

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного
Навчально-науковий інститут загальноуніверситетської підготовки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. каф. геоекології і землеустрою

доцент _____ Максим ГАНЧУК

“_19_” січня 2026 р.

Пояснювальна записка

до дипломної роботи здобувача СВО Магістр
(ступінь вищої освіти)

на тему: **«Оцінювання стану сільськогосподарських територій у зоні бойових дій на основі даних дистанційного зондування Землі»**

26 ГЗ Д 005 000000 ПЗ

Виконав: здобувачка ВО 2 курсу, групи 21 МБГЗ 3
спеціальності 193 Геодезія та землеустрій
за ОПП Геодезія та землеустрій
(шифр і назва спеціальності та ОПП)

Здобувач вищої освіти _____ Наталія ПАРАПАНОВА
(підпис) (П.І.П)

Керівник, доцент _____ Віра САЙ
(підпис) (П.І.П)

Консультант, доцент _____ Михайло ЗОРЯ
(підпис) (П.І.П.)

Нормоконтроль, доцент _____ Вікторія СКИБА
(підпис) (П.І.П)

Запоріжжя - 2026 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

Інститут або факультет ННІЗУП
Кафедра геоекології і землеустрою
Ступінь вищої освіти Магістр
Галузь знань 19 «Архітектура та будівництво»
Спеціальність 193 «Геодезія та землеустрій»
Освітня програма «Геодезія та землеустрій»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри ГЕЗ

к.с.-г.н., доцент Максим ГАНЧУК

« 10 » січня 2026 р

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

студенту Парапанова Наталія Романівна

1. Тема роботи **Оцінювання стану сільськогосподарських територій у зоні бойових дій на основі даних дистанційного зондування Землі**

керівник роботи к.т.н., доцент Сай Віра Михайлівна

Затверджені наказом Ректора університету від «31» жовтня 2025 р. № 585/1-
С

Строк подання студентом роботи «30» січня 2026 р.

Вихідні дані до роботи дані відділу статистики, держгеокадастру, супутникові знімки, дані ГІС та ДЗЗ.

Перелік питань, які потрібно розробити: теоретичні аспекти впливу військових конфліктів на сільськогосподарську діяльність; моніторинг земель: призначення та завдання; можливості засобів дистанційного зондування для вирішення питань сільського господарства; Аналіз територій сільськогосподарського призначення підвержених впливу бойових дій за даними ДЗЗ.

Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав (дата)	завдання прийняв
Розділ 5 Охорона праці в галузі	Михайло ЗОРЯ, к.т.н., доцент, завідувач кафедри цивільної безпеки	15.10.2025	15.10.2025

Дата видачі завдання

15.10.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи (місяць)	Відмітка керівника про виконання (засвідчується підписом)
Розділ 1. Теоретичні аспекти впливу військових конфліктів на сільськогосподарську діяльність	вересень	Виконано
Розділ 2. Моніторинг земель: призначення та завдання	жовтень	Виконано
Розділ 3. Можливості засобів дистанційного зондування для вирішення питань сільського господарства	листопад	Виконано
Розділ 4. Аналіз територій сільськогосподарського призначення підвержених впливу бойових дій заданими ДЗЗ	грудень	Виконано
Розділ 5. Охорона праці і галузі	грудень	Виконано
Висновки	січень	Виконано

Студентка _____ . Н.Р. Парапанова
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи В.М. Сай
(підпис) (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Парапанова Н.Р. Оцінювання стану сільськогосподарських територій у зоні бойових дій на основі даних дистанційного зондування Землі. Магістерська робота. Кафедра геоєкології і землеустрою. Запоріжжя, ТДАТУ ім. Д. Моторного, 2026. С.60

Текст викладений на 55 сторінках, містить 5 розділи, 1 таблиця, 32 рисунків, 8 літературних джерела.

Актуальність теми дослідження

На нинішньому етапі науково-технічного прогресу поєднання геоінформаційних систем та автоматизованої обробки багатозональних супутникових даних виступає фундаментальним інструментом для стратегічного управління земельними ресурсами. Такий підхід забезпечує надійну інформаційну базу для оперативного моніторингу стану посівів та прогнозування врожайності, що є критично важливим для оптимізації агровиробництва.

У даному дослідженні проаналізовано ефективність застосування мультиспектральних знімків системи Landsat 8 для вирішення завдань геоінформаційного моніторингу. Джерелом первинних даних ДЗЗ слугувала бібліотека Геологічної служби США (USGS), а аналітична обробка просторової інформації виконувалася засобами програмного комплексу ArcGIS. Практичну апробацію запропонованих методик здійснено на прикладі агроландшафтів Херсонської та Запорізької областей.

Метою роботи є оцінювання сучасного стану сільськогосподарських територій у зоні бойових дій на основі використання даних дистанційного зондування Землі з метою виявлення ступеня їх пошкодження, деградації та визначення можливостей подальшого використання і відновлення.

Ключові слова: сільськогосподарські землі, деградація земель, раціональне використання земель, ГІС, ДЗЗ.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВПЛИВУ ВІЙСЬКОВИХ КОНФЛІКТІВ НА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКУ ДІЯЛЬНІСТЬ	8
1.1 Світовий досвід оцінки наслідків активних військових конфліктів на показники врожайності сільськогосподарських культур	9
1.2 Вплив військової агресії в Україні на розвиток глобального продуктового кризису на планеті	10
РОЗДІЛ 2 МОНІТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ: ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ЗАВДАННЯ	17
РОЗДІЛ 3 МОЖЛИВОСТІ ЗАСОБІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ПИТАНЬ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА	22
3.1 Характеристики систем дистанційного зондування Землі	22
3.2 Методи обробки даних ДЗЗ для завдань сільського господарства	23
3.3 Використання даних ДЗЗ та можливостей ГІС у завданнях оцінки впливу військових конфліктів на навколишнє середовище	28
3.4 Особливості роботи з дистанційними даними у ГІС	34
РОЗДІЛ 4 АНАЛІЗ ТЕРИТОРІЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ПІДВЕРЖЕНИХ ВПЛИВУ БОЙОВИХ ДІЙ ЗА ДАНИМИ ДЗЗ	39
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ В ГАЛУЗІ.....	53
ВИСНОВКИ	55
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	56

ВСТУП

На нинішньому етапі науково-технічного прогресу поєднання геоінформаційних систем та автоматизованої обробки багатозональних супутникових даних виступає фундаментальним інструментом для стратегічного управління земельними ресурсами. Такий підхід забезпечує надійну інформаційну базу для оперативного моніторингу стану посівів та прогнозування врожайності, що є критично важливим для оптимізації агровиробництва.

У даному дослідженні проаналізовано ефективність застосування мультиспектральних знімків системи Landsat 8 для вирішення завдань геоінформаційного моніторингу. Джерелом первинних даних ДЗЗ слугувала бібліотека Геологічної служби США (USGS), а аналітична обробка просторової інформації виконувалася засобами програмного комплексу ArcGIS. Практичну апробацію запропонованих методик здійснено на прикладі агроландшафтів Херсонської та Запорізької областей.

З метою виявлення деструктивних змін у стані сільськогосподарських культур, спричинених воєнними діями, було проведено розрахунок вегетаційного індексу NDVI. Це дозволило детально простежити динаміку накопичення біомаси протягом сезону 2022 року та надати об'єктивну кількісну оцінку просторової неоднорідності рослинного покриву на досліджуваних територіях.

Метою роботи є оцінювання сучасного стану сільськогосподарських територій у зоні бойових дій на основі використання даних дистанційного зондування Землі з метою виявлення ступеня їх пошкодження, деградації та визначення можливостей подальшого використання і відновлення.

1 ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВПЛИВУ ВІЙСЬКОВИХ КОНФЛІКТІВ НА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКУ ДІЯЛЬНІСТЬ

Раціональне управління просторовою структурою сільськогосподарського землекористування відіграє визначальну роль у забезпеченні довгострокової екологічної рівноваги, соціальної стабільності та економічного розвитку. Водночас збройна агресія проти України, що набула повномасштабного характеру у 2022 році, спричинила істотне скорочення площ сільськогосподарських земель, придатних до використання у виробничому процесі. Значна частина родючих угідь опинилася поза межами аграрного обігу, зокрема території, засіяні озимими культурами у 2021 році, а також земельні ділянки, підготовлені до весняної посівної кампанії 2022 року для вирощування скоростиглих культур.

Активні бойові дії та систематичні обстріли призвели до масштабного забруднення території держави вибухонебезпечними предметами, включаючи землі сільськогосподарського призначення. У результаті такі ділянки втратили можливість безпечної експлуатації та потребують тривалого періоду для проведення відновлювальних робіт. Після завершення воєнного протистояння виникне необхідність здійснення комплексної оцінки стану земельних ресурсів аграрного сектору шляхом проведення повної інвентаризації, яка передбачатиме декілька взаємопов'язаних напрямів:

1. систематичне спостереження за сільськогосподарськими угіддями, що тимчасово не використовуються, а також аналіз процесів залучення та виведення земельних ділянок із сільськогосподарського обігу;

2. створення та ведення узагальненої системи обліку земель із подальшою класифікацією, впорядкуванням і регулярним оновленням просторово прив'язаних метаданих, зокрема щодо площ угідь, їх типів, ґрунтових характеристик, агрохімічного стану, структури посівів і динаміки розвитку озимих та ярих культур.

