

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

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістра

на тему

### **ЕКОЛОГІЧНИЙ АУДИТ ЗЕМЕЛЬНИХ УГІДЬ ХАРКІВСЬКОГО РАЙОНУ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ, ЯКІ ПОСТРАЖДАЛИ ВНАСЛІДОК ВОЄННИХ ДІЙ**

Виконав: студент 2 курсу, групи ДЕ-72

спеціальності: 101 «Екологія»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Автор \_\_\_\_\_ / Олексій НЕМОШКАЛОВ  
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник \_\_\_\_\_ / Андрій АЧАСОВ  
(підпис) (ім'я та прізвище)

Рецензент \_\_\_\_\_ / Борис ШУЛКА  
(підпис) (ім'я та прізвище)

*«До захисту допущено»*

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

Нормоконтролер \_\_\_\_\_ / Валентина ШАПОВАЛОВА  
(підпис) (ім'я та прізвище)

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

Харків – 2022 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Інститут: Навчально-науковий інститут екології  
Кафедра: Екології та менеджменту довкілля  
Рівень вищої освіти: магістр  
Спеціальність: 101 «Екологія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

В. о. завідувача кафедри

/ Андрій АЧАСОВ.

(підпис)

(ім'я та прізвище)

« 20 » квітня 2022 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Олексію НЕМОШКАЛОВУ

(ім'я та прізвище)

1. Тема роботи: Екологічний аудит земельних угідь Харківського району Харківської області, які постраждали внаслідок воєнних дій

керівник роботи: Андрій АЧАСОВ, д-р с.-г. наук, проф.

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

затверджені наказом по університету від « 10 » листопада 2022 року № 4301–5 / 1990

2. Строк подання студентом роботи « 24 » листопада 2022 року

3. Перелік питань, які потрібно розробити:

- 1) провести літературний огляд на задану тему;
- 2) опанувати методику візуального дешифрування космічних знімків;
- 3) вивчити основи візуального дешифрування даних дистанційного зондування;
- 4) встановити основні дешифрувальні ознаки пошкоджених ділянок земельних угідь;
- 5) провести оцінку пошкоджень земельних ресурсів шляхом дешифрування космічних знімків;

б) сформулювати висновки та рекомендації щодо використання пошкоджених земельних угідь в найближчій перспективі.

#### 4. План роботи.

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Огляд сучасної літератури на тему дослідження.
2	Підбір програмних засобів і космічних знімків для аналізу даних. Укладання алгоритму проведення дослідження.
3	Проведення оцінки пошкоджень земельних ресурсів шляхом дешифрування космічних знімків.
4	Формулювання висновків та рекомендації щодо використання пошкоджених земельних угідь в найближчій перспективі.

5. Дата видачі завдання « 20 » квітня 2022 року

**Студент**

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Олексій НЕМОШКАЛОВ**

(ім'я та прізвище)

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Андрій АЧАСОВ**

(ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

**ЕКОЛОГІЧНИЙ АУДИТ ЗЕМЕЛЬНИХ УГІДЬ ХАРКІВСЬКОГО РАЙОНУ  
ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ, ЯКІ ПОСТРАЖДАЛИ  
ВНАСЛІДОК ВОЄННИХ ДІЙ**

Олексій НЕМОШКАЛОВ

Кваліфікаційна робота «Екологічний аудит земель Харківського району Харківської області, які постраждали внаслідок воєнних дій» містить 32 сторінки, 4 розділи, 1 таблицю, 17 рисунків, 15 джерел.

**Мета:** оцінка пошкодження земель Харківського району Харківської області внаслідок бойових дій як критерій екологічного аудиту територій.

**Актуальність теми.** Відновлення пошкоджених під час бойових дій сільськогосподарських угідь має базуватися на достовірній просторовій інформації, яку можна отримати за результатами дешифрування космічних знімків.

**Завдання** дослідження полягали в фіксації пошкодження земель Харківського району Харківської області за допомогою програмного аналізу ГІС.

**Методи.** Пошкодження земель фіксували за допомогою ГІС-програми QGIS та плагінів до неї.

**Результати.** Встановлено, що оптимальними ознаками розшифровки наслідків турбації бомби є: стовпчаста форма, невеликі розміри, контрастний колір із фоном. Встановлено, що площа пошкоджених земель станом на квітень 2022 року становить 2582,1 га. Площа пошкоджених озимих культур на цю ж дату становила 386,2 га.

ЗЕМЕЛЬНІ УГІДДЯ, БОЙОВІ ДІЇ, НАСЛІДКИ, ҐРУНТ, ГІС, ДДЗ, QGIS

ANNOTATION

**ENVIRONMENTAL AUDIT OF LAND IN THE KHARKIV DISTRICT OF THE  
KHARKIV REGION WHICH DAMAGED AS A RESULT OF MILITARY  
ACTIONS**

Oleksiy NEMOSHKALOV

The qualification work «Environmental audit of land in the Kharkiv district of the Kharkiv region which damaged as a result of military actions» contains 32 pages, 4 sections, 1 tables, 17 figures, 15 sources.

**Purpose:** assessment of land damage in the Kharkiv district of the Kharkiv region as a result of military operations as a criterion for environmental audit of territories.

**Relevance of the topic.** The restoration of agricultural lands damaged during hostilities should be based on reliable spatial information, which can be obtained from the results of deciphering space images.

**The tasks** of the study involved recording damage to land in the Kharkiv district of the Kharkiv region by means of GIS software analysis.

**Methods.** Land damage was recorded using the GIS program QGIS and plugins for it.

**Results.** It was established that the optimal deciphering signs for the consequences of bomb turbation are: columnar shape, small size, contrasting color with the background. It was established that the area of damaged land as of April 2022 was 2,582.1 hectares. The area of damaged winter crops on the same date was 386.2 hectares.

LAND, COMBAT ACTIONS, CONSEQUENCES, SOIL, GIS, RSD

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ВИВЧЕННЯ ПИТАННЯ ДЕШИФРУВАННЯ КОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ.....	9
1.1 Загальні основи дешифрування космічних знімків.....	9
1.2 Візуальне дешифрування космічних знімків.....	10
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	13
2.1 Територія та умови проведення дослідження.....	13
2.2 Загальний алгоритм проведення дослідження.....	15
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ФІКСАЦІЇ ПОШКОДЖЕНЬ ЗЕМЕЛЬНИХ УГІДЬ ШЛЯХОМ АНАЛІЗУ ДДЗ ПРОГРАМНИМИ ЗАСОБАМИ ГІС.....	16
3.1 Результати попереднього аналізу бази космічних зображень супутника Sentinel.....	16
3.2 Результати дешифрування космічних зображень супутника Sentine.....	19
3.3 Прикладне використання бази геоданих пошкоджень сільськогос- подарських угідь.....	23
РОЗДІЛ 4 ОЦІНКА ПОШКОДЖЕНЬ ЗЕМЕЛЬНИХ УГІДЬ ХАРКІВСЬКОГО РАЙОНУ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЯК КРИТЕРІЮ ПРИ ПРОВЕ- ДЕННІ ЕКОЛОГІЧНОГО АУДИТУ ТЕРИТОРІЙ.....	28
ВИСНОВКИ.....	30
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	31
ДОДАТКИ.....	33

## ВСТУП

**Актуальність дослідження** зумовлена тим, що військові дії, розв'язані Російською Федерацією на території України, створюють істотні ризики для нормального функціонування аграрного сектору країни. Експерти прогнозують суттєве зниження виробництва зерна цього року. Основні причини цього:

- зрив посівної кампанії в низці регіонів через ризики, пов'язані з близькістю військових дій;
- втрата частини врожаю озимини внаслідок воєнних дій;
- фізична руйнація ґрунтового покриву внаслідок воєнних дій (воронки, окопи тощо);
- втрата сільськогосподарських полів внаслідок їх мінування;
- хімічне забруднення ґрунтів внаслідок воєнних дій.

