйозною загрозою для постраждалих регіонів. Руїнування сільськогосподарської інфраструктури, зокрема систем іригації та дренажу, призвело до порушення природного балансу, який захищав ґрунти від ерозії. Знищення рослинного покриву через вибухи, обстріли та пожежі робить ґрунти вразливими до вітрової та водної ерозії. Відсутність належного догляду та захисних заходів на цих територіях лише посилює деградацію ґрунтів: вони швидко втрачають родючість, стають сухішими та менш придатними для сільськогосподарського використання. Лісові масиви, що слугували природним бар'єром від ерозії, також постраждали від обстрілів і пожеж (рис. 2.5.3). Знищення дерев і чагарників призвело до порушення місцевих екосистем, що спричинило втрату біорізноманіття та порушення харчових ланцюгів. Втрата лісових насаджень і деградація природних середовищ впливають не тільки на флору та фауну, а й на місцевий клімат, водний баланс та загальну екологічну стійкість регіону [38].

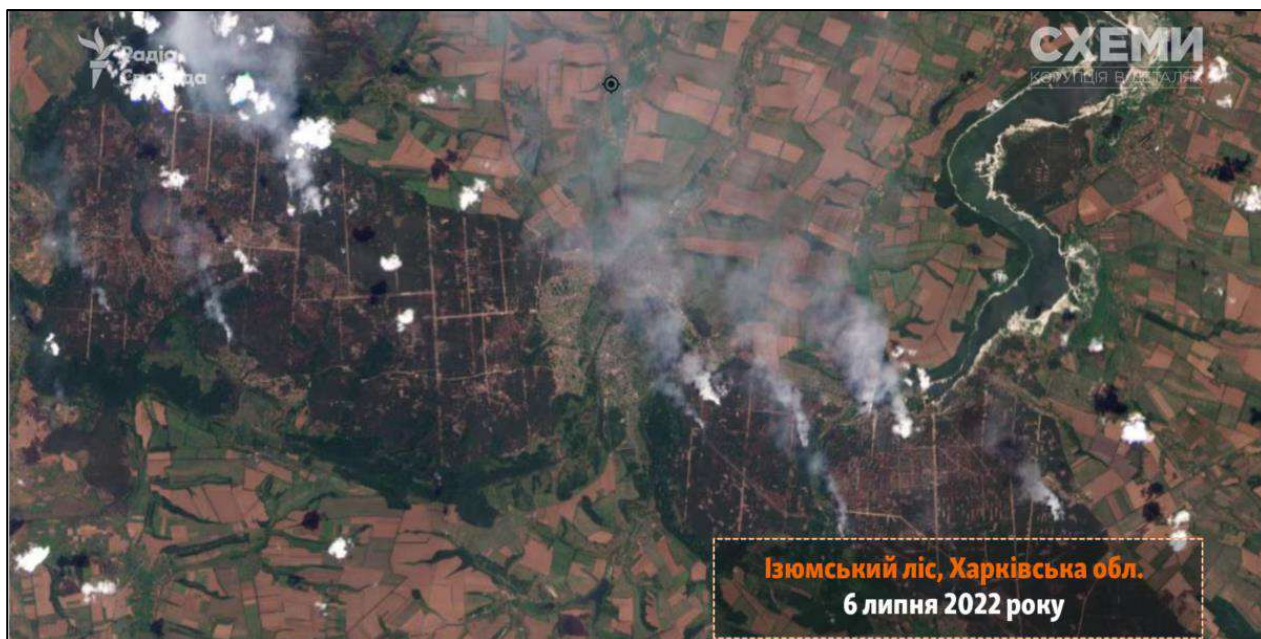


Рис. 2.5.3 — Супутниковий знімок із наслідками пошкодження лісових масивів внаслідок військових дій на прикладі території Ізюмського лісу [36]

Замінування територій є величезною проблемою. Багато земель на лінії зіткнення, особливо в зоні бойових дій, були заміновані. Це стосується як сільськогосподарських угідь, так і лісових та природоохоронних територій. За оцінками, для повного розмінування громади можуть знадобитися роки. Ці роботи є критично необхідними для безпечного повернення до використання земель.

Фортифікаційні споруди, зведені на території Дергачівської громади Харківської області, суттєво впливають на земельні ресурси регіону. По-перше, вони призвели до значної зміни ландшафту, оскільки окопи, траншеї та інші інженерні конструкції порушують природну структуру ґрунту. Це викликає ерозію і деградацію родючих земель, які раніше активно використовувалися для сільського господарства. Значні площі, що раніше використовувалися для вирощування культур, тепер вилучені з обігу через наявність фортифікацій і військової техніки.

Крім того, будівельні матеріали, такі як бетон і метали, а також залишки боєприпасів і паливно-мастильні матеріали забруднюють ґрунти та підземні води, погіршуючи якість навколишнього середовища. Це може негативно

вплинути на довготривале відновлення земель після завершення військових дій. Різноманіття місцевих екосистем також постраждало, адже зведення споруд призвело до знищення природних середовищ існування багатьох видів рослин і тварин [37].

Окрім вищезазначеного, фортифікаційні споруди на території Дергачівської громади спричиняють додаткові проблеми з відновленням інфраструктури (рис. 2.5.4). Дороги та комунікації, пошкоджені або заблоковані внаслідок будівництва військових укріплень, ускладнюють логістику та доступ до важливих об'єктів.



Рис. 2.5.4— Пошкодження ґрунтового покриву внаслідок будівництва фортифікацій та використання військової техніки на прикладі с.Бараниківка [36]

Знищення та забруднення водойм в результаті військових дій постраждали не тільки земельні угіддя, але й водні ресурси. Обстріли, вибухи та потрапляння шкідливих речовин у водойми негативно вплинули на якість води та сприяли руйнуванню екосистем. Зруйновані дамби та водоочисні споруди ускладнюють доступ до чистої води як для сільського господарства, так і для побутових потреб.

Економічна активність через руйнування інфраструктури та постійну небезпеку обстрілів призупинили свою діяльність. Зокрема підприємства, які раніше займалися обробіткою землі та виробництвом продуктів. Це призвело до зупинки надходжень до бюджету громади, що ускладнює відновлення господарства після війни. Усі підприємства, пов'язані з землеобробкою, припинили свою діяльність через обстріли або окупацію. Це суттєво вплинуло на бюджет громади, оскільки до війни аграрний сектор був одним із основних джерел доходів.

Військові дії викликали масштабну екологічну кризу. Окрім ерозії та забруднення ґрунтів, зруйновані водойми та лісові масиви, які виконували роль природних бар'єрів і стабілізаторів екосистеми. Відновлення цих ресурсів є критично важливим для екологічної стабільності громади та для повернення її жителів до нормального життя.

Відновлення земельних ресурсів після закінчення війни вимагатиме значного часу та ресурсів. Необхідно провести роботи з розмінування територій, відновлення інфраструктури та систем іригації, а також очистити ґрунти від хімічних забруднень [38].

Загалом, земельні ресурси Дергачівської громади опинилися в критичному стані, і для їх відновлення потрібні значні зусилля, включаючи розмінування, відновлення інфраструктури та екологічну реабілітацію.