Ефективне виконання зазначених завдань неможливе без використання сучасних джерел просторової інформації, ключове місце серед яких займають дані дистанційного зондування Землі, представлені багатоспектральними та гіперспектральними супутниковими знімками. У межах даного дослідження із залученням геоінформаційних технологій здійснено адаптацію та перевірку низки методів тематичної інтерпретації багатозональних зображень супутника Landsat-8, що дозволило виконати картографування структури землекористування та оцінити поточний стан сільськогосподарських угідь. Архівні супутникові матеріали були отримані з офіційного ресурсу Геологічної служби США (<https://glovis.usgs.gov>), а їх подальша обробка проводилася з використанням програмного комплексу ArcGIS 10.5.

1.1 Світовий досвід оцінки наслідків активних військових конфліктів на показники врожайності сільськогосподарських культур

Визначення масштабів впливу воєнних дій на аграрний сектор економіки ускладнюється відсутністю адекватних історичних аналогів. Після завершення Другої світової війни не фіксувалося збройних конфліктів, у які була б втягнута держава з настільки значним сільськогосподарським потенціалом і системоутворюючою роллю на світовому продовольчому ринку, як Україна.

Найбільш співставним за характером наслідків прикладом для сучасних українських реалій є воєнний конфлікт у Сирійській Арабській Республіці, який експерти Організації Об'єднаних Націй розглядають як умовний орієнтир для порівняльного аналізу. У 2011 році аграрний сектор Сирії формував сільськогосподарський валовий внутрішній продукт на рівні близько 49 млрд доларів США, що становило приблизно 20% загального ВВП країни, який оцінювався у 252 млрд доларів США.

У 2017 році Продовольча та сільськогосподарська організація ООН (ФАО) оцінила сукупні економічні втрати аграрного сектору Сирії за період 2011–2016

років на рівні близько 16 млрд доларів США, що перевищувало третину національного ВВП країни у 2016 році. Водночас аграрні системи Сирії та України істотно різняться за масштабами виробництва та значенням у глобальній торгівлі. За офіційними даними ФАО, у 2010 році обсяг експорту сільськогосподарської продукції Сирії становив 2,55 млрд доларів США, тоді як експорт агропромислової продукції України у 2020 році досяг 22 млрд доларів США.

За умов триваючої фази активних бойових дій будь-які оцінки втрат аграрного сектору мають орієнтовний характер і супроводжуються значною похибкою. У вартісному вимірі скорочення доходів сільського господарства та суміжних галузей може коливатися в межах від 4,4 до 15 млрд доларів США, що відповідає зниженню валового внутрішнього продукту на 10–30%.

За попередніми розрахунками, прямі збитки, завдані матеріальним активам аграрного сектору, оцінюються приблизно у 6,4 млрд доларів США. Додаткові економічні втрати, спричинені війною у 2022 році, можуть сягати близько 22 млрд доларів США. Очікується, що відновлення аграрної галузі здійснюватиметься за рахунок двох основних джерел, які істотно відрізняються за своїм фінансовим потенціалом.

Першим із них є власні ресурси сільськогосподарських підприємств, у тому числі залучені інвестиції, включаючи іноземні, однак їх обсяг є обмеженим. Другим, значно масштабнішим джерелом, виступає міжнародна фінансова допомога донорського характеру, обсяги якої обговорюються на міжнародному рівні та оцінюються у десятки мільярдів доларів США. Частина цієї підтримки передбачається в межах програм Європейського Союзу, спрямованих на сприяння відновленню та адаптації країн — кандидатів на членство в ЄС. Очікується, що у 2023 році відповідні бюджетні асигнування ЄС будуть істотно збільшені з урахуванням потреб України.

Ймовірно, надання фінансових ресурсів супроводжуватиметься впровадженням механізмів аудиту та операційного управління — як

міжнародного, так і національного рівня — з метою забезпечення прозорості та цільового використання коштів.

Одним із найбільш фінансово витратних напрямів міжнародної підтримки є реалізація програм гуманітарного розмінування. За оцінками Української асоціації саперів, на сьогодні близько 83 тис. км² території України залишаються забрудненими різними типами наземних мін.

Відповідно до статистичних даних ФАО, у Хорватії середня вартість розмінування становила близько 1,25 євро за 1 км², а ліквідація однієї складованої протипіхотної міни обходилася у 0,56 євро. З урахуванням зазначених показників загальна вартість кампанії з розмінування території України може сягати близько 10 млрд доларів США [1].

1.2 Вплив військової агресії в Україні на розвиток глобального продуктового кризису на планеті

Збройне вторгнення в Україну призвело до суттєвого скорочення обсягів сільськогосподарського виробництва та фактичного блокування значної частини експортних потоків продовольства з країни. Одночасно міжнародна відповідь на війну у вигляді економічних і фінансових санкцій значно ускладнила експорт аграрної продукції та ресурсів із Російської Федерації й Республіки Білорусь, зокрема через обмеження діяльності банківських установ, компаній і фізичних осіб цих держав.

Варто зазначити, що відповідно до даних «Global Report on Food Crises 2022», у 2021 році на Україну та Росію припадали провідні частки світового експорту основних продовольчих культур, зокрема пшениці (33%), ячменю (27%), кукурудзи (17%), насіння соняшнику (24%) та соняшникової олії (73%). Таким чином, порушення стабільності виробництва й експорту з цих країн спричинило серйозні дисбаланси на глобальному продовольчому ринку.

Військова агресія негативно позначилася практично на всьому спектрі ґрунтів України — від дерново-підзолистих ґрунтів північних регіонів до

каштанових і солонцюватих ґрунтів півдня. Проте найбільшого руйнування зазнали чорноземи, зокрема звичайні та південні, які є основою зернового виробництва та водночас розташовані в зоні інтенсивних бойових дій. На рисунках 1.1–1.4 наведено приклади впливу воєнного конфлікту на зернове сільськогосподарське виробництво.



Рисунок 1.1 — Влучання великокаліберного або ракетного снаряду

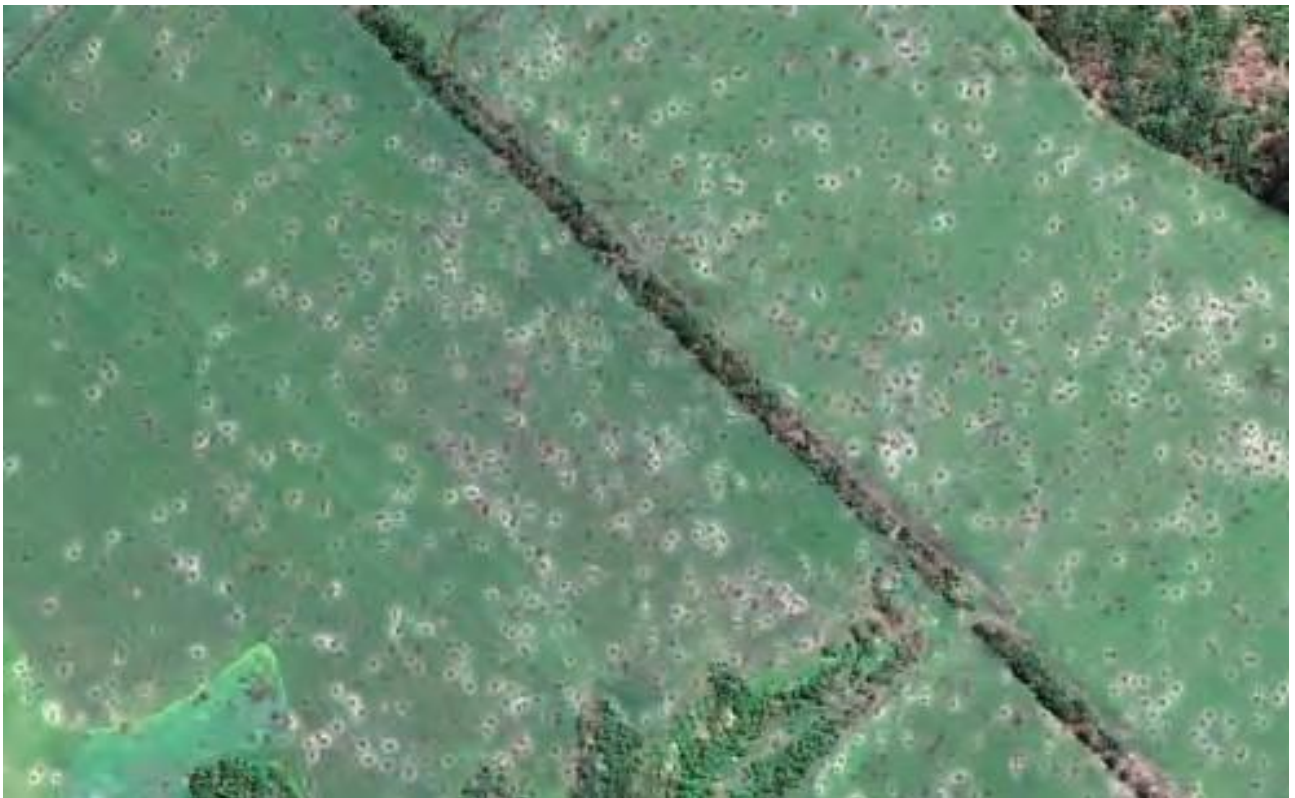


Рисунок 1.2 — Влучання великої кількості мало- та середньокаліберних снарядів



Рисунок 1.3 — Замінування посівних площ



Рисунок 1.4 — Вигорання посівів внаслідок займання від снарядів

Додатковим фактором загострення глобальної продовольчої ситуації є порушення ринку мінеральних добрив. Російська Федерація займає провідні позиції у світі як експортер азотних добрив і посідає третє місце за обсягами експорту фосфорних добрив. Крім того, Росія та Білорусь разом контролюють близько 40% світового ринку калійних добрив.