Недоотримання врожаю призведе не лише до тяжких економічних наслідків усередині країни. Україна є однією з найбільших виробників та постачальників зерна на світовий ринок. Відповідно на найближчий час очікується суттєве подорожчання продовольства в усьому світі, що в свою чергу може викликати соціальні та політичні потрясіння в країнах, що розвиваються. Враховуючи сучасні процеси глобалізації, наслідки цих процесів вплинуть на весь світ.

Оцінка всіх зазначених негативних впливів є прямим завданням таких відомств як Міністерство аграрної політики та продовольства, Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України Держгеокадастр [1, 2]. При цьому першочерговим завданням є отримання достовірної кількісної інформації щодо ступеня всіх зазначених негативних впливів. Проте, за умов воєнного часу отримати таку інформацію досить проблематично.

**Мета дослідження** – оцінка пошкоджень земельних угідь Харківського району Харківської області внаслідок воєнних дій як критерію екологічного аудиту територій.

**Завдання** дослідження передбачали фіксацію пошкоджень земельних угідь Харківського району Харківської області шляхом аналізу даних дистанційного

зондування (надалі – ДДЗ) програмними засобами геоінформаційних систем (надалі – ГІС).

**Об'єкт дослідження.** Земельні угіддя Харківського району Харківської області.

**Предмет дослідження.** Вплив воєнних дій на стан та якість земельних угідь Харківського району Харківської області.

**Основна гіпотеза дослідження** полягає у встановленні, що оптимальними дешифрувальними ознаками для наслідків бомботурбації є: колоподібна форма, невеликий розмір, контрастне забарвлення з фоном.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в науковому обґрунтуванні використання ДДЗ програмними засобами ГІС. Що допомагає зробити більш точну фіксацію пошкодження земельних угідь досліджуваної території.

**Методи дослідження.** Частковим розв'язанням проблеми є використання технології дистанційного зондування Землі. Перевагами даних методів є можливість неконтактного отримання кількісної інформації про просторові об'єкти, явища та процеси, що знімає проблему ризику проведення польових обстежень.

Сучасний сектор дистанційного, в першу чергу – космічного зондування, включає великий пул апаратів з різними технічними характеристиками. Відзначимо наявність принаймні трьох проектів, що надають безкоштовні знімки з високою тимчасовою роздільною здатністю – Sentinel, Planet, Landsat [3, 4].

Використання цих даних дозволить з мінімальними витратами оцінити як негативні наслідки поточних військових дій, а й стати основою створення системи дистанційного моніторингу довкілля у післявоєнний час.

**Практичне значення отриманих результатів.** Встановлено, що оптимальними дешифрувальними ознаками для наслідків бомботурбації є: колоподібна форма, невеликий розмір, контрастне забарвлення з фоном. Встановлено, що площа пошкоджених земельних угідь станом на квітень 2022 року становила 2582,1 га. Площа пошкоджених озимих на ту ж дату становила 386,2 га. Основна гіпотеза дослідження підтверджена.

## РОЗДІЛ 1

### СУЧАСНИЙ СТАН ВИВЧЕННЯ ПИТАННЯ ДЕШИФРУВАННЯ КОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ

#### 1.1. Загальні основи дешифрування космічних знімків

Дешифрування або інтерпретація космічних знімків – це акт дослідження фотографічних зображень з метою ідентифікації об'єктів і оцінки їхнього значення. Історично дешифрування починалось як один із засобів отримання інформації із застосуванням військової повітряної розвідки.

Принципи інтерпретації зображень розроблялися емпіричним шляхом понад 150 років [3]. Найбільш основними є елементи інтерпретації зображення: розташування, розмір, форма, тінь, тон/колір, текстура, малюнок, висота/глибина та місце/положення/асоціація. Вони регулярно використовуються під час інтерпретації аерофотознімків та аналізу фотоподібних зображень. Досвідчений інтерпретатор зображень використовує багато з цих елементів інтуїтивно. Однак новачкові, можливо, доведеться не тільки свідомо оцінити невідомий об'єкт за цими елементами, але й проаналізувати значення кожного елемента по відношенню до інших об'єктів і явищ зображення.

Зображення може фіксуватись різноманітними сенсорними системами. Історично традиційно найбільш широко використовувались включаючи традиційні камери, які сприймають видиме та ближнє (короткохвильове) інфрачервоне світло, відбите на світлочутливій плівці. Більш універсальне використання інструментів багатоспектрального сканування може вловлювати світло з довжинами хвиль, набагато довшими за ті, які здатні сприймати людські очі. Це забезпечує значну перевагу перед більш обмеженим спектральним діапазоном традиційної фотоплівки, оскільки більше спектральних деталей можна зафіксувати за допомогою більшої кількості спектральних смуг і охоплення в більш широкому діапазоні електромагнітних хвиль [5].

Зображення, що представляє невелику ділянку земної поверхні, можна захопити як сцену та представити як контактний відбиток. Системи багатоспектрального сканування збирають і зберігають спектральні дані в цифровому файлі, який можна

відобразити як зображення на моніторі комп'ютера за допомогою процедур цифрової обробки зображень. Незалежно від того, чи зроблені зображення неозброєним оком, через об'єктив камери чи за допомогою електромеханічної багатоспектральної системи сканування, кожне з них вважається вимірювання електромагнітної енергії від віддаленого пристрою [7, 8]. Практика обробки та аналізу спектральних вимірювань електромагнітної енергії, відбитої та випромінюваної від поверхні Землі за допомогою платформи віддаленого зондування, називається дистанційним зондуванням.

## 1.2. Візуальне дешифрування космічних знімків

Комп'ютерна обробка цифрових зображень вимагає навичок візуальної інтерпретації, які створюють основу для розуміння важливих основних елементів аналізу дистанційного зондування [3]. Ці базові навички візуальної інтерпретації доповнюють знання про те, як сонячна світлова енергія прямо чи опосередковано (відбита та випромінювана енергія) взаємодіє з об'єктами Землі, а також про те, як цю взаємодію можна проаналізувати й інтерпретувати, щоб надати цінну інформацію, яка допоможе у вирішенні екологічних проблем, що впливають на людські поселення. Основні дешифрувальні ознаки при візуальному дешифруванні [8].

1. Розмір об'єкта є однією з найбільш відмінних характеристик і одним з найважливіших елементів інтерпретації. Найчастіше вимірюють довжину, ширину і периметр. Щоб це зробити успішно, необхідно знати масштаб фотографії. Вимірювання розміру невідомого об'єкта дозволяє інтерпретатору виключити можливі альтернативи. Виявилось, що корисно виміряти розміри кількох добре відомих об'єктів, щоб порівняти їх з невідомими об'єктами. Наприклад, розміри поля для основних видів спорту, таких як футбол, футбол і бейсбол, є стандартними в усьому світі. Якщо такі об'єкти видно на зображенні, можна визначити розмір невідомого об'єкта, просто порівнявши їх.

2. Форма. У світі існує нескінченна кількість природних і рукотворних об'єктів унікальної форми. Декілька прикладів форми – трикутна форма сучасних реактивних літаків і форма звичайного односімейного житла. Люди змінили ландшафт дуже

цікавими способами, які надали форму багатьом об'єктам, але природа також формує ландшафт по-своєму. Загалом прямі, прямолінійні елементи навколишнього середовища мають людське походження. Природа створює більш витончені форми.

3. Тінь. Практично всі дані дистанційного зондування збираються протягом двох годин сонячного полудня, щоб уникнути розширених тіней на зображенні чи фотографії. Це пояснюється тим, що тіні можуть закривати інші об'єкти, які інакше можна було б ідентифікувати. З іншого боку, тінь, відкинута об'єктом, виступає як ключ для ідентифікації об'єкта, оскільки довжина тіні буде використана для оцінки висоти об'єкта, що є життєво важливим для розпізнавання об'єкта. Візьмемо, наприклад, будь-який монумент. Дивлячись на нього зверху, може бути важко розрізнити форму пам'ятника, але з відкиданням тіні цей процес стає набагато легшим.