РОЗДІЛ III Візуалізація змін земельних ресурсів під впливом воєнних дій засобами картографічного моделювання

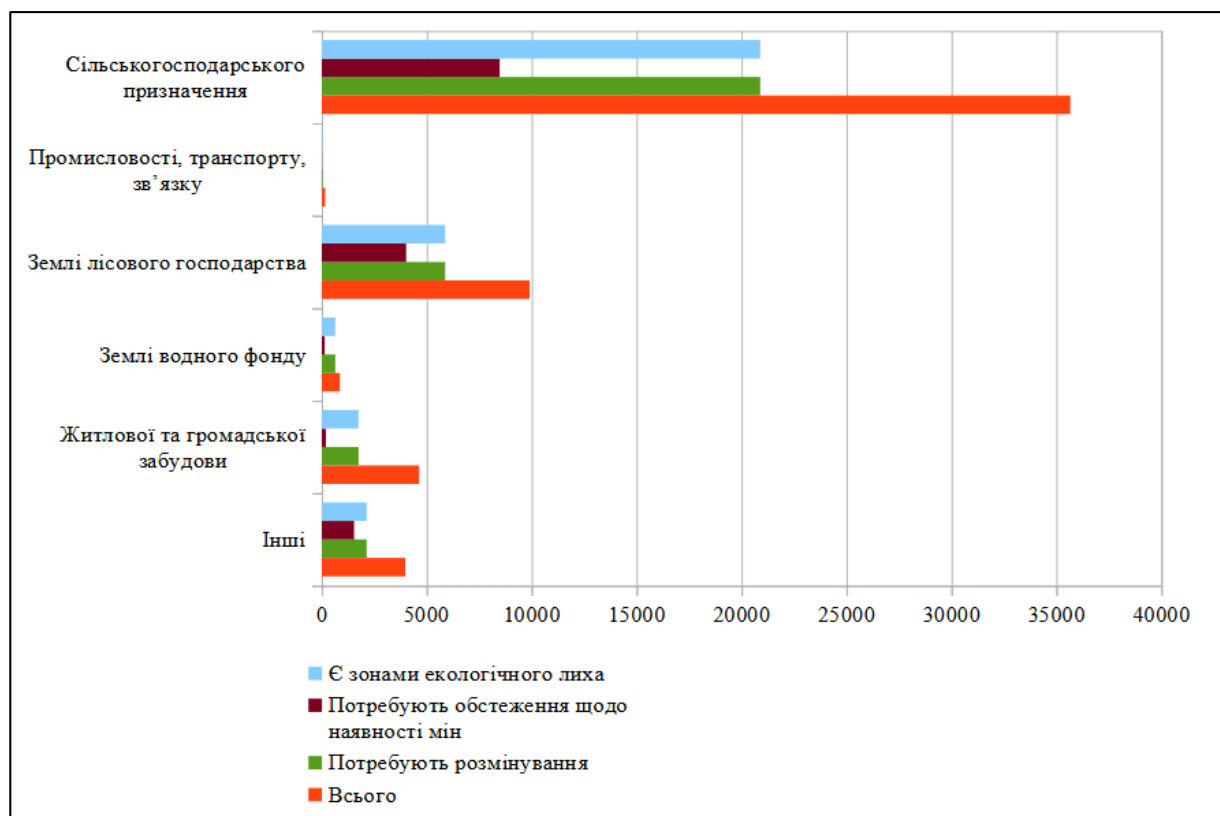
3.1. Картографічні методи оцінки змін земельних ресурсів в межах Харківської області в наслідок воєнних дій

Згідно з наведеними даними, Дергачівська громада Харківської області зазнала значних пошкоджень унаслідок бойових дій, що спричинило складнощі у використанні земельних ресурсів та інфраструктури. Громада потребує масштабного розмінування та проведення екологічного моніторингу, що є необхідною умовою для відновлення нормальної життєдіяльності.

Серед земельних угідь найбільшу частку займають сільськогосподарські землі — 35 663 га, із яких 20 890 га перебувають у зоні ризику та потребують розмінування. Ці території є стратегічно важливими для аграрної економіки громади. Затримка у відновленні та обробітку цих земель безпосередньо впливатиме на продовольчу безпеку регіону та загальний економічний стан. У результаті бойових дій підвищуються ризики знищення врожаїв, пошкодження ґрунтів та забруднення території вибухонебезпечними речовинами.

Землі лісового господарства площею 9 898 га також постраждали — 5 879 га з них потребують обстеження на предмет залишків боєприпасів та інших небезпечних об'єктів. Ліси виконують не лише економічну функцію, але й є важливим компонентом екосистеми, впливаючи на кліматичний баланс, водний режим і якість повітря. Їх розмінування та екологічна оцінка є критично важливими для збереження природного середовища та мінімізації наслідків забруднень [39].

Інфраструктура громади також зазнала суттєвих руйнувань. Дороги місцевого значення протяжністю 324 км постраждали частково — пошкоджено 160 км доріг, що ускладнює транспортне сполучення як усередині громади, так і з іншими регіонами. Це має прямий вплив на логістику та доступ до об'єктів критичної інфраструктури. Ремонт доріг є першочерговим завданням для відновлення економічної діяльності та забезпечення доступу до пошкоджених об'єктів.



Діаграма 3.1.1 - Структура земельного фонду Дергачівської громади з урахуванням екологічних ризиків і необхідності розмінування [39]

Окрему увагу слід приділити екологічним ризикам. Землі водного фонду та лісові угіддя, окрім забруднень вибухонебезпечними предметами, можуть зазнавати впливу важких металів або хімічних речовин, що використовувалися під час бойових дій. Землі водного фонду (643 га з 860 га) також опинилися в зоні ризику, що може призвести до забруднення водойм та порушення водних екосистем.

Площа забруднених земель громади становить 2 137 га. Ці території потребують термінового обстеження та розмінування, оскільки бойові дії могли залишити на них нерозірвані снаряди та міни, що несе загрозу життю мешканців і обмежує будь-яку економічну діяльність [39].

Зображення нижче показує територію з ознаками інтенсивного артилерійського обстрілу, що помітно за численними кратерами від вибухів на полях. Ймовірно, це один із прикладів забруднених земель, які були уражені під час бойових дій. На знімку видно перехрестя доріг, оточене полями з нерівностями та слідами пошкоджень, що може свідчити про можливу наявність

нерозірваних боєприпасів або мін. Такі зони є небезпечними для мешканців і становлять серйозну загрозу для життя, перешкоджаючи відновленню сільськогосподарської діяльності та іншої економічної активності. Зважаючи на це, територія потребує обстеження та розмінування для забезпечення безпеки й відновлення громади.



Рис. 3.2.1 — Пошкодження земельних ресурсів Дергачівської громади внаслідок бойових дій

На рисунку 3.2.2 показано систему окопів та траншей, розташованих на сільськогосподарських угіддях. Видно декілька паралельних ліній окопів, які розміщені вздовж кордону двох полів із різним покритвом — зеленого та коричневого кольорів, що свідчить про різні стадії обробки ґрунту або типи культур. Траншеї вказують на те, що ці землі використовувалися як оборонні позиції під час бойових дій. Такі укріплення суттєво впливають на стан земельних ресурсів: вони руйнують структуру ґрунту, порушують родючий шар і можуть бути забруднені вибухонебезпечними предметами. Ці ділянки потребують розмінування та відновлення перед поверненням до сільськогосподарського використання.



Рис. 3.2.2 — Пошкодження земельних ресурсів Дергачівської громади системою окопів та оборонних позицій

Одним із важливих методів для моніторингу таких змін є використання даних NASA FIRMS (Fire Information for Resource Management System), що забезпечує супутниковий моніторинг вогневих активностей у реальному часі. NASA FIRMS використовує дані з модулів MODIS і VIIRS, які дозволяють виявляти місця пожеж, вибухів та інших теплових аномалій на великих територіях, що робить його цінним інструментом для дослідження впливу бойових дій на земельні ресурси.



Рис. 3.2.3 - Виявлення пожеж на території Дергачівської громади за допомогою NASA FIRMS

На рис. 3.2.1 показані три супутникові знімки однієї й тієї ж території Дергачівської громади в різні періоди:

- перший знімок (ESRI | World Imagery, 10.10.2021) – відображає стан місцевості до початку активних воєнних дій. Видно, що територія є стабільною, без ознак пожеж чи знищення. Земельні ресурси не зазнали значних змін;

- другий знімок (ESRI | World Imagery, 20.05.2022) – зображає територію під час активних бойових дій. На знімку виділені червоні прямокутники, які вказують на ділянки зруйнованих або пошкоджених лісових і сільськогосподарських угідь, ймовірно внаслідок обстрілів або пожеж. Зміни на території чітко відображають наслідки воєнних дій, зокрема руйнування земельних ресурсів і пошкодження природного середовища;

- третій знімок (NASA FIRMS, 01.04.2024 – 02.04.2024) – демонструє застосування даних NASA FIRMS для моніторингу теплових аномалій на території. Червоні квадрати показують активні вогнища тепла, які зафіксовані у квітні 2024 року. Ці аномалії можуть свідчити про нові вибухи, обстріли або пожежі, що знову впливають на територію. Інформація з NASA FIRMS є корисною для швидкої оцінки поточного стану земельних ресурсів та визначення територій, які зазнали значного впливу від воєнних дій.