Скорочення постачання продовольства й агрохімічних ресурсів наклалося на вже існуючу тенденцію стрімкого зростання світових цін на харчові продукти, які досягли рекордних значень наприкінці 2021 року. У цей період Російська Федерація запровадила тимчасові обмеження на експорт зернових культур, рослинних олій, цукру та окремих видів добрив, що стало додатковим каталізатором цінового зростання.

Подальшого загострення продовольчої кризи набула через запровадження експортних обмежень з боку інших країн-виробників, зокрема Індії та Індонезії, які зменшили або припинили експорт пшениці, рослинних олій та низки інших продуктів з метою захисту власного населення від інфляції та ризиків продовольчої нестачі.

У 2021 році 36 із 53 країн і територій світу, які перебували в умовах нестабільної продовольчої безпеки, залежали від українського та російського експорту більш ніж на 10% загального імпорту пшениці. Серед них — 21 держава, що вже перебувала у стані гострої продовольчої кризи, зокрема Ємен, Судан, Нігерія та Ефіопія.

Особливо вразливим є регіон Східної Африки, який отримує близько 90% імпортованої пшениці з Російської Федерації (72%) та України (18%).

У травні 2022 року Всесвітня продовольча програма ООН заявила про серйозну загрозу зростання кількості людей, які потерпають від недоїдання. За оцінками організації, скорочення експорту продовольства, спричинене війною в Україні, може призвести до збільшення кількості недоїдаючих у світі на 8–13 млн осіб у 2022–2023 роках [2].

До початку повномасштабної війни Україна забезпечувала виробництво приблизно третини світового обсягу пшениці та ячменю, близько 20% кукурудзи й понад половину світового виробництва соняшникової олії. При цьому дві третини глобального експорту соняшникової олії припадали саме на Україну. Внаслідок війни світові ціни на продовольчі товари досягли історичних максимумів: вартість пшениці зросла на 19,7%, кукурудзи — на 19,1%, рослинних олій — на 23,2%, цукру — на 6,7%, м'ясної продукції — на 4,8%.

Припинення або різке скорочення постачання пшениці, кукурудзи та ячменю з України безпосередньо впливає на рівень продовольчої безпеки таких країн, як Сирія, Марокко, Ліван, Алжир, Йорданія, Єгипет, Лівія та Ємен.

Зерно, борошно та хліб є базовими компонентами щоденного раціону населення багатьох країн Азії та Близького Сходу. У низці держав регіону ціни на хліб та інші основні продукти харчування (олію, борошно, рис) регулюються

або субсидуються державою, а їх стабільність безпосередньо пов'язана з соціальною та політичною ситуацією. Саме тому загострення продовольчої кризи у близькосхідному регіоні істотно впливає на формування зовнішньополітичних позицій цих держав щодо війни в Україні.

Зокрема, Туреччина нині змушена закуповувати пшеницю за ціною близько 347 доларів США за тонну, тоді як наприкінці 2021 року її вартість становила 297 доларів США, а у 2020 році — 230 доларів США. В Єгипті, де проживає близько 106 млн осіб, внутрішнє виробництво пшениці забезпечує менше половини національних потреб. У попередні роки до 85% імпортованого зерна надходило з України. Станом на сьогодні ціна тонни борошна зросла до 700 доларів США, а вартість несубсидованого хліба підвищилася приблизно на 50%.

У Палестині зафіксовано суттєве зростання цін на борошно, овочі, курятину та цукор. Країна імпортує близько 95% пшениці, водночас не має достатніх потужностей для зберігання продовольства, що створює ризик вичерпання запасів борошна протягом трьох тижнів.

Ізраїль імпортує близько половини необхідних обсягів зерна та круп саме з України. У зв'язку з цим керівництво Ізраїлю та Йорданії розглядає можливість створення спільного регіонального продовольчого резерву та зерносховищ.

У Тунісі продовольча криза ускладнюється внутрішньою політичною нестабільністю, спричиненою конституційним переворотом 25 липня 2021 року. У зв'язку з цим держава змушена шукати альтернативні джерела постачання продовольства з метою покриття дефіциту та стримування зростання цін.

У менш економічно розвинених країнах, зокрема Лівані та Ємені, подальше підвищення цін може зробити продукти харчування недоступними для найбільш уразливих верств населення. В Іраку наявні запаси пшениці, за наявними оцінками, не перевищують тримісячної потреби.

Ліван до початку війни імпортував близько 96% борошна з України та Росії, при цьому Україна забезпечувала приблизно 66% таких поставок. Уже в перші дні повномасштабного вторгнення в країні розпочалася хлібна криза: ціни

на хліб зросли на 20%, а продаж продукції у торговельних мережах було обмежено. Власних стратегічних запасів зерна Ліван не має, що зумовлює його зацікавленість у якнайшвидшому завершенні війни в Україні.

Особливо складною є ситуація в Алжирі. Через недостатню кількість опадів у попередньому році обсяги власного врожаю скоротилися приблизно на 40% порівняно із середніми показниками. Війна в Україні ще більше загострила проблему. Водночас Алжир забезпечує близько 11% європейського імпорту нафти й газу, що створює для країни потенційні економічні можливості в умовах переформатування світового енергетичного ринку.

Крім того, Алжир імпортує близько 75% озброєння з Російської Федерації, одночасно співпрацюючи з НАТО та Європейським Союзом. У геополітичному протистоянні за Західну Сахару Сполучені Штати Америки підтримують Марокко, тоді як Росія займає сторону Алжиру. У результаті Алжир тяжіє до партнерства з Китаєм, Росією та Туреччиною, що зумовлює його стриману та нейтральну позицію щодо війни в Україні.

Таким чином, посилення продовольчого тиску на країни Азії та Близького Сходу може спричинити нові хвилі міграції до країн Європейського Союзу, що створює додаткові ризики соціально-політичної нестабільності на тлі війни Російської Федерації проти України.

Графічне зображення залежності деяких країн від українського зерна наведено на рис. 1.5.

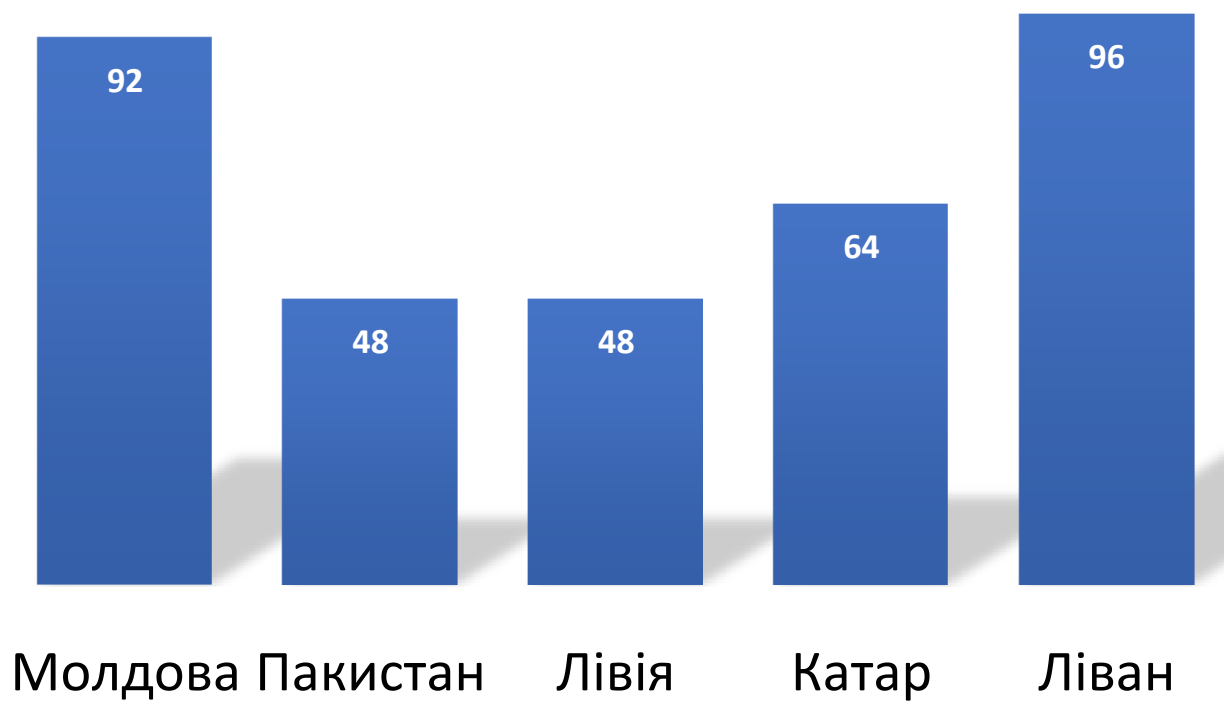


Рисунок 1.5 — Графік залежності деяких країн від імпорту зернових

2 МОНІТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ: ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ЗАВДАННЯ

Моніторинг земель є однією з ключових управлінських функцій у сфері раціонального використання та охорони земельних ресурсів. Його об'єктом виступають землі України незалежно від форми власності, цільового призначення та характеру використання, відповідно до загальнодержавних і регіональних (місцевих) програм. Моніторинг земель входить до складу державної системи моніторингу довкілля та являє собою систему спостережень за станом земель з метою своєчасного виявлення змін, їх оцінювання, попередження та усунення наслідків негативних процесів, що відповідає положенням статті 191 Земельного кодексу України.