4. Тон і колір. Реальні матеріали, такі як рослинність, вода та оголений ґрунт, відображають різні пропорції енергії в синій, зеленій, червоній та інфрачервоній частинах електромагнітного спектру. Інтерпретатор може задокументувати кількість енергії, відбитої від кожного на певних довжинах хвиль, щоб створити спектральний підпис. Ці підписи можуть допомогти зрозуміти, чому певні об'єкти виглядають так, як вони виглядають на чорно-білих або кольорових зображеннях. Ці відтінки сірого називають тоном. Чим темнішим здається предмет, тим менше світла він відбиває. Часто надають перевагу кольоровим зображенням, оскільки на відміну від відтінків сірого люди можуть розрізнити тисячі різних кольорів. Кольори допомагають у процесі інтерпретації фотографії.

5. Текстура. Це визначається як «характерне розміщення та розташування повторів тону або кольору в зображенні». Для опису текстури часто використовують прикметники гладка (однорідна, однорідна), проміжна та шорстка (груба, неоднорідна). Важливо пам'ятати, що текстура є продуктом масштабу. На великомасштабному зображенні об'єкти можуть мати проміжну текстуру. Але, оскільки масштаб стає меншим, текстура може здаватися більш однорідною або гладкою. Кілька прикладів текстури можуть бути «гладкість» асфальтованої дороги або «грубість» соснового лісу.

6. Структура. Структура – це просторове розташування об'єктів ландшафту. Об'єкти можуть розташовуватися випадково або систематично. Вони можуть бути

природними, як у випадку з дренажною схемою річки, або створеними людиною, як із квадратами, сформованими на основі Державної системи землевпорядкування Сполучених Штатів. Типові прикметники, які використовуються для опису моделі: випадковий, систематичний, круглий, овальний, лінійний, прямокутний і криволінійний, щоб назвати декілька.

7. Висота і глибина. Висота та глибина є одними з найбільш діагностичних елементів інтерпретації зображення. Це пов'язано з тим, що будь-який об'єкт, такий як будівля чи електричний стовп, який височіє над місцевим ландшафтом, демонструватиме певний радіальний рельєф. Крім того, об'єкти, які демонструють цей рельєф, відкидають тінь, яка також може надати інформацію про його висоту або висоту. Хорошим прикладом цього можуть бути будівлі будь-якого великого міста.

8. Місцерозташування/ситуація/асоціація. Ділянка має унікальні фізичні характеристики, які можуть включати висоту, нахил і тип покриття поверхні (наприклад, трава, ліс, вода, оголений ґрунт). Ділянка також може мати соціально-економічні характеристики, такі як вартість землі або близькість до води. Ситуація стосується того, як об'єкти на фотографії чи зображенні організовані та «розташовані» відносно один одного. Більшість електростанцій мають матеріали та будівництво, пов'язані досить передбачуваним чином. Асоціація стосується того факту, що коли ви знаходите певну дію на фотографії чи зображенні, ви зазвичай зустрічаєте пов'язані або «асоційовані» функції чи дії. Місце, ситуація та асоціація рідко використовуються незалежно одне від одного під час аналізу зображення. Прикладом цього може бути великий торговий центр. Зазвичай тут розташовано кілька великих будівель, масивні паркування, і він зазвичай розташований біля головної дороги чи перехрестя [6].

## РОЗДІЛ 2

### МЕТОДИ ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1. Територія та умови проведення дослідження

До роботи були узятий Харківський район Харківської області України. Зокрема та його частина, яка зазнала активних бойових дій (рис. 2.1). Червоними точками позначені місця активних бойових дій станом на квітень 2022 року.

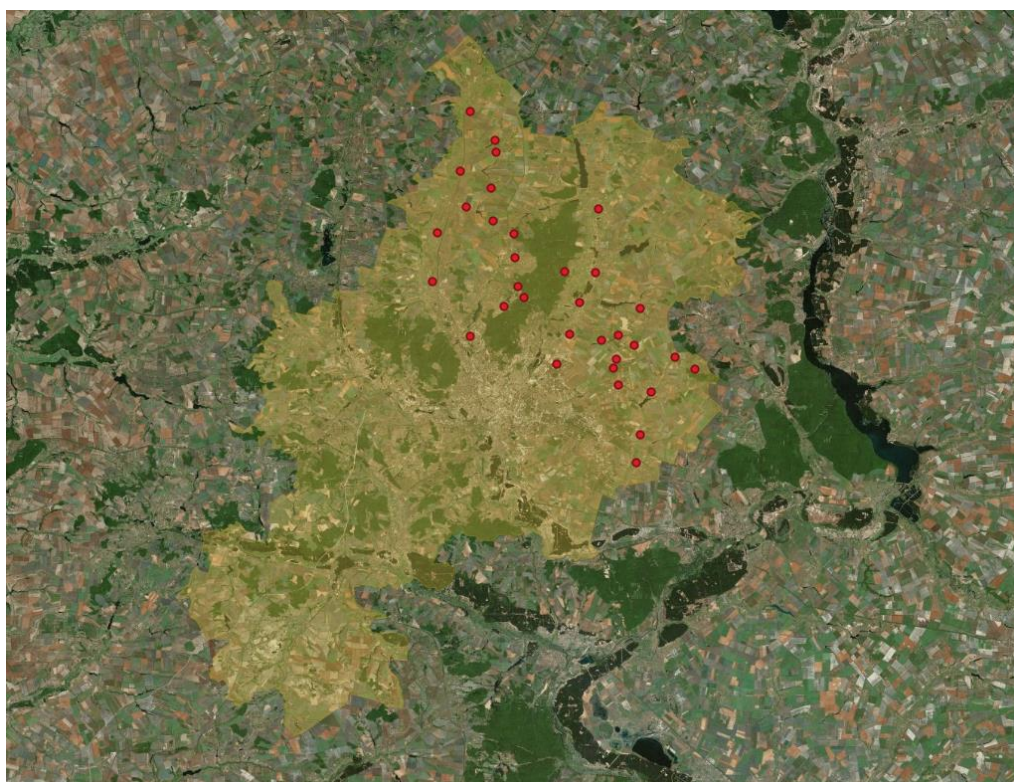


Рис. 2.1 – Космічне зображення (сервіс Bing) території Харківського району [9]

За інформаційну основу були взяті космічні знімки апарату Sentinel-2, перевагами яких є:

1. вільне розповсюдження (безкоштовність);
2. оперативність (1-2 знімка на 10 діб);
3. достатньо висока точність (просторова роздільна здатність 10x10 м);
4. багато-спектральне знімання, що надає можливість створення різноманітних «індексів», які є дуже корисними при дешифруванні території.

Обирались знімки за період 20.03-22.03.2022, з врахуванням їх особливостей (хмарність, наявність снігу, як контрасту тощо). Такий відбір пояснюється наявністю на той час снігу на полях, що дозволяло значно підвищити точність фіксації місць пошкоджень земельних угідь.

Для обробки знімків використовувалась програма QGIS 3.12. Також застосовувались плагіни під QGIS, що призначені для проведення атмосферної корекції знімків (Semi-Automatic Classification) і для редагування растрових зображень (Land Surface Temperature Estimation Plugin). Програма QGIS є вільною ГІС, тобто є безоплатною з можливістю застосування у бідь-якій галузі.