Використання даних NASA FIRMS у поєднанні з іншими супутниковими знімками (як надані ESRI) дозволяє отримати комплексну картину змін у земельних ресурсах. Цей підхід допомагає виявляти основні зони впливу бойових дій на територію Харківської області, а також оцінювати масштаби та характер пошкоджень. Додатково, такі дані є корисними для планування подальших заходів з відновлення земельних ресурсів після завершення бойових дій.

3.2 Напрямки покращення оцінки змін земельних ресурсів в Україні за допомогою геоінформаційного забезпечення

3.2.1 Розширення можливостей державного моніторингу земель за допомогою ГІС і дистанційного зондування

Сучасні методи державного регулювання земельних ресурсів із застосуванням ГІС-технологій набувають все більшої значущості через підвищення вимог до ефективності управління земельними ресурсами. Геоінформаційні системи (ГІС) забезпечують комплексний підхід до збору, аналізу та візуалізації просторових даних, що дозволяє створювати інтегровані рішення для управління земельними ресурсами. Завдяки цим технологіям можливо значно підвищити точність і ефективність державного регулювання, забезпечуючи прозорість і оптимізацію процесів прийняття рішень.

Однією з ключових переваг інноваційного використання ГІС є здатність інтегрувати різні типи даних, такі як кадастрова інформація, екологічні показники, дані про землекористування та інфраструктуру. Це дозволяє створювати багатошарові карти та аналізувати взаємозв'язки між різними аспектами використання земель, що сприяє глибшому розумінню стану земельних ресурсів і прийняттю обґрунтованих управлінських рішень [42].

Важливий компонент інноваційного підходу – використання ГІС для моніторингу стану земель. Оперативний збір і обробка даних дозволяє державним органам своєчасно виявляти й реагувати на зміни в землекористуванні, включаючи незаконні дії або екологічні загрози. Це сприяє посиленню контролю за дотриманням земельного законодавства та забезпеченню екологічної безпеки.

Таблиця 3.2.1.1

Інноваційні підходи до державного регулювання земельних ресурсів на
основі ГІС-технологій [42]

Підхід	Опис	Специфіка
Інтеграція даних	Інтеграція різних типів даних для створення багат шарових карт та аналізу землекористування.	Створення інтегрованих рішень для управління земельними ресурсами.
Моніторинг стану земель	Оперативний збір та обробка даних для своєчасного реагування на зміни у землекористуванні.	Підвищення ефективності контролю за дотриманням законодавства.
Використання ДЗЗ	Отримання високоточної інформації з супутників для моніторингу великих територій.	Забезпечення детального моніторингу стану земельних угідь і землекористування.
Системи підтримки прийняття рішень	Моделювання сценаріїв використання земель, прогнозування наслідків рішень.	Оптимізація планування землекористування.
Прозорість та громадський контроль	Надання громадськості доступу до геоінформаційних даних для прозорості та контролю дій влади у сфері землекористування.	Сприяння громадському контролю та підвищення довіри до рішень у сфері управління земельними ресурсами.
Координація між різними рівнями управління	Інтеграція даних для узгодження дій між різними рівнями управління.	Ефективне планування земельного управління шляхом уникнення дублювання дій органів влади.
Аналіз соціально-економічних аспектів	Оцінка впливу використання земель на економічний розвиток регіонів.	Розробка ефективної стратегії для підвищення ефективності землекористування.

Покращення геоінформаційного забезпечення оцінки змін земельних ресурсів в Україні є важливим завданням для ефективного управління земельними ресурсами, охорони навколишнього середовища та сталого розвитку. Для досягнення цього необхідно розширювати використання супутникових технологій. Завдяки супутниковим знімкам та даним, таким як Landsat та Sentinel, можна здійснювати моніторинг земельних ресурсів на великих територіях, визначати зміни в землекористуванні, аналізувати покриття землі та проводити довгострокові спостереження.

Інтеграція геоінформаційних систем (ГІС) є важливою складовою для створення карт і баз даних, що дозволяють здійснювати аналіз змін земельних ресурсів. Це вимагає вдосконалення програмного забезпечення ГІС та стандартизації даних для точного і своєчасного оновлення інформації.

Використання технологій дистанційного зондування допомагає отримувати дані про стан земель без безпосереднього контакту з ними. Це дозволяє створювати карти, на яких відображаються зміни в аграрних ландшафтах, зокрема зміни в землекористуванні, деградації земель або забруднення ґрунтів. Важливим кроком є розвиток систем моніторингу використання земель, що об'єднують різні джерела даних — супутникові знімки, спостереження в полях і статистичні показники — для більш детального аналізу та раннього виявлення проблем [42].

Автоматизація процесів збору та аналізу даних за допомогою алгоритмів машинного навчання та штучного інтелекту дозволяє швидше обробляти великі обсяги даних, що дає змогу оперативно реагувати на зміни та прогнозувати подальший розвиток ситуації. Вдосконалення національної інфраструктури даних, створення єдиних платформ для зберігання та обміну інформацією про земельні ресурси також сприяє інтеграції даних з різних рівнів управління.

3.2.2 Використання LiDAR для моніторингу пошкоджень земельних ресурсів і відновлення територій після військових дій

Однією з передових технологій для моніторингу земельних ресурсів є). Лідар дозволяє проводити високо деталізовані вимірювання висоти землі та інших елементів ландшафту. За допомогою лазерних імпульсів, які відбиваються від поверхні Землі, лідар дозволяє отримати точні 3D-моделі території, що дозволяє оцінювати зміни ландшафтів, визначати ерозію ґрунтів, а також точніше планувати землекористування та моніторити лісові масиви чи інші природні об'єкти.

Ця технологія має великий потенціал для оцінки пошкоджень земельних ресурсів внаслідок військових дій, оскільки вона дозволяє створювати

високоточні тривимірні моделі рельєфу. Використовуючи LiDAR, можна детально зафіксувати зміни поверхні землі, виявити вирви, окопи, фортифікаційні споруди та інші пошкодження (рис. 3.2.2.1). Порівняння LiDAR-даних, отриманих до і після бойових дій, дозволяє точно оцінити масштаби руйнувань та проаналізувати вплив на місцевий ландшафт [43].

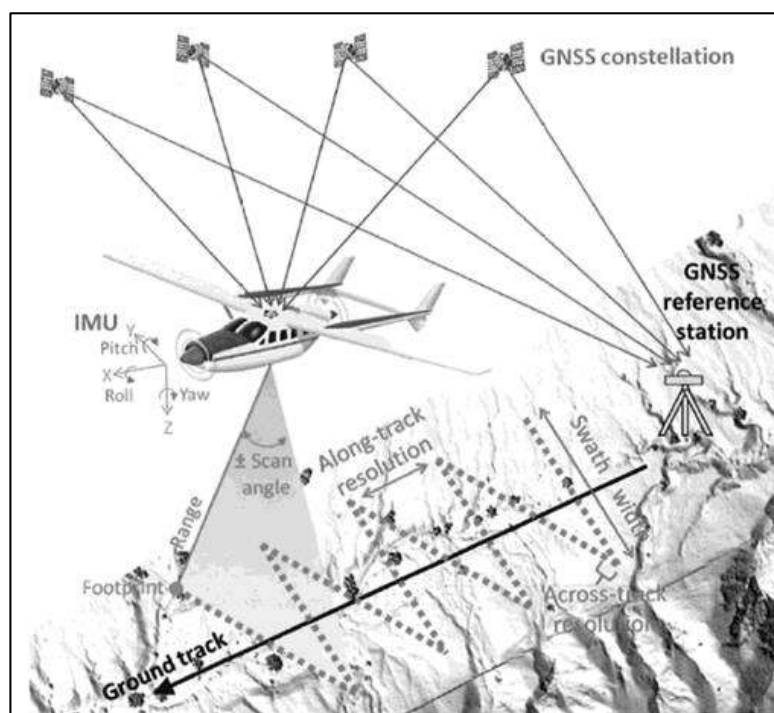


Рис. 3.2.2.1 — Принцип роботи технології LiDAR [43]

Для оцінки пошкодження земельних ресурсів на території, яка зазнала негативного впливу військових дій, LiDAR може забезпечити детальні та точні дані, необхідні для прийняття ефективних рішень з відновлення території. Ця технологія дозволяє за допомогою лазерних імпульсів створювати тривимірні зображення поверхні землі з високою роздільною здатністю, що ідеально підходить для визначення місць пошкоджень на ландшафті та об'єктів, які не завжди можна побачити звичайними методами аерофотозйомки (рис. 3.2.2.2).