Об'єктом моніторингу є всі земельні ділянки незалежно від форм власності. Невід'ємною складовою моніторингу земель є моніторинг ґрунтів. З урахуванням завдань, масштабів і територіального охоплення розрізняють національний, регіональний та локальний рівні моніторингу. Технічною основою його проведення є автоматизована інформаційна система.

Моніторинг земель включає систематичні спостереження за їх станом, зокрема агрохімічну паспортизацію земельних ділянок, виконання зйомок, обстежень та вишукувальних робіт, а також виявлення змін, що відбуваються у процесі землекористування.

У ході моніторингу здійснюється оцінка:

- процесів, пов'язаних зі зміною родючості ґрунтів (водна та вітрова ерозія, зменшення вмісту гумусу, погіршення структури ґрунту, заболочення, засолення), заростання сільськогосподарських угідь, забруднення земель пестицидами, важкими металами, радіонуклідами та іншими токсичними речовинами;
- стану берегових ліній річок, морів, озер, водосховищ і гідротехнічних споруд;

- розвитку ярів, селевих потоків, наслідків землетрусів та інших небезпечних природних явищ;
- стану земель у межах населених пунктів, а також територій, зайнятих нафтогазодобувними об'єктами, очисними спорудами, гноєсховищами, складами пально-мастильних матеріалів і добрив, автостоянками, місцями захоронення токсичних і радіоактивних відходів та іншими промисловими об'єктами.
- Залежно від періодичності проведення спостережень розрізняють базовий моніторинг, що фіксує вихідний стан земель на початку спостережень, періодичний моніторинг, який здійснюється з інтервалом у рік і більше, та оперативний моніторинг, спрямований на фіксацію поточних змін.
- Моніторинг земель проводиться шляхом виконання спеціалізованих зйомок і обстежень, виявлення негативних факторів, вплив яких потребує контролю, а також оцінювання, прогнозування та запобігання розвитку негативних процесів.
- Нормативно-правову основу здійснення моніторингу земель в Україні складають Земельний кодекс України, закони України «Про державний контроль за використанням та охороною земель» і «Про охорону земель», а також Положення про моніторинг земель, затверджене постановою Кабінету Міністрів України від 20 серпня 1993 року № 661.

Основними завданнями моніторингу земель є проведення довгострокових систематичних спостережень за станом земель і ґрунтів, аналіз та обробка інформації щодо їх якісного стану, оцінювання екологічного стану земель і

прогнозування змін родючості ґрунтів з урахуванням природних і антропогенних чинників. Важливим завданням є своєчасне виявлення змін у стані земель, розроблення рекомендацій щодо запобігання негативним процесам і ліквідації їх наслідків, а також інформаційне забезпечення ведення державного земельного кадастру, землеустрою та контролю за використанням і охороною земель.

Моніторинг земель здійснюється відповідно до загальнодержавних і регіональних програм. Отримана інформація накопичується в архівах і банках даних автоматизованої інформаційної системи, узагальнюється за адміністративно-територіальними одиницями та передається до територіальних органів Держгеокадастру.

Організацію та проведення моніторингу земель забезпечують центральні органи виконавчої влади, що реалізують державну політику у сфері земельних відносин і охорони навколишнього природного середовища. На локальному та регіональному рівнях моніторинг здійснюють територіальні органи Держгеокадастру, а на національному рівні — Держгеокадастр. Фінансування робіт проводиться за рахунок коштів державного бюджету та частини надходжень від плати за землю до місцевих бюджетів.

Результати моніторингу ґрунтів використовуються для правового регулювання земельних відносин, економічної та грошової оцінки земель, відтворення родючості ґрунтів і підвищення врожайності сільськогосподарських культур, коригування агротехнологій, проведення еколого-агрохімічного зонування територій, визначення зон виробництва продукції для дитячого та дієтичного харчування, а також розроблення рекомендацій щодо екологічно безпечного застосування агрохімікатів.

Моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення передбачає спостереження за якісним станом ґрунтів, аналіз процесів ерозії,

зміни структури, кислотності, засолення, заболочення, динаміки гумусу та поживних елементів, а також рівня забруднення важкими металами, радіонуклідами й іншими токсичними речовинами. На основі отриманих даних розробляються науково обґрунтовані рекомендації щодо запобігання деградації ґрунтів і забезпечення відтворення їх родючості, формується інформаційна база даних та готуються періодичні доповіді про стан ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення.

3 МОЖЛИВОСТІ ЗАСОБІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ПИТАНЬ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

3.1 Характеристики систем дистанційного зондування Землі

Важливим аспектом при виборі даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) є їхні інтерпретаційні характеристики, що визначають точність і достовірність отриманих результатів при картографуванні та аналізі ландшафтів. Відомо, що індикатором у ландшафтознавстві може слугувати будь-який об'єкт, доступний для сприйняття або безпосередньо на місцевості, або через дані ДЗЗ. При цьому для ідентифікації ландшафтів рівня фацій насамперед враховують рослинні угруповання, оскільки саме вони відображають особливості екологічних і фізико-географічних умов території. Проте за допомогою космічних знімків можна опосередковано ідентифікувати такі елементи ландшафту, як рельєф, ґрунти, четвертинні відклади, водні об'єкти та антропогенні зміни на території.

Для виділення контурів рослинності на космічних знімках використовуються спеціальні «еталони», що в польових умовах відповідають методології ключових ділянок. Аналіз комбінацій каналів знімків дозволяє оцінювати морфометричні характеристики поверхні, зокрема її жорсткість або плоскість. Після проведення рекогносцировки території та встановлення загального видового складу рослинності можна визначити мезоформи рельєфу, що важливо для детального ландшафтного картографування та планування заходів з охорони ґрунтів і водних ресурсів.

Landsat 9 — дев'яте покоління супутникової програми «Landsat». Управління NASA відповідає за всі технічні аспекти проектування, виведення на орбіту та обслуговування супутника, тоді як Геологічна служба США здійснює обробку та поширення отриманої інформації. На відміну від Landsat 8, що перебуває на орбіті з 2013 року, Landsat 9 має низку удосконалень, зокрема підвищену радіометричну роздільну здатність, що дозволяє виявляти більш тонкі відмінності в ландшафті, особливо над водними поверхнями та густими лісами.

Супутник може розрізнити понад 16 000 відтінків кольору, тоді як Landsat 7, який він замінює, розпізнавав лише 256 відтінків.

На борту супутника розміщені два основні датчики: Operational Land Imager 2 (OLI-2), що фіксує видиме, ближнє та короткохвильове інфрачервоне світло в дев'яти спектральних діапазонах, та Thermal Infrared Sensor 2 (TIRS-2), який призначений для вимірювання теплового випромінювання у двох довжинах хвиль, забезпечуючи дані про температуру поверхні Землі та її динамічні зміни. Для прийому інформації від супутника задіяні три наземні станції: у м. Су-Фолз (штат Південна Дакота), на архіпелазі Свалбард (Норвегія) та у Гілмор-Крік (штат Аляска). Глобальний архів даних Landsat охоплює практично всю поверхню Землі, з деякими територіями, зокрема всією Росією, знятих багаторазово. Щодня станції отримують до 400 нових зображень, які стають доступними користувачам протягом 24 годин.

3.2 Методи обробки даних ДЗЗ для завдань сільського господарства

Використання методів обробки даних ДЗЗ у сільському господарстві дозволяє не лише визначати межі класів земної поверхні, а й проводити оперативний тематичний моніторинг стану сільськогосподарських культур, оновлювати метадані просторових об'єктів та аналізувати зміни у продуктивності ґрунтів.

Більшість сучасних технологій дослідження рослинного покриву на основі багатозональних космічних знімків ґрунту базується на розрахунку вегетаційних індексів — формалізованих величин, де змінними є характеристики яскравості каналів. Основні індекси розраховуються за відбивною здатністю рослин у червоному та ближньому інфрачервоному діапазонах спектру. При збільшенні фітомаси в межах пікселя значення яскравості зростає у ближньому інфрачервоному діапазоні та зменшується у червоному, що дозволяє визначити біомасу та стан рослинності.

Для геоінформаційного моніторингу посівів широко застосовується вегетаційний індекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), запропонований у 1973 році J.W. Rouse та співавторами. Значення NDVI варіюються від -1 до 1: чим вище значення, тим більша фітомаса, що фіксується в межах пікселя. Обчислення індексу здійснюється за формулою:

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red),$$

де NIR — відображення у ближній інфрачервоній області спектру, RED — відображення у червоній області спектру.

Зовнішня оболонка листка має високий коефіцієнт пропускання щодо сонячної радіації у видимому та ближньому інфрачервоному спектрах. Проникаючи крізь епідерміс, світловий потік потрапляє до внутрішньої паренхіми (мезофілу), де відбувається складний процес взаємодії хвиль із клітинними структурами. Тут енергія селективно поглинається пігментами, трансформується та відбивається залежно від внутрішньої будови листка (рис. 3.1).