Обробка даних дистанційного зондування відбувалась за таким алгоритмом:

1. вибір знімків для території дослідження за необхідний проміжок часу з урахуванням їх хмарності за допомогою сервісу GloVis (рис. 2.2);

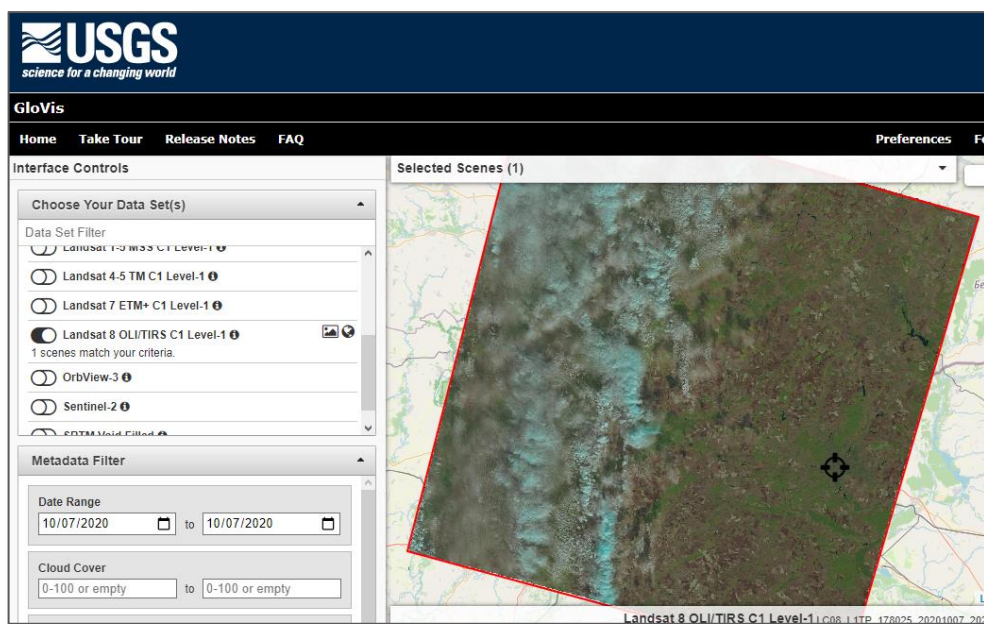


Рис. 2.2 – Вікно сервісу GloVis для завантаження знімків [10]

2. завантаження знімків за допомогою сервісу GloVis;
3. атмосферна корекція знімків за допомогою плагіну Semi-Automatic Classification;
4. візуальне дешифрування знімків.

## 2.2 Загальний алгоритм проведення дослідження

Враховуючи обмеження в часі було вирішено застосувати методику візуального дешифрування разом в поєднанні з побудовою псевдокольорових індексних зображень.

Суть візуального дешифрування полягає у ідентифікації на аерокосмічних зображеннях об'єктів реального світу за їх характерними особливостями без використання якого-небудь спеціального обладнання або програмного забезпечення.

При візуальному дешифруванні використовуються геометричні, оптичні і структурні характеристики об'єктів (прямі дешифрувальні ознаки), а також різноманітні взаємозв'язки та взаємозалежності між ними (непрямі дешифрувальні ознаки). Дешифрувальними ознаками називають характерні особливості природних і антропогенних об'єктів, що проявляються в ДДЗ і дозволяють виділити та описати ці об'єкти.

Дешифрування виконувалось у вільній геоінформаційній системі QGIS. Для контролю результатів дешифрування використовувались космічні знімки високої роздільної здатності з сервісу BingMaps [9].

### РОЗДІЛ 3

## РЕЗУЛЬТАТИ ФІКСАЦІЇ ПОШКОДЖЕНЬ ЗЕМЕЛЬНИХ УГІДЬ ШЛЯХОМ АНАЛІЗУ ДДЗ ПРОГРАМНИМИ ЗАСОБАМИ ГІС

### 3.1 Результати попереднього аналізу бази космічних зображень супутника Sentinel

На першому кроці досліджень проводився попередній аналіз наявних космічних зображень на обрану територію проводився за допомогою сервісу Sentinel Hub Playground [11]. Сервіс дозволяє передивлятися знімки, що є в базі даних проекту Copernicus та навіть проводити попередній аналіз шляхом створення різноманітних індексних зображень (рис. 3.1).

Були проаналізовані усі знімки на обрані території за період 24.02-11.04.2022 р..

По результатах було вирішено працювати надалі зі знімками, які:

- були найактуальнішими, тобто найближчими до дати виконання досліджень;
- з нульовою або близькою до цієї цифри хмарністю;
- на яких був наявний сніговий покрив, що надавало можливість використати

дешифрувальну ознаку «контраст» (рис. 3.1).



Знімок 22.03.2022



Знімок 11.04.2022

Рис. 3.1 – Порівняння проявів бойових дії на різних знімках

Дійсно, як показано на рисунку 3.1, на сухому ґрунті без снігу можна відстежити лише деякі, ймовірно найглибші воронки.

Подальша робота проводилась у геоінформаційній системі QGIS по знімках з датами 20.03-22.03.2022 року. Знімки завантажувались за допомогою сервісу <https://earthexplorer.usgs.gov>.

Для зручності виконання роботи вся територія була розділена на прямокутники, що відповідали номенклатурі топографічних карт масштабу 1:10000 (рис. 3.2).

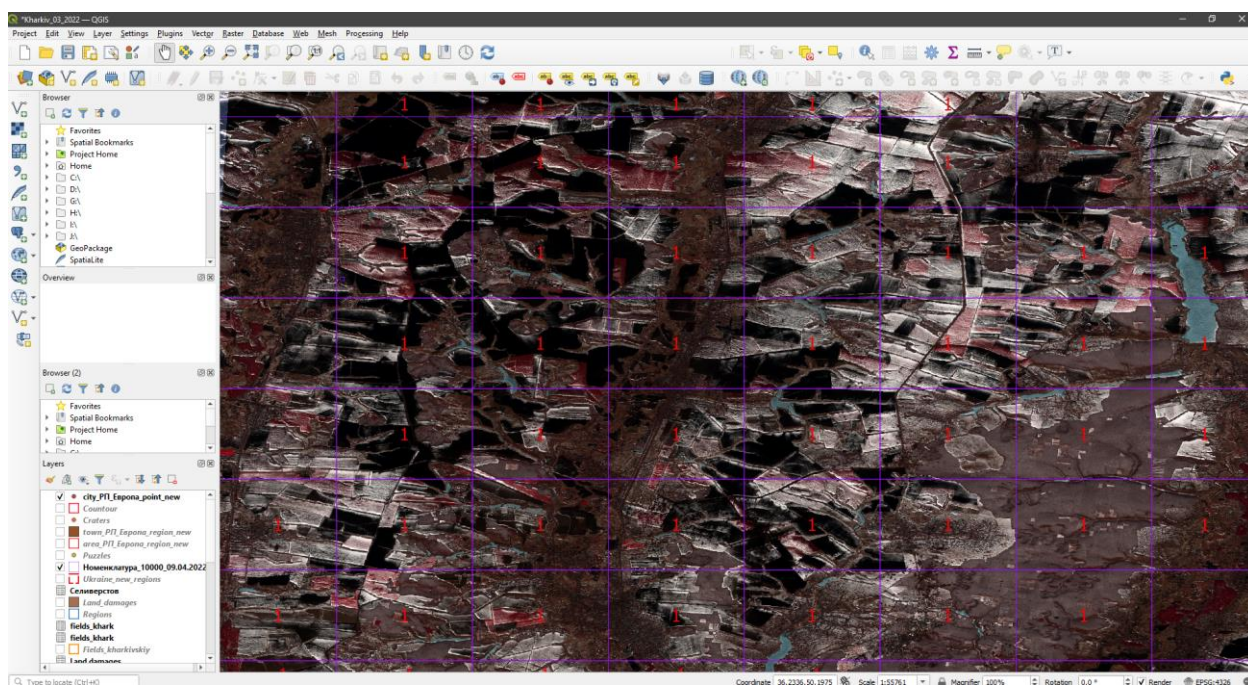


Рис. 3.2 – Номенклатура топографічних карт масштабу 1:10000

Дешифрування виконувалось послідовно по прямокутниках (на рис. 3.2 – бузковий колір). Після повного обстеження прямокутника ставилась мітка (на рис. 3.2 – червона цифра 1), що дозволяло запобігати плутанині у роботі та не перевіряти одну й ту ж саму територію двічі.

Для діагностики пошкоджених ґрунтів застосовувались знімки видимого діапазону, що складались з 5, 4, 3 каналів супутника Sentinel-2 (рис. 3.3). Для діагностики озимих – використовувався псевдокольорові зображення-індекси, що формувались з 8, 4, 3 каналів (рис. 3.4).