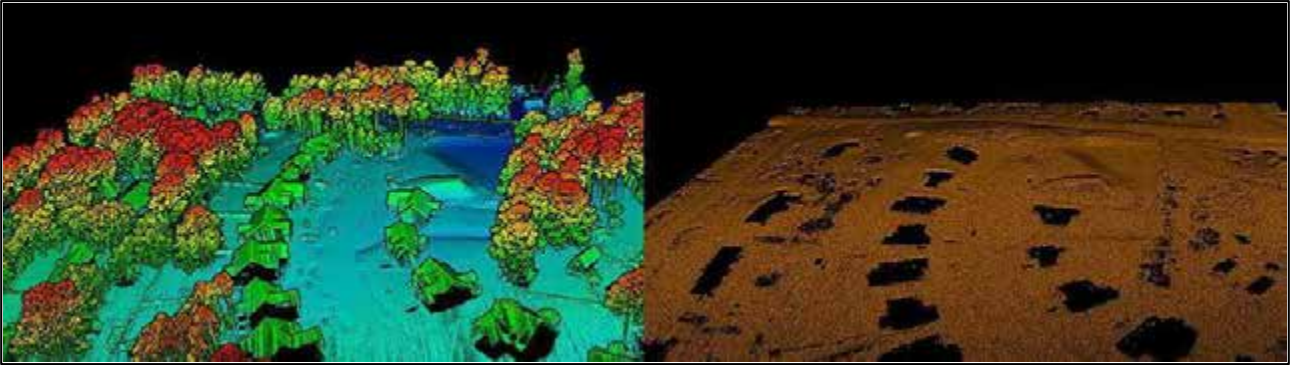


Рис. 3.2.2.2 - Рівні чіткості від сканування LiDAR. Деревя та будинки зліва, модель голої Землі справа [43]

Для оцінки пошкоджень LiDAR використовує лазерні імпульси, які сканують поверхню Землі, відбиваються від об'єктів і повертаються до пристрою (рис. 3.2.2.3). Цей процес дає змогу отримати точні дані про висоту кожного об'єкта на поверхні. У контексті територій, де наслідки бойових дій могли призвести до утворення вирв, траншей, окопів та інших руйнувань, LiDAR може надати багато можливостей.



Рис. 3.2.2.3 — Карта рельєфу, створена за допомогою сканування LiDAR [44]

Детальне картографування рельєфу та місць пошкоджень. LiDAR-дані дозволяють створити цифрові моделі рельєфу (Digital Elevation Models, DEM), які точно відображають навіть найдрібніші зміни на поверхні (рис. 3.2.2.4 та 3.2.2.5). Це означає, що вирви, залишені від вибухів, траншеї та інші

пошкодження можна виявити і виміряти, визначивши їхні розміри, форму та глибину.

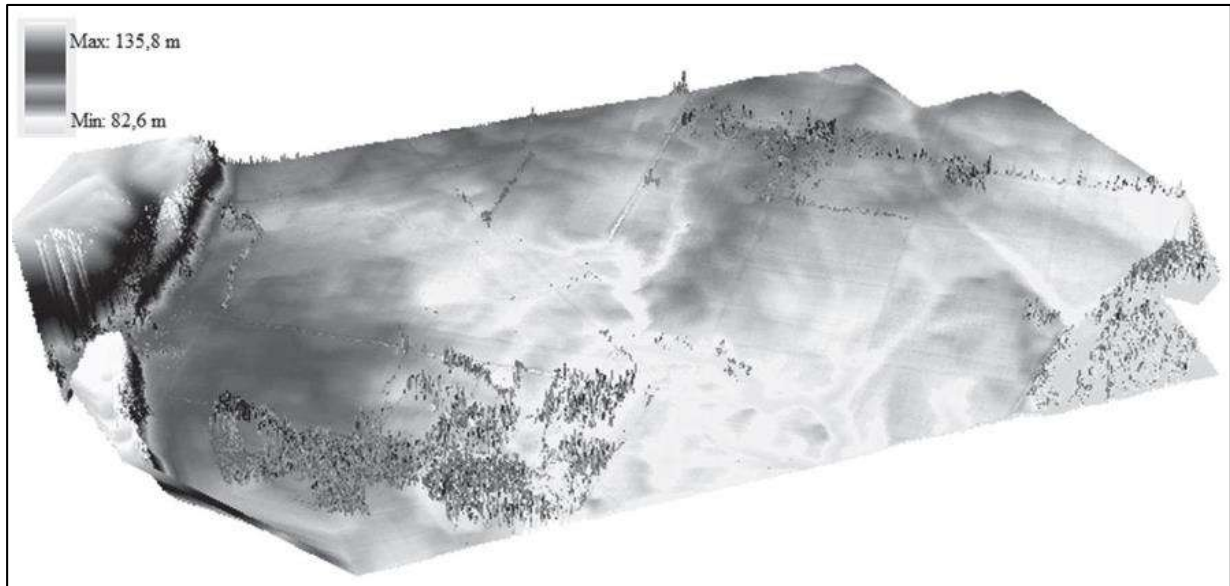


Рис. 3.2.2.4 - Цифрова модель поверхні (ЦМП) за даними LiDAR [44]

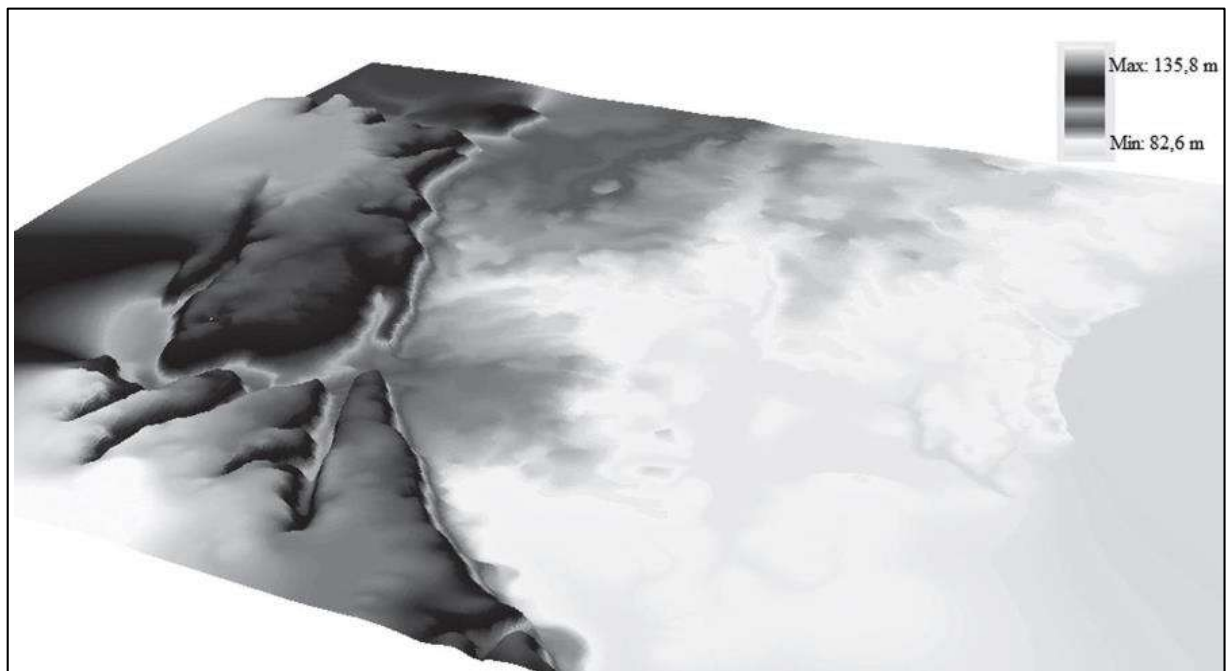


Рис. 3.2.2.5- Цифрова модель поверхні (ЦМП) за даними LiDAR [44]

Порівняння даних для виявлення змін. LiDAR можна використовувати для збору даних до і після військових дій. Порівняння таких даних дозволить побачити конкретні зміни рельєфу й визначити території, які зазнали найбільшого впливу. Це допоможе скласти комплексну карту руйнувань і точніше оцінити обсяги пошкоджень на кожній ділянці. Оцінка ерозійних ризиків та зміни

водовідведення. Унаслідок вирв і пошкоджень змінюється рельєф, що може вплинути на природні шляхи стоку води. Такі зміни можуть сприяти ерозії ґрунтів або затопленню окремих зон, що потребує коригування дренажної системи та проведення заходів для стабілізації ґрунтів. Ідентифікація фортифікаційних споруд і небезпечних зон. Завдяки високій роздільній здатності LiDAR, можливо виявляти не лише руйнування, але й фортифікаційні споруди, такі як окопи, бліндажі або тимчасові захисні об'єкти. Це важливо для картографування небезпечних зон та оцінки їхнього впливу на довкілля та територіальне планування.