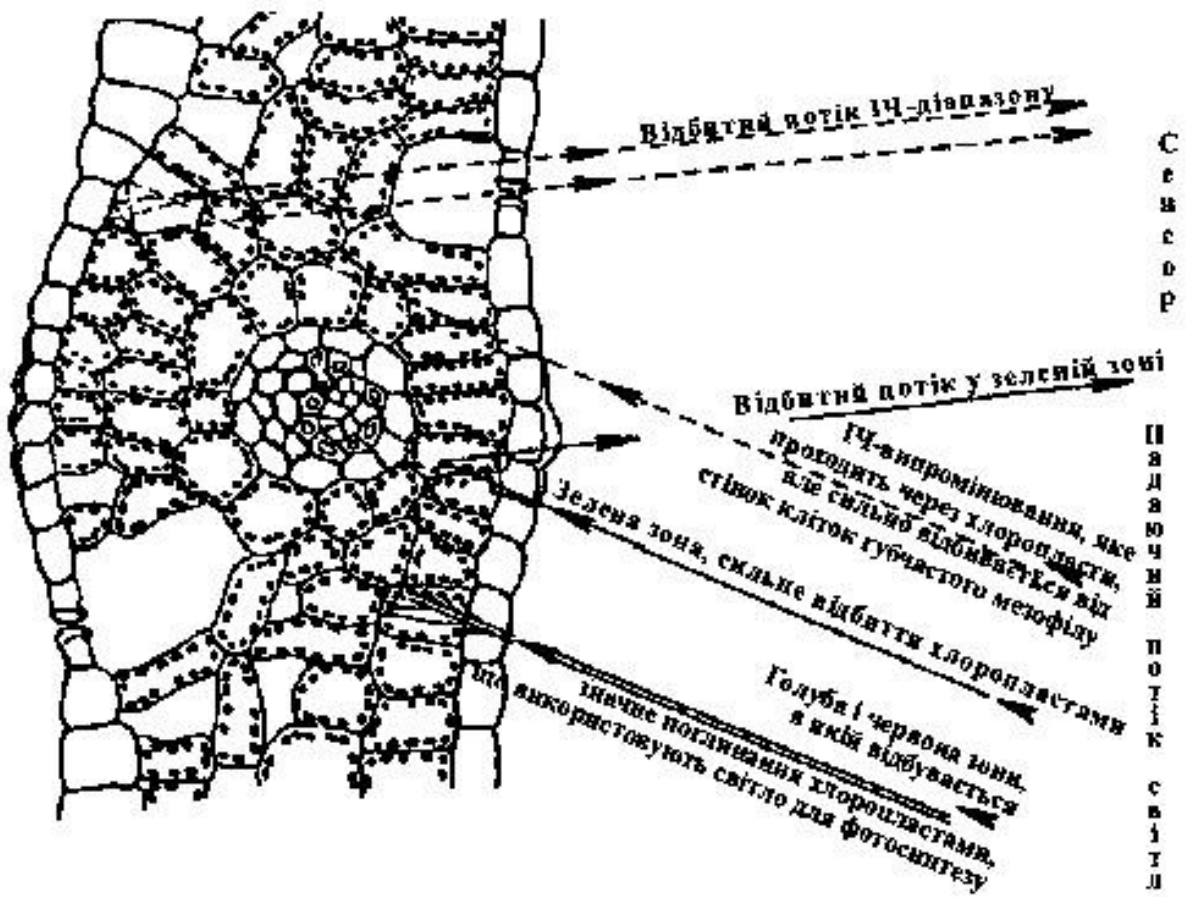


Рисунок 3.1 — Відбивна, вбирна та пропускна здатність живого листка для потоку сонячного світла у зоровому та ближньому інфрачервоному діапазонах

Оскільки спектральний образ рослинності не є статичним і зазнає суттєвих трансформацій залежно від пори року, виникає критична потреба у детальному моніторингу їхньої яскравості. Дослідження мають охоплювати весь життєвий цикл: від моменту появи перших сходів та проходження всіх природних фенофаз до стадії старіння, деструкції тканин та остаточного розкладу. (рис. 3.2-3.3).

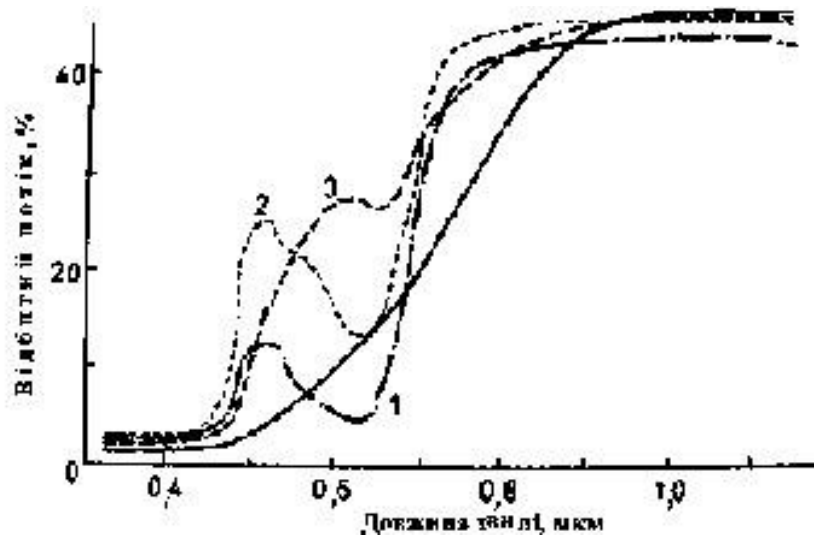


Рисунок 3.2 — Зміна спектральної відбивної здатності листя протягом вегетаційного періоду: 1 – живі листки; 2, 3 – рання і середня стадії розвитку листя; 4 – відмерле листя

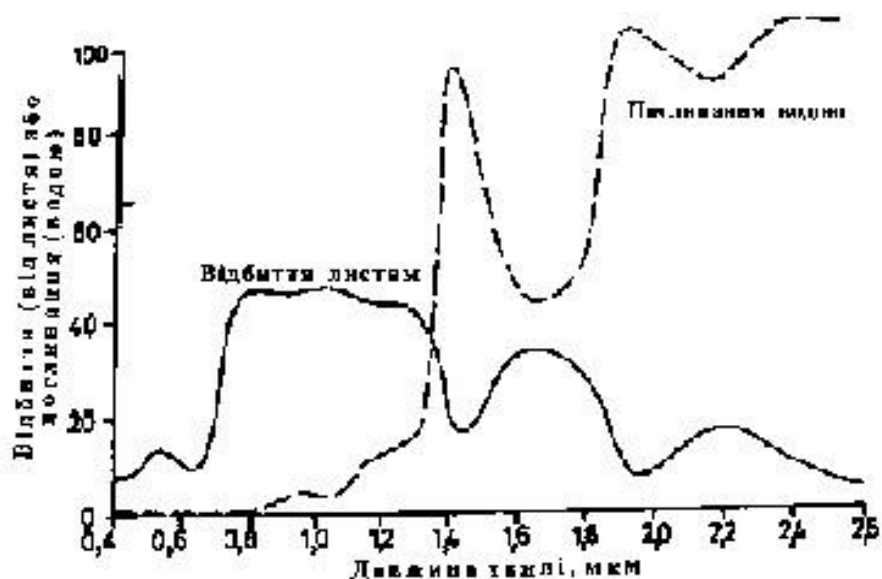


Рисунок 3.3 — Спектральна відбивна здатність здорового листа і спектральна здатність поглинання електромагнітних хвиль водою

Відбивна здатність більшості сухих ґрунтів характеризується такими закономірностями:

□ Підвищення рівня вологості ґрунту призводить до різкого зниження його відбивної здатності в усьому діапазоні сонячного випромінювання, включаючи тепловий спектр. Важливо зазначити, що амплітуда змін яскравості може бути надзвичайно високою: навіть коливання вологості на кілька відсотків здатне змінити яскравість об'єкта у десятки разів. Найменш виражена ця динаміка у короткохвильовій зоні (0,4–0,5 мкм), тоді як в інфрачервоному діапазоні цей ефект досягає свого максимуму.

□ Спостерігається поступова інтенсифікація яскравості ґрунтів при збільшенні довжини хвилі від видимого синього світла (0,4 мкм) до короткохвильового інфрачервоного випромінювання (1,6–2,0 мкм).

□ У діапазоні понад 2,0 мкм показники відбиття починають плавно знижуватися. Проте, навіть за таких умов, ґрунт залишається найбільш енергетично яскравою поверхнею порівняно з іншими природними середовищами, такими як водні об'єкти, льодовики чи масиви рослинності.