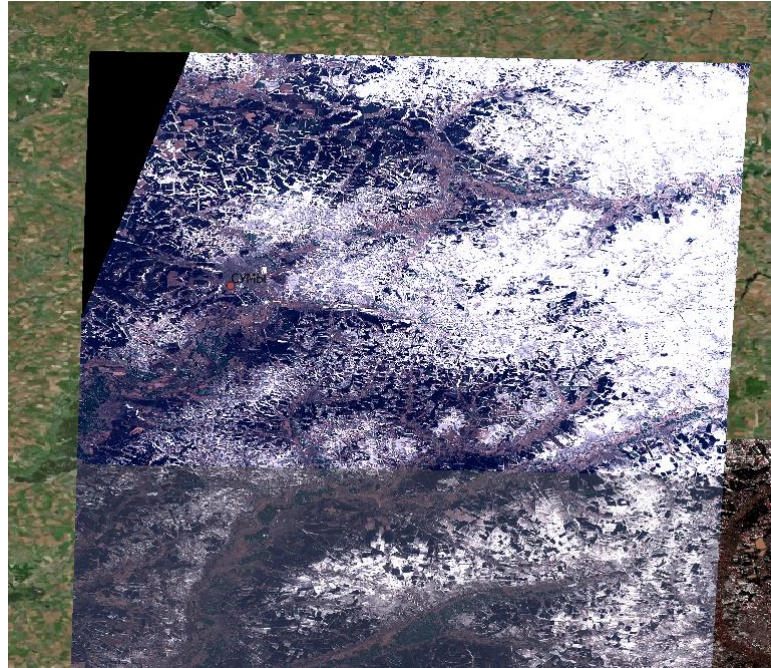


Рис. 3.3 – Космічний знімок у видимому діапазоні, сформований з використанням каналів 5, 4 і 3.

Оскільки головною метою роботи було оцінка пошкоджень сільськогосподарських угідь досліджувались лише такі види земель: рілля, пасовища, сіножаті. Лісові угіддя та міська забудова не досліджувались.

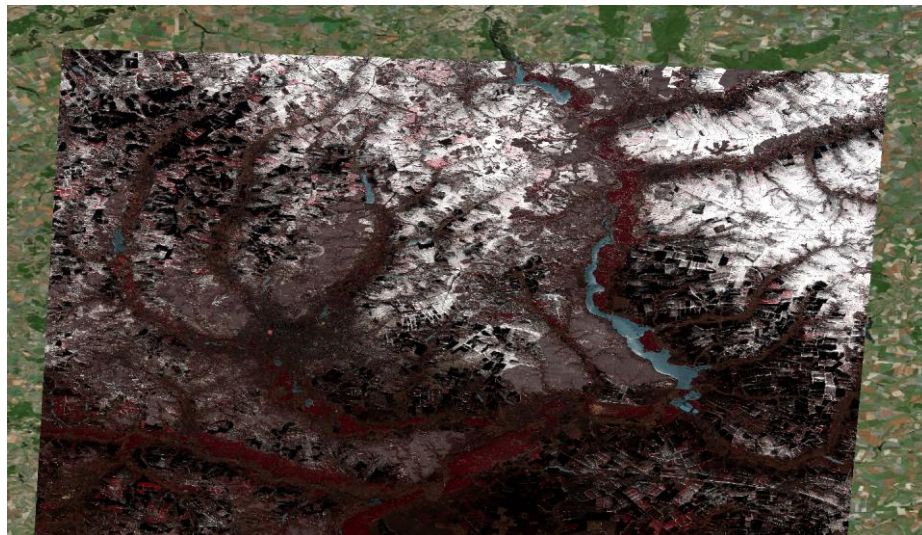


Рис. 3.4 – Космічний псевдокольоровий знімок, сформований з використанням каналів 8, 4 і 3.

### 3.2. Результати дешифрування космічних зображень супутника Sentinel

Дешифрування порушень ґрунтів відбувалось за такими ознаками: колір, форма, розмір, структура, контраст. Приклад наведений на рисунку 3.5. Як бачимо на засніжених сільськогосподарських полях чітко виділяються результати обстрілів – воронки. Постійно проводилась перевірка результатів дешифрування шляхом порівняння з високоточними знімками сервісу Bing.

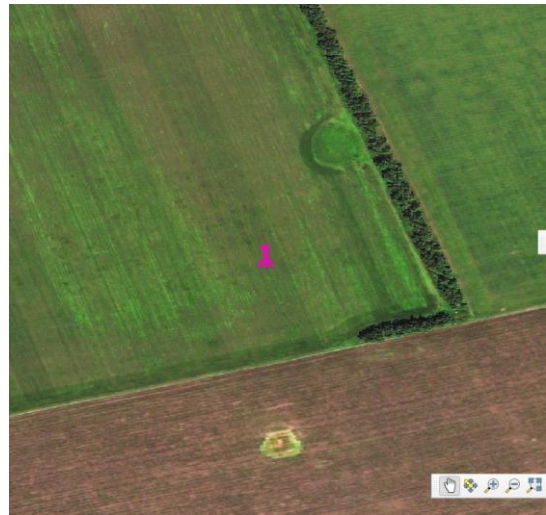


Рис. 3.5 – Приклад візуального дешифрування пошкоджених ґрунтів

Це дозволяло уникнути похибок, так званих «хибних друзів» дешифрувальщика. На рисунку 3.6 зліва ми бачимо здавалось би чіткі ознаки воронки. Але перевірка показала, що це ознаки звичайних природних об'єктів- двох степових блюдець та маленької лісосмуги. Це доводить вірність рішення щодо проведення візуального дешифрування, адже врахування таких моментів в автоматизованому варіанту дешифрування буде дуже складним та дорогим завданням.



Знімок Sentinel-2



Знімок з сервісу Bing

Рис. 3.6 – Перевірка результатів дешифрування

На нашу думку крім встановлення площі пошкоджених земельних угідь вкрай важливим було питання фіксації втрат посіві озимих сільськогосподарських культур. Для їх визначення використовувались псевдокольорові зображення, що формувались з каналів 8, 4 і 3 (рис. 3.7). Така комбінація дозволяє чітко за червоним псевдокольором виділяти на знімках рослинність, тобто посіви озимих культур.



Рис. 3.7 – Дешифрування пошкоджених озимих сформований з використанням каналів 8, 4 і 3.

Фіксація пошкоджених територій проводилась шляхом формування векторних полігональних об'єктів (рис. 3.8). Площі орних земель, що в наслідок бойових дій

зазнали значної шкоди й не зможуть бути застосовані в агарній кампанії 2022 року відмічались полігональними об'єктами (зелений колір).

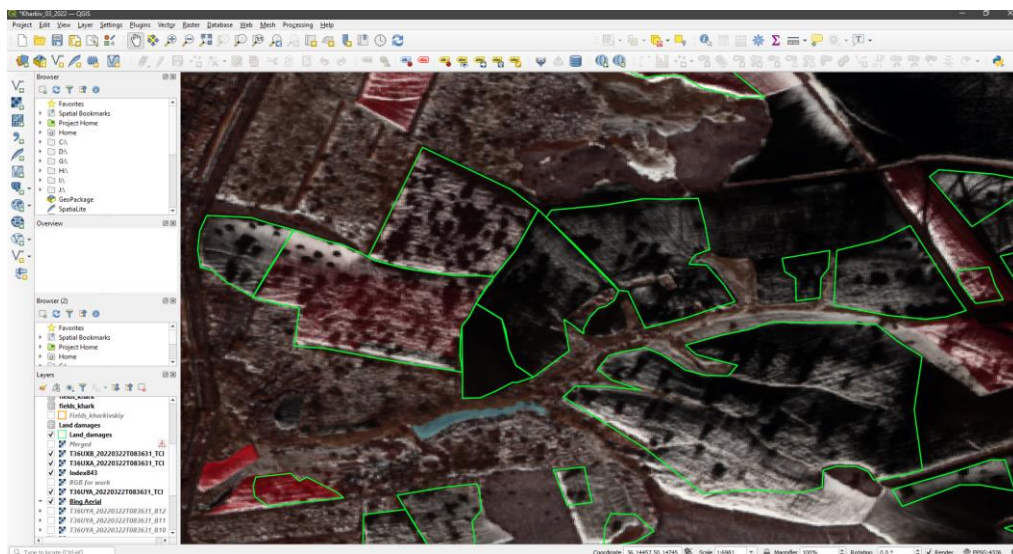


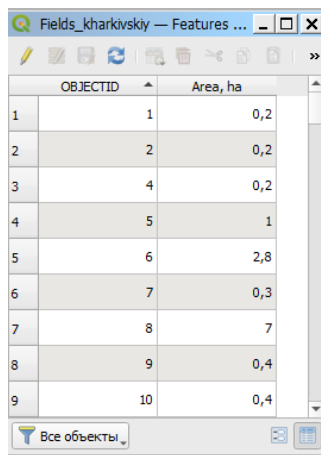
Рис. 3.8 – Створення векторного шару пошкоджених ділянок

Якщо воронка була поодиноким то вона відмічалась лише контуром навколо неї (рис. 3.9). Якщо ж воронки були розташовані густо, то виділення проводилось з врахуванням ефекту буферизації. За буфер бралась приблизна відстань щодо можливості використання сільськогосподарської техніки. В результаті відмічалась вся територія, що зазнала щільної бомботурбації (рис. 3.9).