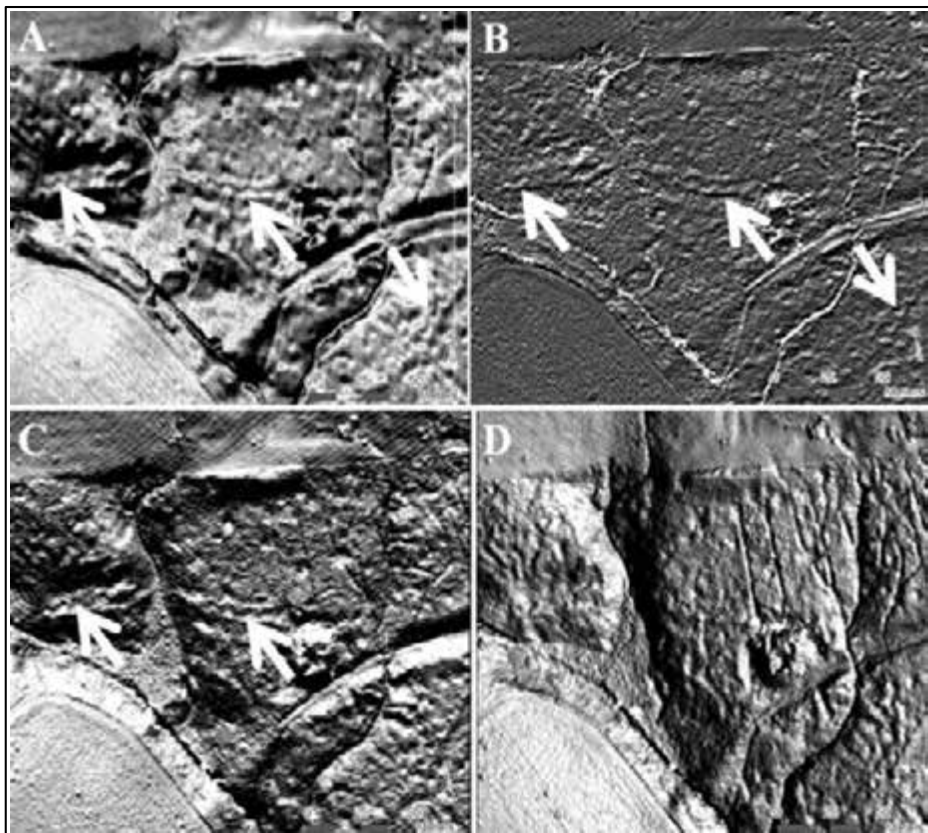


Рис. 3.2.2.6 - Ідентифікація фортифікацій за даними LiDAR за допомогою різних фільтрів (A, D, C, D) [44]

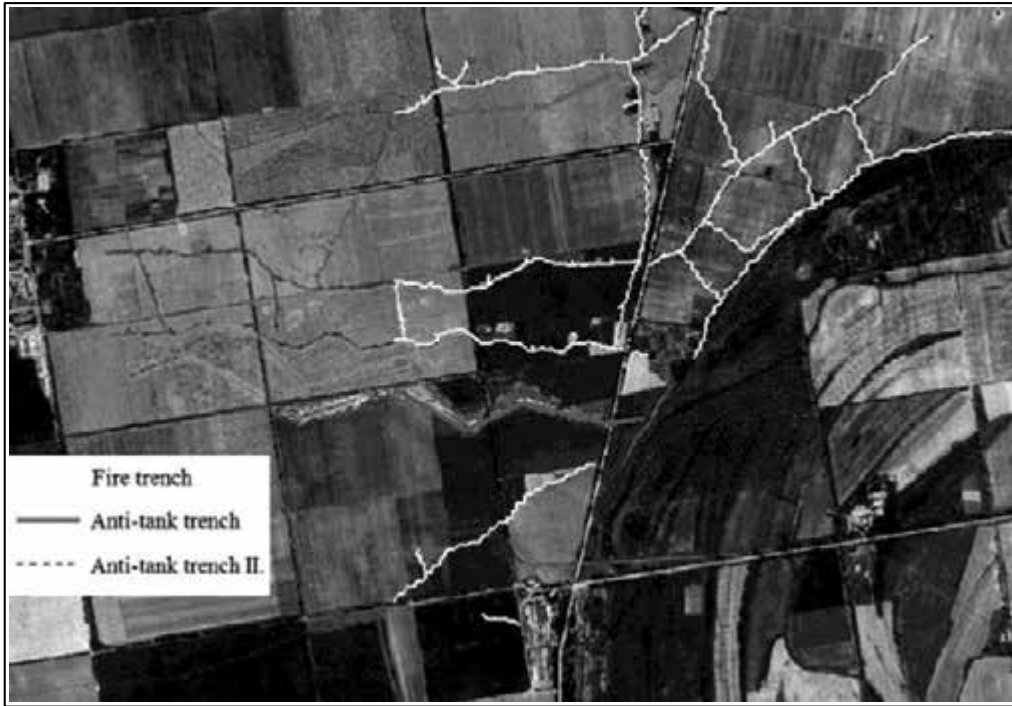


Рис. 3.2.2.7 - Виявлення та оцифрування вогневих і протитанкових окопів на аерофотознімку [44]

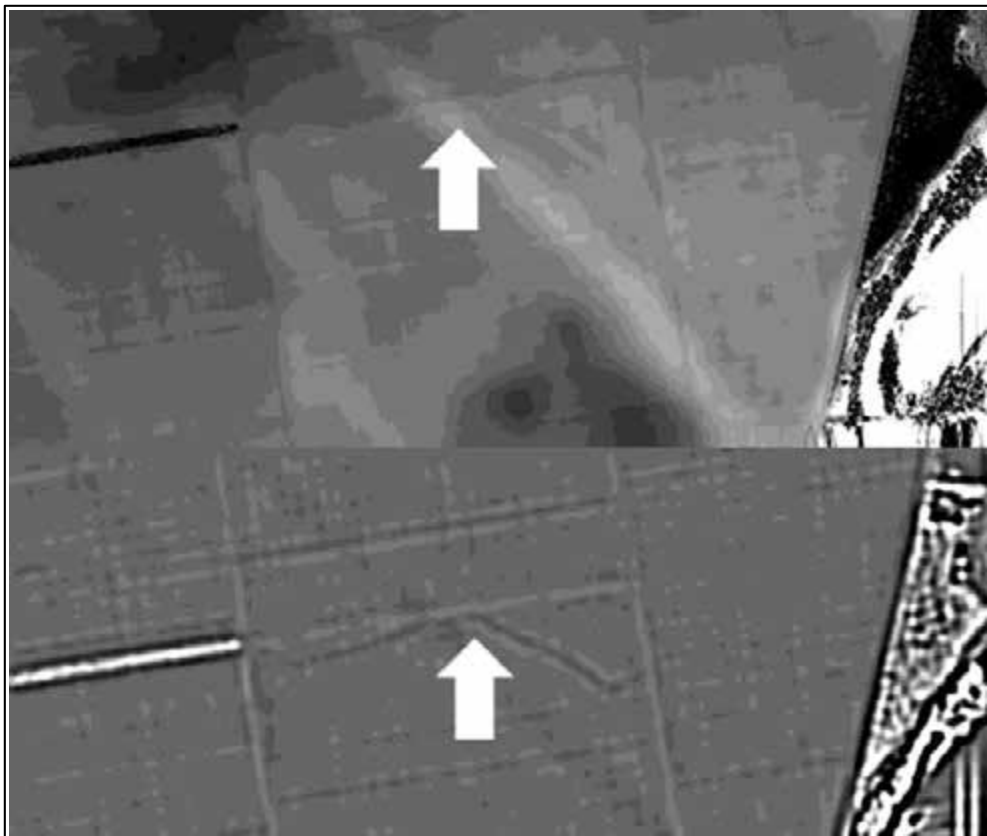


Рис. 3.2.2.8 — Протитанкова траншея, виявлена за допомогою кригінгу (вгорі) та фільтрації Лапласа (внизу) [44]