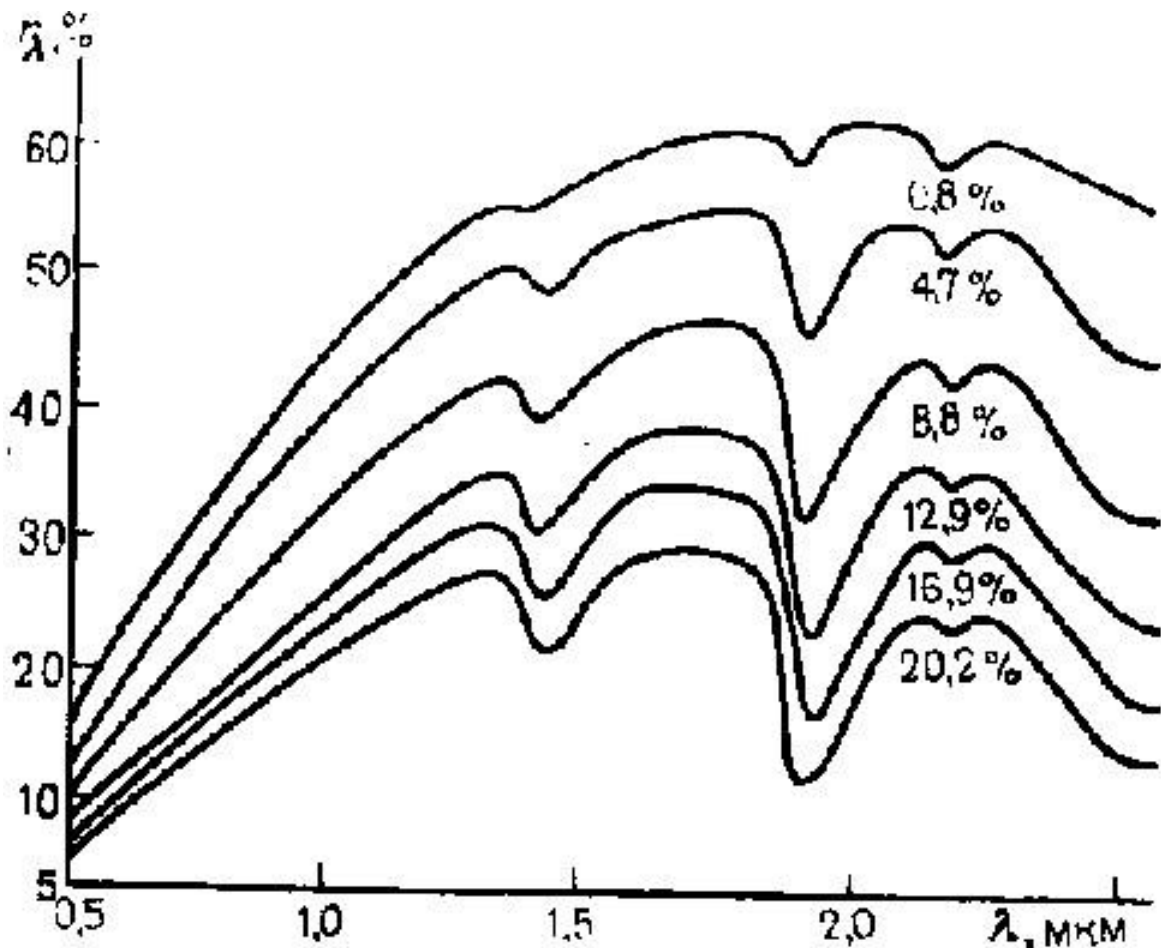


Рисунок 3.4 — Залежність відбивної здатності ґрунту від її вологості

Процес ідентифікації характеристик ґрунту за допомогою методів ДЗЗ вимагає комплексного врахування зовнішніх умов: кута нахилу сонячного проміння, частки прямої та дифузної радіації, а також просторової орієнтації ділянок. Особливу увагу слід приділяти фазовому стану води в ґрунті (наявність кристалів льоду). (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 — Середні значення і межі варіювання величин інтегрального відбиття (γ %) гумусовими горизонтами ґрунтів

Назва ґрунту	Середнє значення	Ймовірні межі інтегральної ясравості
Тундрові	9,3	6,9-11,7
Торфи	7,9	4,7-11,1
Дернові лучні та лучно-болотні	13,1	9,5-16,7
Дерново-підзолисті	16,9	10,5-23,3

Ясно-сірі лісові	21,1	17,2-25
Сірі лісові	18,1	13,9-23
Темно-сірі лісові	7,4	4,1-10,7
Черноземи типові потужні	8,2	6,4-10
Чорноземи звичайні	7,9	6,4-9,4
Чорноземи Передкавказзя	11,6	8,9-14,3
Каштанові	13,2	11,6-14,8
Світло-каштанові	21,8	19,3-24,3
Сіроземи	27,7	25,7-29,7
Червоноземи	18,6	17,4-19,8
Жовтоземи	16,6	13,4-19,8

Окрім того, суттєвий вплив має колірна неоднорідність поверхні. Ефективність її фіксації безпосередньо залежить від технічних параметрів сенсора: при низькій роздільній здатності різні кольорові плями інтегруються в єдиний усереднений сигнал, тоді як висока роздільна здатність дозволяє детально проаналізувати частку кожної ділянки з різним рівнем альbedo. [8].

3.3 Використання даних ДЗЗ та можливостей ГІС у завданнях оцінки впливу військових конфліктів на навколишнє середовище

Сучасний стан наукових досліджень, присвячених вивченню деструктивного впливу збройних конфліктів на навколишнє середовище та ресурсний потенціал, характеризується наявністю низки суттєвих методологічних прогалин [9]:

- В академічному середовищі досі не випрацьовано консенсусу щодо змістовного наповнення понять «збройний конфлікт» та

«екологічний конфлікт». Це створює труднощі при класифікації подій та оцінці їхніх наслідків.

- Значна частина наукових праць зосереджена на «дефініційних вправах» — тобто на суперечках довкола формулювань та теоретичній полеміці, замість того, щоб проводити глибокий системний і факторний аналіз реальних механізмів взаємовпливу війни та природи.

- У процесі моделювання конфліктів часто нехтують критично важливими політичними та економічними факторами. Хоча вони є першопричинами більшості воєн, їхній опосередкований вплив на стан природних ресурсів та екологічну безпеку часто залишається недооціненим.

- Деякі інформаційно-логічні та математичні моделі стають настільки громіздкими й багаторівневими, що їх практична верифікація та застосування в реальних умовах стають майже неможливими.

- Наявні методики не дозволяють чітко розмежувати внутрішні та міжнародні збройні конфлікти за специфікою їхнього впливу на навколишнє середовище (НС) та безпеку життєдіяльності (БЖД) цивільного населення.

Міжнародна спільнота, усвідомлюючи масштаб загрози, виробила низку стратегічних документів. Зокрема, Резолюція Генеральної Асамблеї ООН 47/37 «Охорона навколишнього середовища в періоди збройних конфліктів» містить безапеляційний заклик до всіх держав світу. Основний акцент зроблено на:

1. Дотриманні чинних норм міжнародного права щодо екологічної безпеки.
2. Приєднанні країн до профільних міжнародних конвенцій.
3. Обов'язковій імплементації цих норм у національні військові статути та інструкції Збройних Сил.

Подальшим розвитком цієї ініціативи стала резолюція 56/4, яка встановила Міжнародний день запобігання експлуатації навколишнього середовища під час війни. Окреме місце посідає вимога до держав відобразити у внутрішньому законодавстві Керівні принципи Міжнародного комітету Червоного Хреста (МКЧХ), що стосуються захисту довкілля в ході бойових дій.

Важливою віхою стала Асамблея ООН з навколишнього середовища в Найробі (27 травня 2016 р.), де було ухвалено історичну резолюцію UNEP/EA.2/Res.15. Цей документ, ініційований Україною у співавторстві з ЄС, Канадою та іншими державами, став найвагомішим досягненням у цій сфері за останні десятиліття.

Основні завдання згідно з резолюцією ЮНЕП:

- Надання активної допомоги країнам, що постраждали від конфліктів, у питаннях екологічного відновлення та пост-конфліктної оцінки.
- Посилення співпраці з ЮНЕСКО для захисту об'єктів Світової спадщини від воєнних руйнувань.
- Боротьба з незаконною діяльністю озброєних угруповань, які фінансують свою діяльність через нелегальну експлуатацію та торгівлю природними ресурсами.
- Визнання прямої взаємозалежності між екологічним станом регіону та дотриманням базових прав людини.

Аналізуючи загрози, що можуть призвести до виникнення надзвичайних ситуацій (НС) воєнного характеру, слід виділити фактори, стан яких є динамічним та важкопрогнозованим. Такі складові створюють або приховану загрозу, або безпосередньо уражають людей та критичну інфраструктуру — виробничі потужності та природні екосистеми.

Відповідно до представленої на рис. 3.5 класифікації, джерела воєнно-техногенної небезпеки мають дві зони локалізації:

1. Ендогенні (внутрішні): Ті, що знаходяться безпосередньо в межах конкретного регіону.
2. Екзогенні (зовнішні): Ті, що розташовані за межами регіону, але через свій транскордонний вплив формують для нього вкрай агресивне та несприятливе зовнішнє середовище.

Ця неоднорідність джерел небезпеки вимагає комплексного підходу до моніторингу та дешифрування стану територій, особливо в зонах активних бойових дій.

[10].