Рис. 3.9 – Векторизація наслідків бомботурбації.

Разом з векторними шарами у ГІС автоматично створюється таблиця атрибутивних даних (рис. 3.10), яка містить ідентифікаційні номери створених векторних об'єктів.



	OBJECTID	Area, ha
1	1	0,2
2	2	0,2
3	4	0,2
4	5	1
5	6	2,8
6	7	0,3
7	8	7
8	9	0,4
9	10	0,4

Рис. 3.10 – Таблиця атрибутивних даних.

Розрахунки площ пошкоджених земельних угідь проводились автоматично у QGIS за допомогою опції Калькулятор полів (рис. 3.11). Надалі також автоматично підраховувались суми пошкоджених земельних угідь.

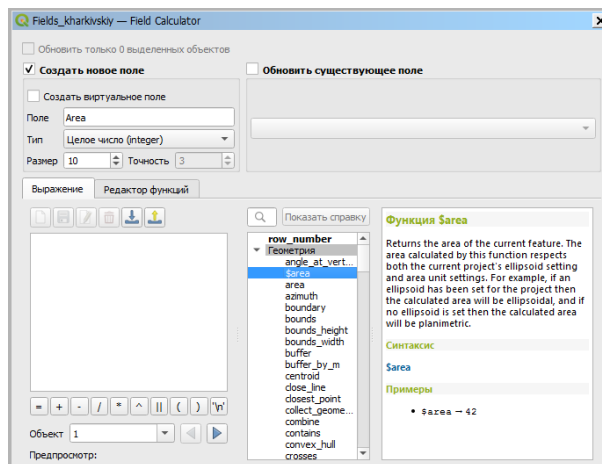


Рис. 3.11 – Приклад таблиці атрибутивних даних.

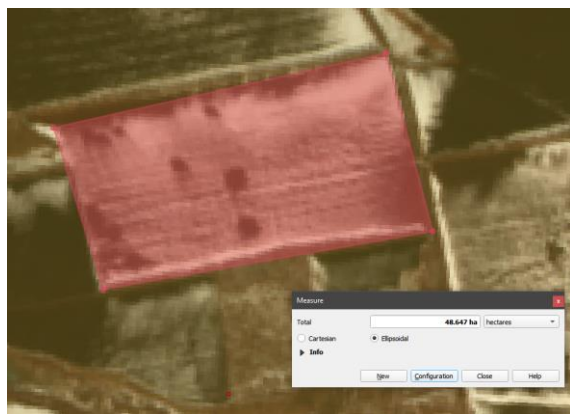
Площа Харківського району Харківської області становить 3223,8 км<sup>2</sup>. В ході роботи було обстежено біля двох тисяч км квадратних території. Площа пошкоджених земельних угідь становила 2582.1 га. Площа пошкоджених озимих –

386.2 га. Додамо, що площа пошкоджених земельних угідь може бути значно більшою, адже на багатьох територіях снігового покриву на той час вже не спостерігалось. Разом з тим ґрунт після сніготанення був вологий через що на ньому були не видні наслідки бомботурбації.

Території, що постраждали унаслідок бомботурбації характеризуються повним порушенням ґрунтового профілю, значною зміною рельєфу, знищенням рослинного та тваринного світу. Сільськогосподарські поля, що зазнали інтенсивних обстрілів часто стають непридатними для сільськогосподарського використання, що викликає необхідність їх рекультивації або ж трансформації у інші види угідь. Останнє в свою чергу тягне значні правові, економічні та соціальні проблеми.

### 3.3 Прикладне використання бази геоданих пошкоджень сільськогосподарських угідь

Отримана база геоданих може слугувати основою для вирішення низки важливих життєвих та екологічних проблем. Зокрема, відомо, що певний відсоток боєприпасів не вибухають при потраплянні до ґрунту. Це залежить від їх типу та характеристик ґрунту. Згідно даним Кай Вінкельманна (усне повідомлення) касетні боєприпаси мають велику частку снарядів, що не вибухнули – 30-50 %. Відповідно точки воронок є одночасно індикаторами можливого розташування поруч невибухнувших снарядів.



Поле № 1



Поле № 2

Рис. 3.11 – Порівняння характеристик пошкодження полів

Наприклад, на рисунку 3.12 показані два поля. Площі полів близькі (табл. 3.1), але ураженість їх снарядами зовсім різна. На поле №1 можна нарахувати 11 чітких воронок. Поле № 2 пошкоджено практично повністю. Нами нараховано 48 наслідків від вибухів, але їх кількість може бути значно більшою.

Візьмемо середнє значення снарядів, що не вибухнули – 40 %. Відповідно для поля № 1 кількість таких боєприпасів становить 4,4 шт. Оскільки в таких випадках краще перестраховатися округлимо цифру до 5 шт. Для поля № 2 відповідне значення становить 19,2 шт. Також округляємо до 20 шт.

Розрахуємо «показник небезпеки» – кількість ймовірно наявних боєприпасів, що не вибухнули на одиницю площі (табл. 3.1). Для поля № 1 він становить 0,1 шт, для поля № 2 – 0,37 шт. Тобто небезпека потрапити на невибухнувший снаряд на другому полі більше ніж в три рази в порівнянні з першим.

Такі цифрові карти та розрахунки дозволять кількісно оцінити «вибухову» небезпеку конкретних полів Харківського району Харківської області та надати рекомендації щодо черговості їх розмінування, рекультивації та подальшого використання.

Таблиця 3.1

## Порівняння характеристик пошкодження полів

№ поля	Довгота	Широта	Площа, га	Кількість воронок, шт	Ймовірна кількість боєприпасів, що не вибухнули, шт	Щільність «небезпеки», шт/га
Поле № 1	36,148	50,155	48,647	11	5	0,10
Поле № 2	36,232	50,195	54,819	48	20	0,37

Іншим важливим аспектом прикладного використання отриманої нами бази геоданих пошкоджених територій може бути встановлення потенційних зон хімічного забруднення ґрунтів.

Хімічне забруднення ґрунтів відбувається внаслідок вибухів, різноманітних пожеж, розливу паливно-мастильних матеріалів та інше. На даний час найвпливовішим фактором є вибухи снарядів та ракет. В результаті яких до ґрунту

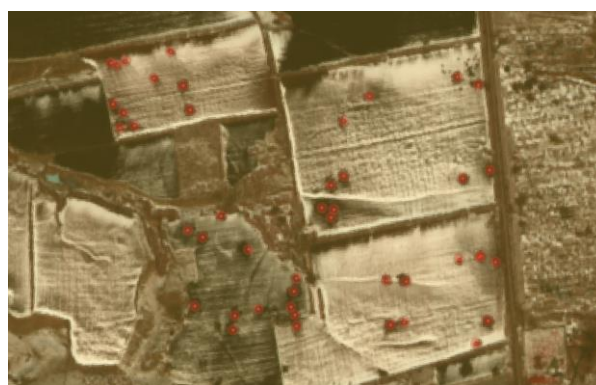
надходить значна кількість забруднюючих речовин, які умовно можна поділити на дві групи: 1) важкі метали, 2) компоненти вибухових речовин [12].