Вплив на біорізноманіття. Пошкодження землі впливають на екосистему, зокрема на флору і фауну. Відкриті вирви, зруйновані лісосмуги, пошкоджені поля можуть значно змінити середовище проживання багатьох видів. LiDAR-дані можуть допомогти оцінити, як змінився ландшафт, і передбачити потенційні ризики для біорізноманіття в регіоні.

Планування відновлювальних робіт. На основі даних, зібраних LiDAR, можна скласти оптимальний план відновлення територій. Це включає стабілізацію рельєфу, відновлення природних потоків води, розчищення або вирівнювання пошкоджених ділянок, збереження біорізноманіття та забезпечення безпечного доступу до територій для мешканців громади.

Перевагами застосування LiDAR на території, що постраждали від воєнних дій є [44]:

1. Висока точність. LiDAR забезпечує деталізацію рельєфу до сантиметрів, що значно підвищує точність оцінки пошкоджень у порівнянні з традиційними методами.

2. Масштабованість і швидкість. Застосування LiDAR дозволяє швидко отримати дані про великі площі, що є ефективним підходом для обстеження всієї громади за короткий термін.

3. Об'єктивність даних. LiDAR надає об'єктивні кількісні дані, що полегшує прийняття рішень на основі реальних показників пошкоджень, а також створення моделей ризиків і планування заходів для відновлення.

Таким чином, LiDAR є сучасним і надзвичайно корисним інструментом для комплексної оцінки та аналізу пошкоджень земельних ресурсів на території Дергачівської громади, спричинених військовими діями. Його застосування дозволить громадам точніше планувати відновлювальні роботи, ефективно управляти екологічними ризиками та забезпечувати стале відновлення екосистеми.

3 Застосування штучного інтелекту в картографічному моделюванні оцінки змін земельних ресурсів України

Штучний інтелект може бути дуже корисним для картографічного моделювання оцінки змін земельних ресурсів в Україні. Використовуючи супутникові зображення і технології машинного навчання, штучний інтелект здатен аналізувати великі масиви даних для виявлення і класифікації змін у структурі земельних ресурсів, таких як деградація ґрунтів, ерозія, дефіцит води, або розширення сільськогосподарських угідь. Завдяки обробці зображень та алгоритмам глибокого навчання можна ідентифікувати ділянки з різними типами покриття землі та оцінити їхній стан за різні періоди часу.

Один з найбільш поширених методів – використання супутникових знімків із сервісів, таких як Landsat, Sentinel та Planet, разом із алгоритмами глибокого навчання. Наприклад, у країнах Європи та США для моніторингу змін землекористування та розширення міських територій використовуються алгоритми, які автоматично класифікують різні типи земельного покриття (ліси, водні ресурси, сільськогосподарські землі тощо) та оцінюють їхній стан з точністю до кількох метрів [45].

Для картографічного моделювання оцінки змін земельних ресурсів, спричинених військовими діями, штучний інтелект може відігравати ключову роль в оперативному та точному моніторингу постраждалих територій. Використовуючи дані супутникових знімків із високою роздільною здатністю, можна за допомогою алгоритмів комп'ютерного зору автоматично ідентифікувати та аналізувати пошкодження земельних ділянок, інфраструктури, лісів, сільськогосподарських угідь і навіть житлових районів. Такі алгоритми можуть навчитися розпізнавати специфічні ознаки впливу бойових дій: кратери від вибухів, зруйновані будівлі, втрачені або пошкоджені рослинні покриви та інші сліди деструктивного впливу.

Досить ефективним інструментом є аналіз часових рядів, коли ШІ порівнює супутникові зображення тієї ж території, зроблені до і після військових дій. Це дозволяє виявити зміни в структурі земельних покриттів або забудови.

Наприклад, завдяки моделюванню з використанням нейронних мереж типу U-Net чи ResNet можна автоматично виділити зони руйнувань, оцінити площу пошкоджених територій та класифікувати типи збитків.

Особливо корисним є застосування моделей на основі даних глибокого навчання для виявлення деградації природних ресурсів, зокрема лісів і ґрунтів. Наприклад, після вибухів або пожеж алгоритми можуть зафіксувати втрату рослинного покриву та визначити зони, де є загроза ерозії ґрунтів. Завдяки цьому можна скласти карти ризику, що допоможуть у майбутньому плануванні відновлення екосистем і лісовідновлення [46].

Зображення демонструють підходи до навчання штучного інтелекту для виявлення змін земельного покриву. Для моделювання та аналізу змін, спричинених військовими діями або іншими факторами, використовуються високоточні супутникові знімки, які містять багаточасові або двочасові дані дистанційного зондування. Завдяки супервізованому навчанню, алгоритми штучного інтелекту можуть ідентифікувати й аналізувати зміни покриву землі. Існують два основні підходи до аналізу: піксельний (pixel-based) та об'єктний

У піксельному підході аналіз виконується на рівні окремих пікселів, що забезпечує високу деталізацію змін, тоді як в об'єктному підході аналізуються цілі об'єкти, що дозволяє розглядати групи пікселів як єдину сутність. Серед популярних алгоритмів для піксельного підходу використовуються SVM, CNN, часові ряди індексу NDVI, метод зворотного поширення (BP), Random Forest, U-Net, Maximum Likelihood та локальні гістограми. Для об'єктного підходу застосовуються методи кластеризації, як-от Fuzzy Clustering і K-means. Такі моделі на основі глибокого навчання можуть ефективно виявляти деградацію природних ресурсів, як-от втрату рослинного покриву чи пошкодження інфраструктури, а також автоматично оцінювати площу пошкоджень та класифікувати типи збитків. Завдяки цьому можна створювати карти ризику, які стануть основою для планування відновлення екосистем і реабілітації постраждалих територій.