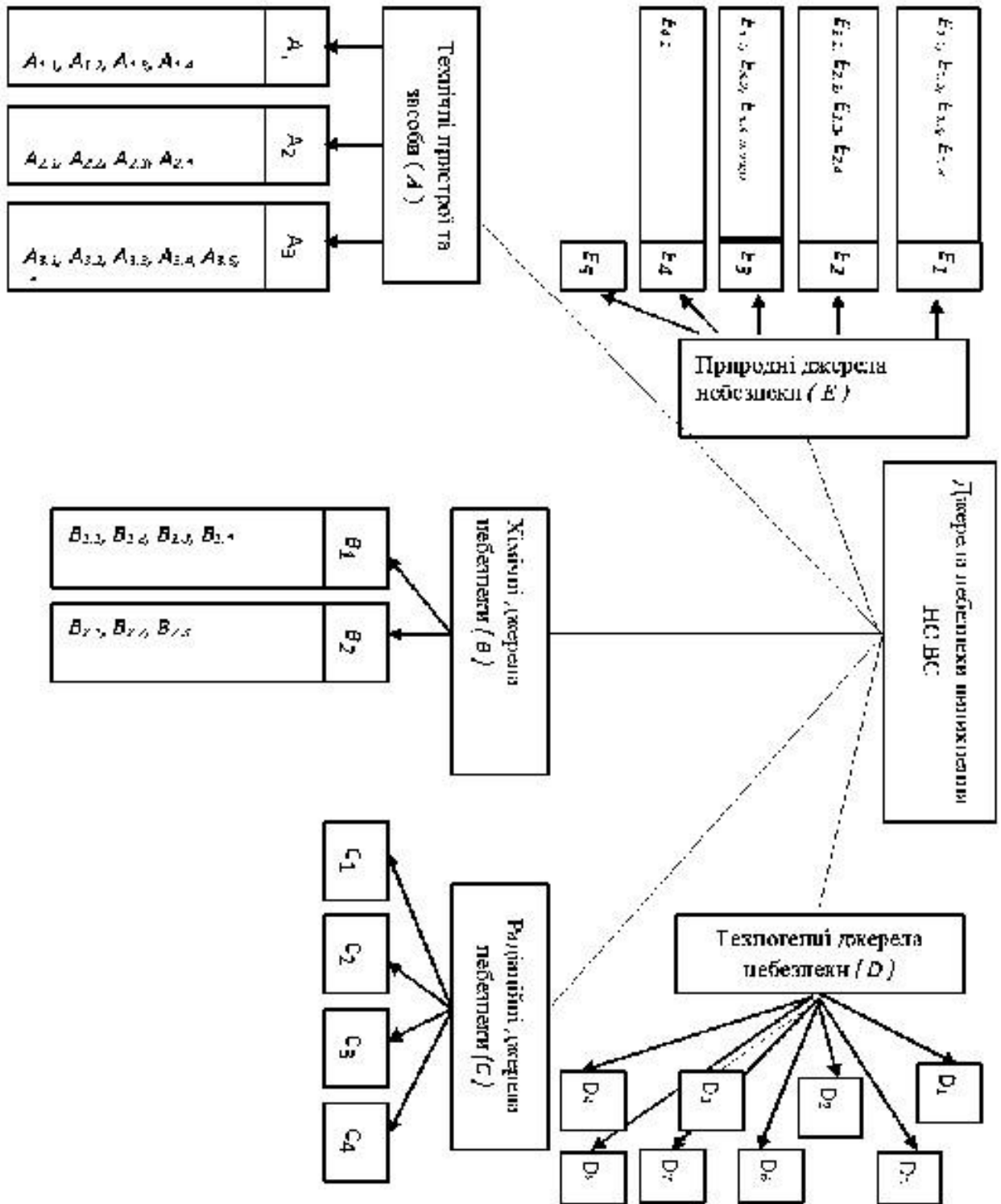


Рисунок 3.5 — Класифікація джерел небезпек виникнення надзвичайних ситуацій воєнного характеру

До джерел небезпек, що здатні спровокувати надзвичайні ситуації воєнно-техногенного характеру, належать такі категорії:

1. Технічні пристрої та засоби, які класифікуються на: різноманітну зброю А1 (що охоплює бойову А1.2, спеціальну службову А1.3, цивільну А1.4, а також зброю масового ураження А1.5), спеціалізовану військову техніку А2 (яка залежно від середовища застосування буває наземною А2.1, наводною А2.2, підводною А2.3 та повітряною А2.4) та широкий спектр боєприпасів А3 (зокрема артилерійські та стрілецькі снаряди А3.1, авіаційні бомби А3.2, ручні та підствольні гранати А3.3, боєголовки й вузли ракетних комплексів А3.4, піротехнічне обладнання А3.5 та торпеди А3.6);

2. Хімічні чинники небезпеки В, до складу яких входять хімічно небезпечні об'єкти В1 (великі промислові заводи нафтопереробної та хімічної галузей В1.1, потужності з виробництва високотоксичних речовин В1.2, об'єкти водозабезпечення та очищення, що працюють з реагентами, склади агрохімікатів та отрутохімікатів В1.3, а також транспортні магістралі й засоби, що здійснюють транзит сильнодіючих отрут В1.4) та безпосередньо хімічні сполуки В2 (промислові токсини В2.1, медичні препарати специфічної дії В2.2, а також концентрована побутова хімія В2.3);

3. Радіаційні загрози С, що представлені радіаційно небезпечними об'єктами, такими як атомні електростанції С1, підприємства радіохімічного сектору, що спеціалізуються на збагаченні ядерного палива, його регенерації, а також на дезактивації та похованні відходів С2, науково-дослідні центри й конструкторські бюро, що використовують у роботі ядерні реактори або ізотопи для експериментів С3, і транспорт, обладнаний ядерними силовими установками або такий, що перевозить небезпечні радіоактивні вантажі С4;

4. Техногенні чинники небезпеки D, до яких відносять: гідротехнічні споруди та об'єкти D1, термінали й сховища нафтогазової галузі D2, інфраструктуру водопостачання та водовідведення D3, логістичні бази шкідливих речовин і заправні комплекси D4, теплові електростанції D5,

магістральні трубопровідні мережі та супутні споруди D6, мілітарні об'єкти й заводи з випуску вибухівки D7, а також територіальні комплекси гірничовидобувної промисловості D8;

5. Природні чинники небезпеки E, що поділяються на: геологічні E1 (такі як сейсмічні поштовхи E1.1, зсуви мас ґрунту E1.2, раптові провали E1.3 та карстові утворення E1.4), гідрологічні E2 (руйнівні селі E2.1, тривалі підтоплення E2.2, сезонні паводки E2.3 та масштабні повені E2.4), метеорологічні E3 (атмосферні циклони E3.1, шторми й урагани зі зливами E3.2, смерчі E3.3 тощо), геліофізичні E4 (природні пожежі E4.1) та астрофізичні явища E5.

Під надзвичайною ситуацією воєнно-техногенного характеру розуміють глибоку дестабілізацію нормальних умов життя та діяльності населення на певній сухопутній чи водній території або окремому об'єкті, що виникла внаслідок використання конвенційного озброєння чи зброї масового ураження, у результаті чого активуються вторинні фактори ураження.

Процес застосування озброєння та військової техніки (ОВТ) під час бойових дій неминуче справляє деструктивний вплив на військову природно-техногенну геосистему (ВПТГС) у зоні конфлікту. Ця система складається з органічної єдності компонентів біотопу, біоценозу та наявної інженерної інфраструктури (рис. 3.6).

З огляду на такий підхід стає очевидним, що першочерговому аналізу, оцінці та прогнозуванню підлягають еколого-формуючі елементи воєнно-техногенного тиску на ВПТГС. Ці елементи безпосередньо пов'язані з дією чинників ВТН, що з'являються під час активного використання та експлуатації систем зброї безпосередньо в районах воєнних дій. Зазвичай умови застосування таких засобів диктуються типовими тактичними методами ведення бою, які реалізуються військовослужбовцями та відповідними підрозділами.

Під час виконання бойових завдань військові формування чинять комплексний негативний вплив на всі структурні елементи ВПТГС. Головним джерелом воєнно-техногенного навантаження виступає озброєння та військова техніка (ОВТ). Через значну різноманітність номенклатури ОВТ, доцільно об'єднувати їх у групи за характерними ознаками: за типом транспортної бази (гусеничний або колісний хід); за категорією зброї (артилерійське, танкове, стрілецьке, ракетне, зенітне чи інженерне); за характером забруднення довкілля (електромагнітне випромінювання засобів зв'язку та РЛС, акустичний тиск артилерії та бронетехніки, хімічне забруднення від паливозаправників та машин спецобробки); а також за функціональним призначенням (наприклад, засоби димового маскування чи регенерації повітря). Якщо деталізувати всі джерела та чинники впливу бойових операцій, ієрархічна структура воєнно-техногенного навантаження набуде вигляду «дерева», представленого на рис. 3.7.



Рисунок 3.6 — Принципова схема формування взаємодії між складовими компонентами військової природно-техногенної геосистеми