Ці хімічні речовини можуть забруднювати ґрунт і поверхневі та підґрунтові води й становити значну небезпеку для здоров'я людини та навколишнього середовища. Їх первинна локалізація може бути встановлена за цифровими картами, що згадувались вище, а прогноз їх міграції у ландшафті може бути наданий після геоінформаційного аналізу території. Зокрема пропонується проведення гідрологічного аналізу території на основі цифрових моделей рельєфу. Це дасть можливість визначити основні напрями поверхневих та підпо-верхневих водних потоків і визначити межі територій, які потенційно можуть бути хімічно забруднені.

На рисунку 3.12 показані перші два етапи подібного аналізу. Спочатку фіксується центр воронки за рахунок створення точкового шару векторних об'єктів. Надалі біля усіх створених об'єктів (точок) будуються буферні зони діаметром 30 м. Вибір такої відстані ґрунтується на експертній оцінці за результатами спілкування з фахівцями Національного наукового центру ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського. Саме така відстань характеризує орієнтовну зону, яка може буде забруднена в результаті вибухів.



Локалізація воронок



Буферизація зон забруднення

Рис. 3.12 – Встановлення буферних зон потенційного хімічного забруднення ґрунту

Хімічні речовини, що потрапили до ґрунту у результаті вибухів боєприпасів надалі можуть мігрувати у ландшафті з поверхневим та внутрішньо-ґрунтовим

стоком. Спрогнозувати напрямки можливого перенесення можна за результатами встановлення гідрологічної мережі даного ландшафту та суміщення її з векторним шаром наслідків бомботурбації.

Визначення основних гілок яружно-балкової мережі можливо провести шляхом візуального дешифрування космічних знімків. Основними дешифрувальними ознаками при цьому будуть (рис. 3.13):

- 1) форма: витягнута, геометрично невірна, без прямих ліній та гострих кутів;
- 2) колір: для зимово-весняних знімків характерна сірий для видимого діапазону та брунатний для композитного знімку;
- 3) структура: класична дендровидна структура, коли усі «гілки» дерева з'єднуються попарно та ніколи не перетинаються.

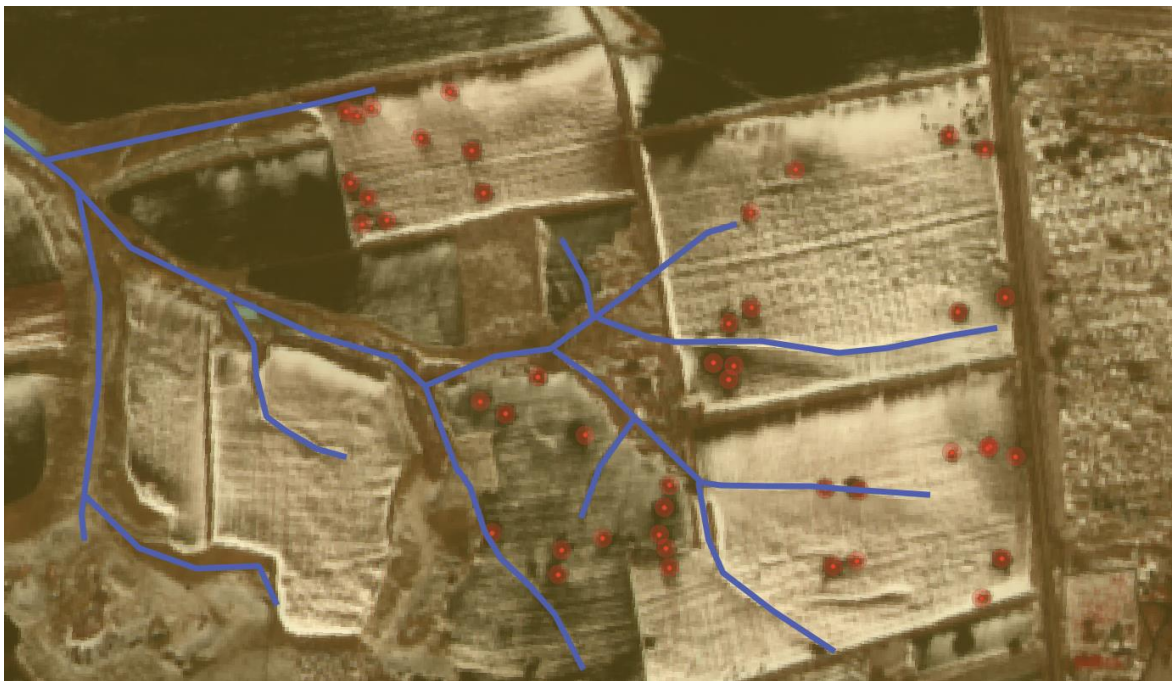


Рис. 3.13 – Яружно-балкова мережа досліджуваної території

На рисунку 3.14 наведений варіант візуального оверлейного геоінформаційного аналізу. Суміщення шарів розташування воронки з космічним зображенням та гідрографічною мережею дозволяє вказати орієнтовні шляхи руху поверхневого стоку від місць потрапляння снарядів до основних ланок яружено-балкової мережі. Суть аналізу полягає у прокладанні перпендикулярів від точок

потрапляння снарядів, як потенційних джерел забруднення до найближчого елемента гідрографічної мережі.

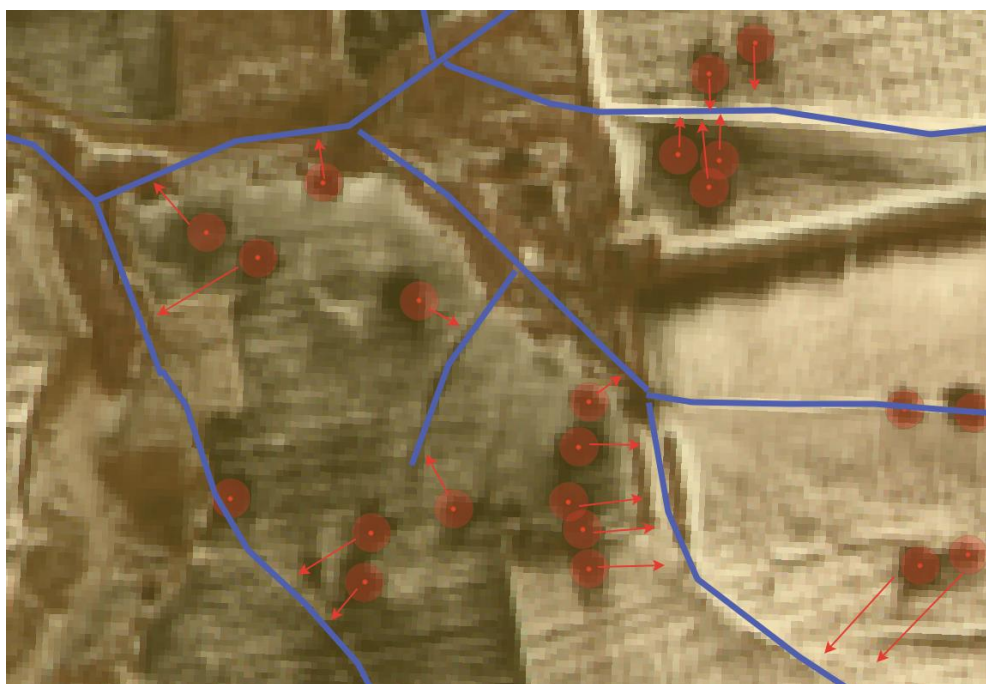


Рис. 3.14 – Орієнтовні шляхи руху забрудненого поверхневого стоку у ландшафті.

Наведені маршрути є орієнтовними й мають бути підтверджені більш точним гідрологічним аналізом на основі застосування цифрових моделей рельєфу. Але навіть у такому вигляді отримана інформація може бути корисна навіть на даному етапі на рівні керівних органів територіальних громад.

Запропонований алгоритм дій може бути програмно реалізований у середовищі QGIS, що надасть змогу автоматизувати запропонований варіант аналізу та надалі створить умови для автоматизації створення цифрових карт потенційно забруднених територій.