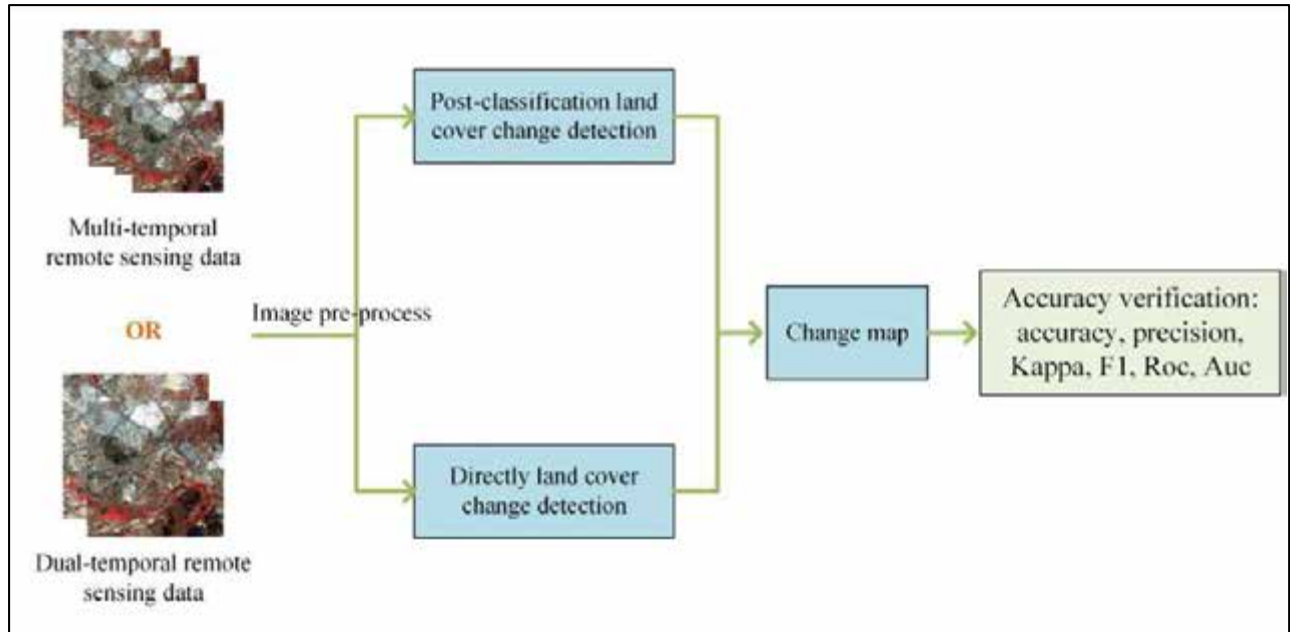
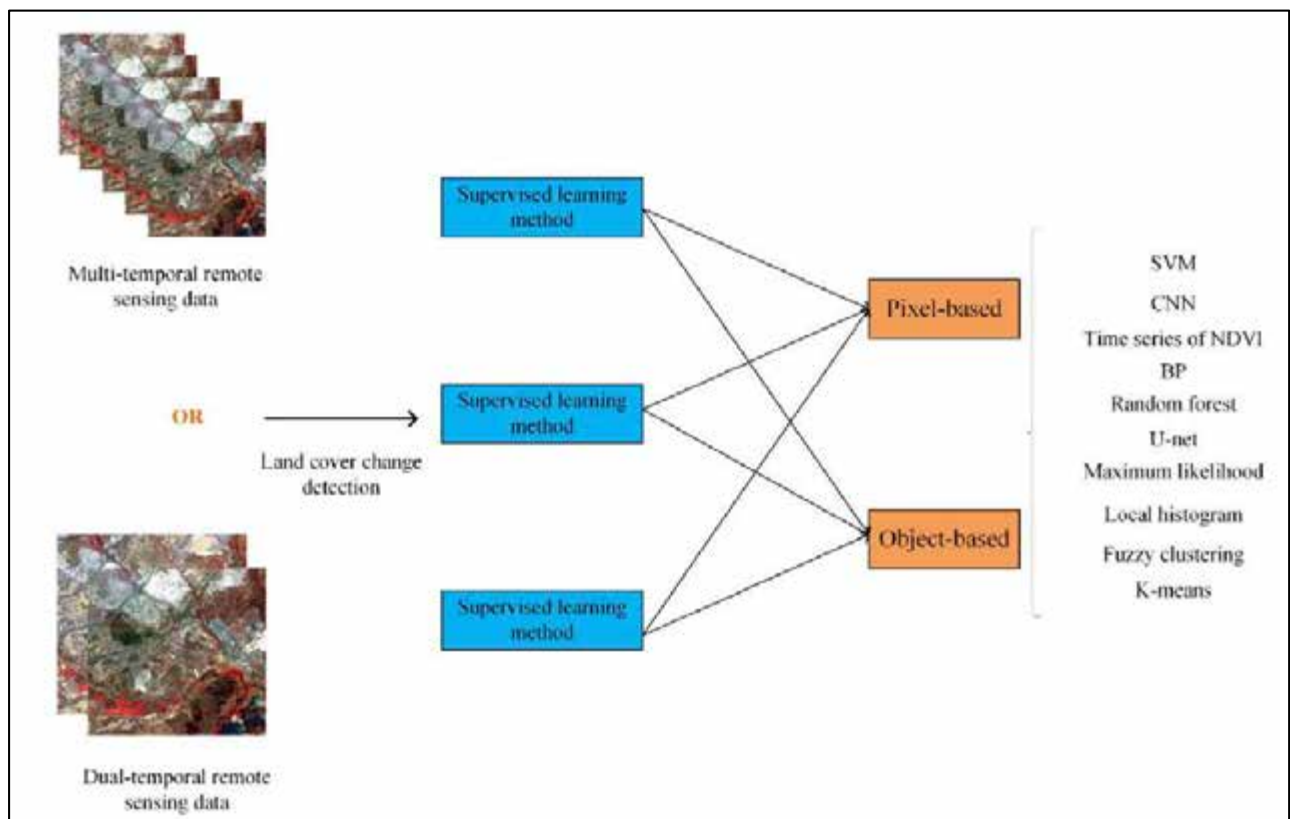


Рис. 3.2.3.1- Процес виявлення змін за допомогою даних супутникового дистанційного зондування [47]



Р

Також штучний інтелект корисний для створення карт забруднення земель і водних ресурсів унаслідок військових дій. За допомогою знімків в інфрачервоному та інших спектральних діапазонах можна виявити забруднення

е

т

а

хімічними речовинами або важкими металами, що потрапляють у ґрунти та води. Це особливо актуально для оцінки довгострокового впливу на сільське господарство та здоров'я людей, адже забруднення важко виявити візуально, але його можливо ідентифікувати завдяки спектральним характеристикам.

На зображенні представлена схема, яка описує систему моделювання для підтримки рішень у захисті природних ресурсів на основі різних екологічних та антропогенних факторів. Хоча конкретна схема може стосуватися управління біорізноманіттям і природоохоронними зонами, схожий підхід може бути застосований і до картографічного моделювання змін унаслідок військових дій.