## РОЗДІЛ 4

### ОЦІНКА ПОШКОДЖЕНЬ ЗЕМЕЛЬНИХ УГІДЬ ХАРКІВСЬКОГО РАЙОНУ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЯК КРИТЕРІЮ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ЕКОЛОГІЧНОГО АУДИТУ ТЕРИТОРІЙ

Екологічний аудит територій (геоекологічний аудит) – один із напрямів аудиторського науково-практичного виду діяльності, який заснований на аналізі коадаптивності господарської й природної підсистем через комплексну геоекологічну оцінку й аналіз територіальної організації об'єкта аудитування, спрямований на розробку заходів щодо сталого розвитку регіону [13].

Офіційно на рівні закону поняття екологічного аудиту територій не визначене. Такого терміну не існують в закордонній літературі. Однак саме смислове поняття суті екологічного аудиту інтегровано у різноманітні керівники практики на кшталт зонінгу [14]. Вважаємо, що нашій країні, особливо в післявоєнні часи буде потрібна політика раціонального розвитку території освою якої має стати територіальний екологічний аудит.

На даний час немає єдиного методологічного підходу для реалізації територіального екологічного контролю. Аналіз літератури узагальнює такі основні положення цього методу:

- визначається вплив природного компонента на господарський компонент шляхом вивчення негативних характеристик природних складових, а також різних деструктивних процесів (посухи, зсуви та ін.). Вважається, що вони можуть стати факторами, що обмежують конкретний вид економіко-господарської діяльності;
- встановлюються взаємний вплив середовища аудиторської установки і її самого, шляхом пошуку процесів і структурних змін навколишнього середовища під впливом об'єкта на рівні комплексів і окремих компонентів.

Аналіз літератури показав таку загальну схему методики оцінки геоекологічного стану території для екологічного аудиту:

- складання ландшафтної карти;

- оцінка екологічного потенціалу ландшафтів: оцінка показника ландшафтно-екологічного потенціалу ландшафтних зон, поясів (ярусів), місцевостей;
- компонентна оцінка ГЕС ландшафтів (ґрунтів, води, потенційного забруднення ландшафтів через повітряне середовище) і комплексна [15].

Вважаємо, що пошкодження земельних угідь внаслідок бомботурбації цілком логічно відноситься до деструктивних факторів, що обмежують господарську діяльність на досліджуваній території. В наслідок бойових дій земельні ресурси зазнають такі види пошкоджень:

1) фізичне руйнування ґрунтового покриву внаслідок вибухів. Розміри воронок можуть бути різними в залежності від калібру та типу снарядів, однак всі воронки потребують ретельного зарівнювання з дотриманням усіх вимог щодо непорушення будови ґрунтового профілю;

2) хімічне забруднення полягає у потраплянні до ґрунту забруднювачів разом з боєприпасами. Треба проводити дослідження рівня забруднення та приймати рішення щодо можливості подальшого використання забруднених земель;

3) радіаційне забруднення території можливо у наслідок того, що при виробництві снарядів часто використовують збіднений уран. Після проведення досліджень встановлюється рівень радіаційного фону та приймається рішення щодо подальшої долі досліджуваних територій.

Врахування всіх цих факторів дозволить якомога скоріше розпочати планування стратегії відновлення території та запустити її в дію. Саме наявність чітких координатних прив'язок для пошкоджених ділянок дозволить розробити відповідні цифрові карти, що ляжуть в основу такої стратегії.

Виходячи з наведеного визначення екологічного аудиту територій отримана в ході досліджень база геопросторових даних пошкоджених земельних угідь може бути рекомендована як обов'язкова при проведенні територіального аудиту. Подальше відновлення та сталий розвиток досліджуваного регіону має обов'язково враховувати наслідки фізичного та хімічного пошкодження сільськогосподарських земель.

## ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що оптимальними дешифрувальними ознаками для наслідків бомботурбації (місце потрапляння снарядів, мін і ракет) є: колоподібна форма, невеликий розмір, контрастне забарвлення з фоном.

2. Встановлено низка важливих методичних положень дешифрування наслідків бомботурбації, а саме:

1) оптимальним варіантом є наявність контрастного фону – снігу на полях або рослинного покриття (озимі);

2) воронки не дешифруються по ранніх весняних знімках, коли ґрунт вологий і темний за кольором;

3) фіксація воронок має обов'язково перевірятись в архівних детальних знімках вільного розповсюдження (сервіси GoogleEarth, Bing.com).

3. В ході роботи було обстежено біля двох тисяч км квадратних території Харківського району Харківської області. Встановлено, що площа пошкоджених земельних угідь станом на квітень 2022 року становила 2582,1 га.

4. Площа пошкоджених озимих на ту ж дату становила 386,2 га. Вказані цифри можуть бути значно більшими, адже на багатьох територіях снігового покриття на той час вже не спостерігалось, що погіршувало можливість дешифрування.

5. Створена база геоданих пошкоджених земель може бути рекомендована як цифрова картографічна основа для кількісної просторової оцінки боєприпасів, що не вибухнули та прогнозування шляхів міграції хімічних забруднюючих речовин у ландшафті.

6. Отримані просторові дані щодо пошкоджень земельних угідь Харківського району Харківської області рекомендуються як обов'язкові матеріали при проведенні екологічного аудиту території.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Земельний довідник України 2020. URL: <https://agropolit.com/spets-proekty/705-zemelnyy-dovidnikukrayini--baza-danih-pro-zemelnyy-fond-krayini> (дата звернення 10.09.2022)
2. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2019 році. Міністерство екології та природних ресурсів України. К. 2020. 559 с.
3. Некос А. Н., Ачасов А. Б., Кочанов Е. О. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: дистанційні методи. Підручник. Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2017. 244 с.
4. Landsat-8. URL: <http://surl.li/dummv> (дата звернення: 12.09.2022).
5. Tavares, Joao. Image Processing and Analysis. *Applications and Trends. AES-ATEMA. Advances and Trends in Engineering Materials and their Applications. International Conference Series.*
6. Barbieri T., Despini F., Teggi S. A Multi-Temporal Analyses of Land Surface Temperature Using Landsat-8 Data and Open Source Software: The Case Study of Modena, Italy. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/5/1678> (дата звернення: 18.09.2022).
7. Wang, Xiaofeng, Wang, Zhengran. Analysis and Evaluation of Ecological Environment *Monitoring Based on PIE Remote Sensing Image Processing Software. Journal of Robotics. 2022. С.1-12.*
8. Ачасов А. Б., Некос А. Н. Дистанційні методи дослідження навколишнього середовища: методичні вказівки до виконання практичних робіт. Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2017. 20 с.
9. BingMaps. URL: <https://www.bing.com/maps/aerial?cp=49.982137%7E36.256943&lvl=11.0&style=a> (дата звернення: 12.09.2022).
10. USGS GloVis. URL: <https://glovis.usgs.gov/app> (дата звернення: 12.09.2022).
11. Sentinel Hub Playground. URL: <https://apps.sentinel-hub.com/sentinel-playground> (дата звернення: 21.09.2022).

12. Broomandi P, Guney M, Kim JR, Karaca F. Soil Contamination in Areas Impacted by Military Activities. *A Critical Review. Sustainability*. 2020. URL: <https://research.nu.edu.kz/en/publications/soil-contamination-in-areas-impacted-by-military-activities-a-cri> (дата звернення: 21.09.2022).

13. Завальнюк І. В. Екологічний аудит територій (на прикладі рівнинного Криму) : автореф. дис. ... канд. геогр. наук : спец. 11.00.11 «Конструктивна географія і раціональне використання природних ресурсів» / І. В. Завальнюк. – К., 2004. 20 с.

14. Maantay Juliana. Zoning, Equity, and Public Health. *American journal of public health*. URL: <https://ajph.aphapublications.org/doi/pdf/10.2105/AJPH.91.7.1033>

15. Охременко І. В. Екологічний аудит територій і туризм. Вчені записки ТНУ ім. В. І. Вернадського. Географія: збірник наукових праць. С: ТНУ ім. В. І. Вернадського, 2010. С. 119-122.