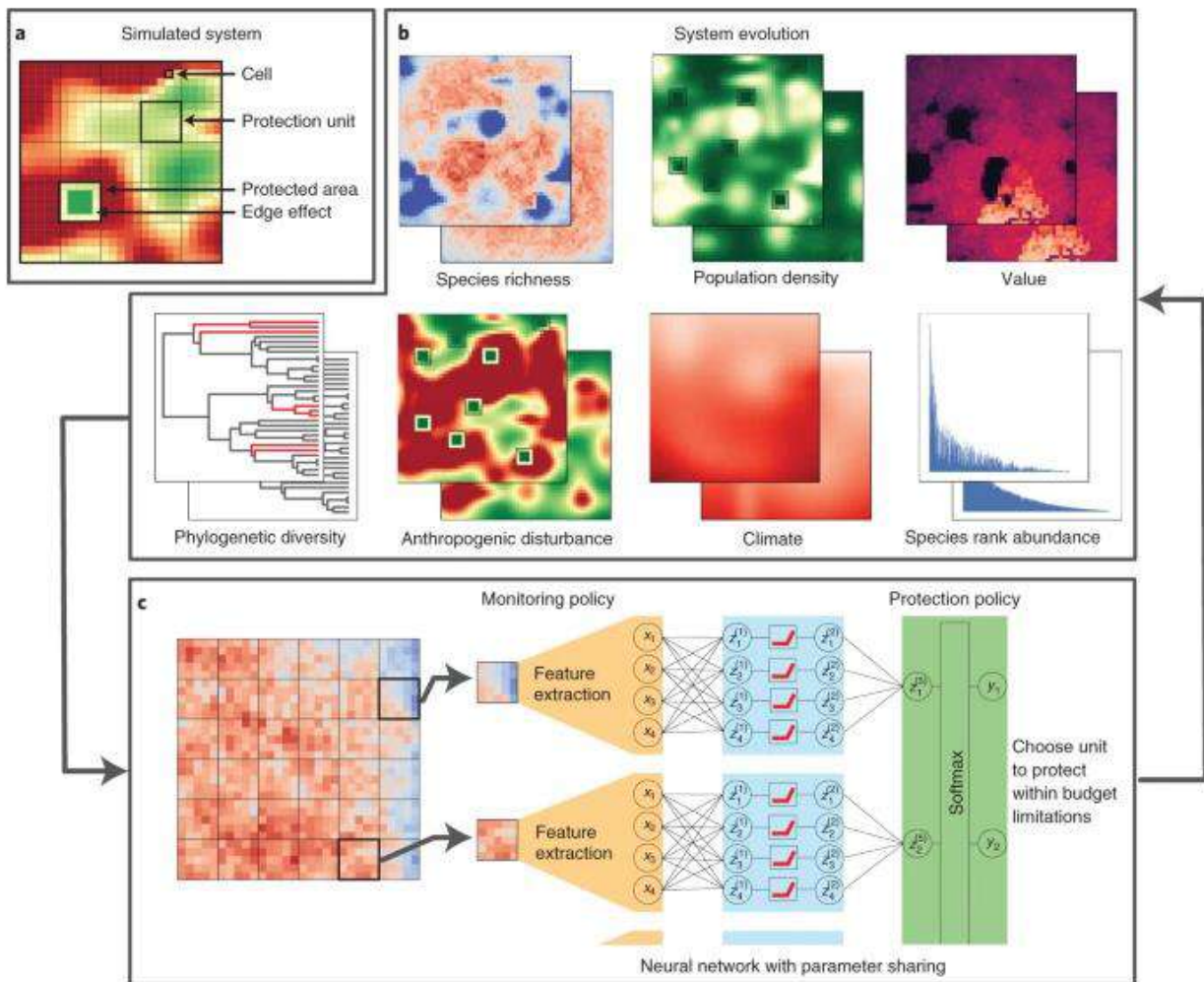


Рис. 3.2.3.2 — Схема моделювання та прийняття рішень для управління змінами екосистем за допомогою штучного інтелекту [48]

Симуляція території та розподілу характеристик (а). Показано розподіл клітин (cell) із визначеними зонами захисту (protection unit). Аналогічно для

військових конфліктів, клітинна модель може відображати різні зони (населені пункти, сільськогосподарські угіддя, ліси) і оцінювати їхній стан після бойових дій.

Екологічні та антропогенні фактори (b). Різні карти на цьому зображенні відображають параметри, такі як видове багатство, антропогенні порушення, кліматичні умови тощо, які впливають на еволюцію системи. Для аналізу земельних ресурсів під час військових дій можна використовувати схожі шари: оцінка руйнувань, забруднення, стан рослинного покриву, або ж оцінка ризиків для подальшого використання земель.

Політика моніторингу та захисту (c). ШІ-модель використовує інформацію для вибору зон, які потребують захисту або додаткового моніторингу. Для військових зон штучний інтелект може виконувати подібну функцію, визначаючи ділянки, які постраждали найбільше, або ж ті, що потребують першочергових заходів для відновлення та запобігання подальшим втратам (наприклад, ліквідація наслідків забруднень).

Нейронна мережа з параметричним налаштуванням може використовувати різні вхідні дані (спектральний аналіз, візуальні характеристики) для моніторингу змін і автоматично рекомендувати, які території потребують захисту, відновлення або додаткового вивчення.

Загалом, ШІ може значно полегшити і прискорити процес створення динамічних карт впливу військових дій на земельні ресурси. Це не тільки допомагає виявляти проблеми, але й дозволяє точно оцінювати збитки та ризики для майбутніх заходів із відновлення, захисту навколишнього середовища та планування інфраструктури.

ВИСНОВКИ

У даній магістерській роботі було розглянуто загальні поняття та основні підходи до картографічного моделювання, зокрема у сфері дослідження змін земельних ресурсів під впливом воєнних дій. Теоретична частина роботи охопила аналіз сучасних методів картографічного моделювання, а також особливості геоінформаційного забезпечення, що дозволяє здійснювати моніторинг змін земельних ресурсів із високою точністю та наочністю. Було проаналізовано методичні підходи до оцінки земельних ресурсів, а також міжнародний досвід у вирішенні схожих проблем.

Практична частина дослідження полягала у вивченні природних умов досліджуваної території, зокрема геологічної структури, рельєфу, ґрунтового покриття та земельних ресурсів Дергачівської громади Харківської області. Проведено аналіз впливу воєнних дій на земельні ресурси регіону, що дало змогу ідентифікувати найбільш постраждалі зони та встановити основні типи деградації земельного покриття.

У роботі запропоновано використовувати такі методи оцінки змін земельних ресурсів, як геоінформаційні технології, LiDAR-зондування та штучний інтелект, а також розглянуто приклади їх практичного застосування для візуалізації наслідків воєнних дій. Рекомендовано розширити можливості державного моніторингу земель за допомогою сучасних ГІС-технологій та дистанційного зондування, що підвищує точність і оперативність отримання даних. Використання штучного інтелекту запропоновано для автоматизації аналізу великих масивів даних, що дозволяє створювати детальні карти змін земельного покриття, оцінювати масштаби пошкоджень та визначати найбільш уразливі території.

Отже, виконане дослідження сприяє науковому обґрунтуванню та розвитку картографічних методів оцінки змін земельних ресурсів і є вагомим внеском у формування практичних рекомендацій для відновлення постраждалих територій та екологічного управління земельними ресурсами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

2. Ходарева. А.О. Картографічне моделювання. Переваги та недоліки картографічного моделювання. 2018.

6. Buitrago J., Martinez L. Digital elevation models (DEM) used to assess soil

7. P

8. Петрова О., Живюк Р., Якимчук Д. Геоінформаційні технології та картографічне моделювання при здійсненні землеустрою. 2018.

9. А. А. Москаленко. Геоінформаційне забезпечення оцінювання стану земельних ресурсів. 2018.

10. Козиста А. Основні аспекти геоінформаційного забезпечення використання земельних ресурсів. 2021.

11. Bogdanets, V., Nosenko, V. «Indykatory staloho rozvytku bezpeky vykorystannia zemel ta otsinka rozvytku dehradatsiinykh protsesiv gruntovoho pokryvu z vykorystanniam heoinformatsiinykh modelei [Indicators of the sustainable development of land use and the assessment development of the process of soil cover

12. V. Bogdanets, V. Nosenko, N. Mizerna, A. Nosylya. The effect of military

13. Dashboard with data on environmental threats Ecozagroza 2022-2023. Available at: <https://ecozagroza.gov.ua>

14. Kondratenko, A. F. The impact of military actions in Ukraine on the natural environment and phytotechnologies for its restoration. Coll. theses of the first international scientific and practical conference «Ecology of Donbass: lessons of history and challenges of today. 2017.

15. Hang X., Sylvain B., Teng W. Remote sensing through the fog of war: Infrastructure damage and environmental change during the Russian-Ukrainian

c

o

n

17. Бавровська Н. М. Кошель А. О. П. 2024.

f

18. Mohamed A. Monitoring of Changes in Land Use/Land Cover in Syria

l

i

c

20. Yakymchuk A., Byrkovych T., Kuzmych S. Monitoring, assessment and

t

r

e

22. Карта-схема територіальних громад та районів Харківської області:

[h](#)[e](#)

23. Д

[e](#)

24. І

[h](#)

25. В

[h](#)

26. Е

[d](#)

27. Дмитрієв С., Решетченко С., Сучасний екологічний стан басейну

Сіверського Дінця. 2021.

[h](#)

28. Т

[h](#)[h](#)[h](#)

29. Ревякін А. , Коляда, О. Вивчення мілітарного впливу на екологічний

стан ґрунтів Харківської області. 2023.

[h](#)[h](#)

30. Лукаш О., Мамотенко А. Оцінка забруднення ґрунту важкими

металами у Харківській області. 2023.

[h](#)[h](#)

31. К

[h](#)[h](#)[h](#)[h](#)[h](#)

32. Кухтін Ю. Земельні ресурси об'єднаних територіальних громад харківської області: ефективність використання та управління в контексті децентралізації влади. 2023.

33. І

н 34. І

н 35. І

н 36. І

р 37. Босак П., Попович В. Вплив військових дій на стан довкілля України. 2023.

р 38. Кузик А. Д., Товарянський В. І. Ушкодження лісових екосистем внаслідок воєнних дій та основні напрями їх післявоєнного відновлення. 2023.

н 39. Г

р 40. N

А

Б 42. Кравчук І.І., Топольницький П.П. Інноваційні підходи до державного регулювання земельних ресурсів на основі ГІС-технологій. 2024.

Ф 43. І

Б 44. Juhasz A., Neuberger H. Detecting Military Historical Objects by LiDAR

р

р

п

2022

В

й

Б

р

Б

р

А

р

о

Б