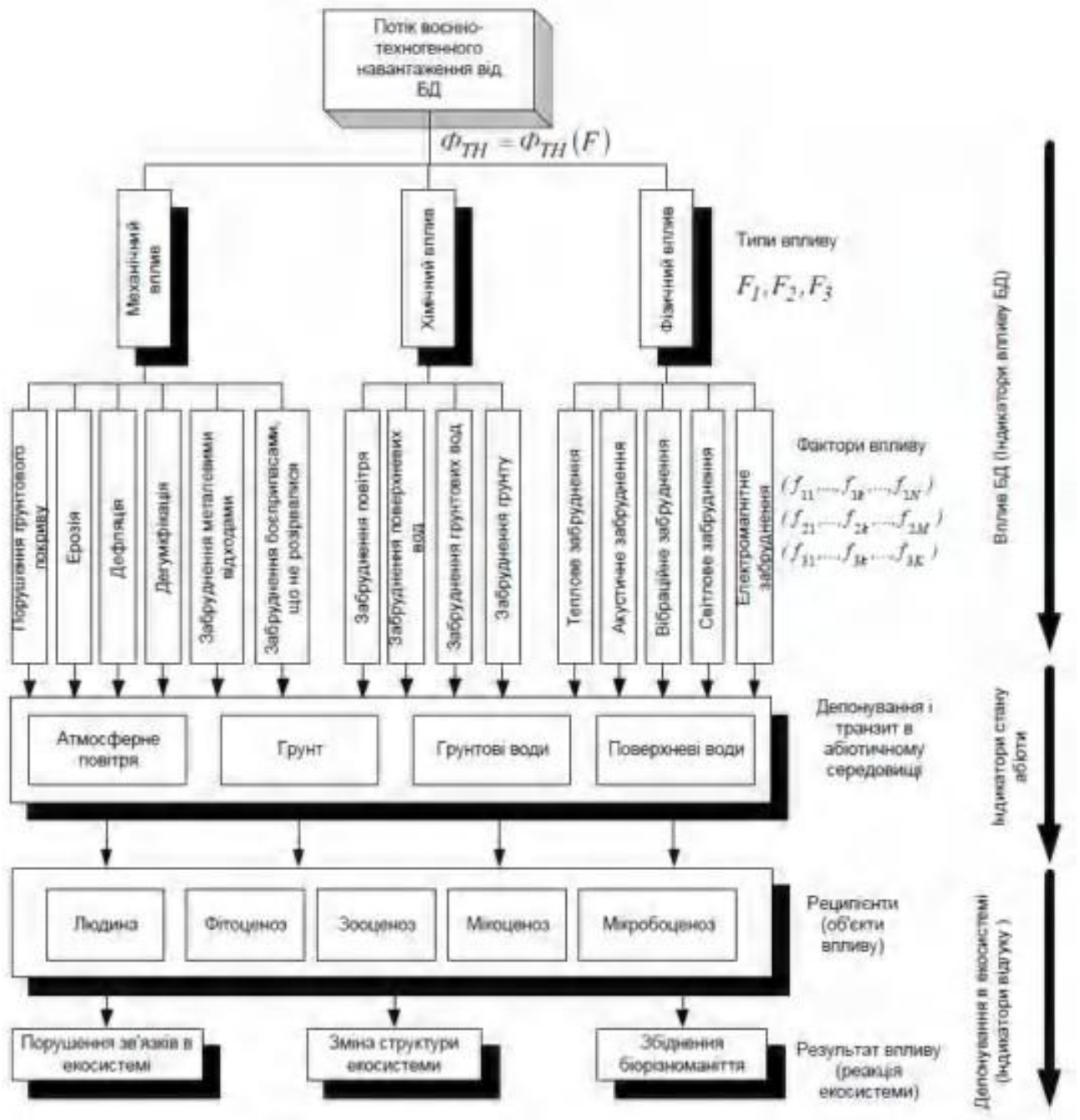


Рисунок 3.7 — Ієрархічна модель чинників ВТН від БД на навколишнє середовище

3.4 Особливості роботи з дистанційними даними у ГІС

У середовищі фахівців, що працюють з ГІС-технологіями та дистанційним зондуванням, найбільш затребуваним інструментарієм вважається програмний комплекс ArcGIS. Його функціональне ядро зосереджене на двох стратегічних

завданнях: проектуванні спеціалізованих баз просторових даних та здійсненні багатофакторного аналізу географічної інформації.

У пам'ять програмного забезпечення інтегровано певні масиви загальносвітових даних, які зазвичай відіграють роль демонстраційних шаблонів для візуалізації карт або тестування пошукових алгоритмів. Однак проведення точних досліджень для конкретної локації потребує розробки оригінальних інформаційних шарів. Матеріальним фундаментом для цього слугують топографічні плани, тематичні картографічні видання, а також первинні растрові дані — матеріали космічної чи аерофотозйомки. Процес безпосереднього наповнення бази даних стає можливим лише після завершення етапу геокодування (просторової прив'язки) вихідних матеріалів.

Етап підготовки даних фактично є процесом трансформації растрової інформації у векторну шляхом оцифрування або векторизації. У результаті створюються графічні примітиви трьох типів:

- Точкові об'єкти, де кожен елемент визначається парою плоских координат X та Y .
- Лінійні об'єкти, що описуються послідовністю координатних точок, які разом відтворюють геометрію та згини об'єкта.
- Полігональні об'єкти, які представляють собою замкнені контури, визначені набором координат їхніх меж (рис. 3.8).

Уся векторизована інформація систематизується та розподіляється по автономних тематичних шарах. Кожній графічній одиниці (точці, лінії чи полігону) у пов'язаних таблицях бази даних призначаються специфічні характеристики — так звані атрибути, що можуть містити як цифрові показники, так і текстові коментарі. Саме через поєднання геометричного опису та атрибутивних властивостей формуються повноцінні векторні дані.

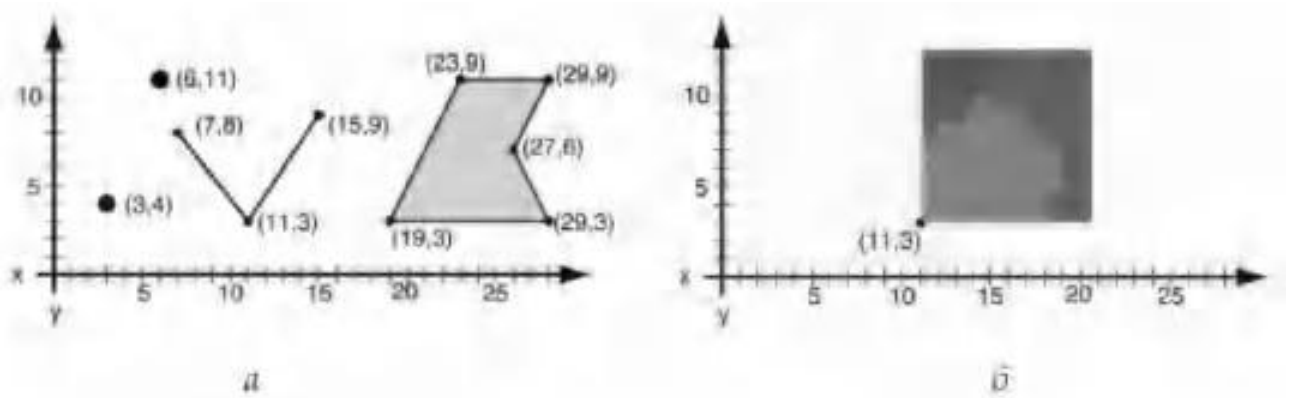


Рисунок 3.8 — Різниця подання векторних та растрових даних: а – векторні, б – растрові

Сформовані масиви геоданих виступають фундаментом для проведення аналітичних операцій, хоча в окремих випадках розробка самої бази даних може бути фінальною метою наукової праці. ГІС-аналіз охоплює широку палітру дій, спрямованих на візуальну інтерпретацію одних характеристик об'єктів на основі параметрів інших компонентів.

Первинний аналіз полягає у картографічній індикації об'єктів за допомогою унікальних символів чи маркерів, що дозволяє візуально виділити їх на загальному фоні та здійснити статистичний підрахунок.

Другий етап передбачає роботу з атрибутивною базою: фільтрацію даних та формування логічних запитів для селекції конкретних об'єктів за певними ознаками.

Третій напрям аналітики зосереджений на просторових зв'язках, зокрема на виявленні об'єктів, розташованих у безпосередній близькості до цільових точок.

Найбільш затребуваним методом обробки просторових даних є оверлейний аналіз, що базується на вмінні програмного забезпечення інтегрувати різні тематичні шари в єдину систему. Шляхом поєднання шарів із відмінним інформаційним наповненням дослідник отримує якісно нові дані. На природничих тематичних шарах зазвичай відображають такі компоненти, як геологічна структура, морфологія рельєфу, типи ґрунтів, гідрографічна мережа та

рослинне покриття. Встановлення кореляцій між ними допомагає розкрити фундаментальні закономірності формування ландшафту.

З іншого боку, тематичне наповнення може стосуватися антропогенної діяльності: транспортних комунікацій, промислових зон, житлових масивів, торговельних мереж чи рекреаційних зон. Такий підхід дозволяє розраховувати оптимальні логістичні маршрути, аналізувати щільність забудови та вивчати пропорційне співвідношення між різними категоріями об'єктів.

Для реалізації оверлею використовують такі геоінформаційні операції, як об'єднання (union), перетин (intersect), злиття (merge), агрегація за атрибутами та вирізання (clip). Ці процедури виконуються через спеціалізовані діалогові вікна, а складні багатокрокові завдання реалізуються за допомогою інтерактивних «майстрів» обробки геоданих (рис. 3.9).

Варто зауважити, що для проведення накладання зазвичай застосовуються векторні моделі, створені шляхом оцифрування карт або дешифрування знімків. При цьому матеріали ДЗЗ (космічні та аерофотознімки) слугують основою для окреслення точних контурів. З космічних носіїв переважно отримують дані про стан гідросфери, вегетацію, геологічні структури та рельєф, а також детальну інформацію про об'єкти інфраструктури, тоді як дешифрування ґрунтового покриву є складнішим завданням.

Однією з найбільш цінних функцій ГІС є автоматизація морфометричних розрахунків. Система дозволяє миттєво визначати довжину ліній, їхню звивистість, площі та периметри складних просторових фігур. Ці кількісні показники є критично важливими для розуміння взаємодії об'єкта з довкіллям. Наприклад, коефіцієнт звивистості річки є індикатором її гідродинамічних процесів: він корелює з об'ємом твердого стоку, нахилом русла та витратою води. Аналіз цих відношень дає змогу зробити висновок про стан водної артерії — чи в ній переважає накопичення відкладів, чи спостерігається ерозійна деградація.

Хоча сучасні векторні ГІС дозволяють проводити вимірювання і безпосередньо по растрових зображеннях, результат таких обчислень завжди лімітований просторовою роздільною здатністю знімка. У растровій моделі

довжина лінії розраховується як кількість комірок (пікселів), помножена на їхній розмір. Якщо роздільна здатність недостатня, мікророзвивини об'єкта, що «вміщуються» всередині однієї комірки, просто не будуть враховані. Саме тому векторні дані забезпечують суттєво вищу точність при проведенні детальних морфометричних досліджень. [8].

4 АНАЛІЗ ТЕРИТОРІЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ПІДВЕРЖЕНИХ ВПЛИВУ БОЙОВИХ ДІЙ ЗА ДАНИМИ ДЗЗ

На рисунку 4.1 наведена структурна схема роботи.

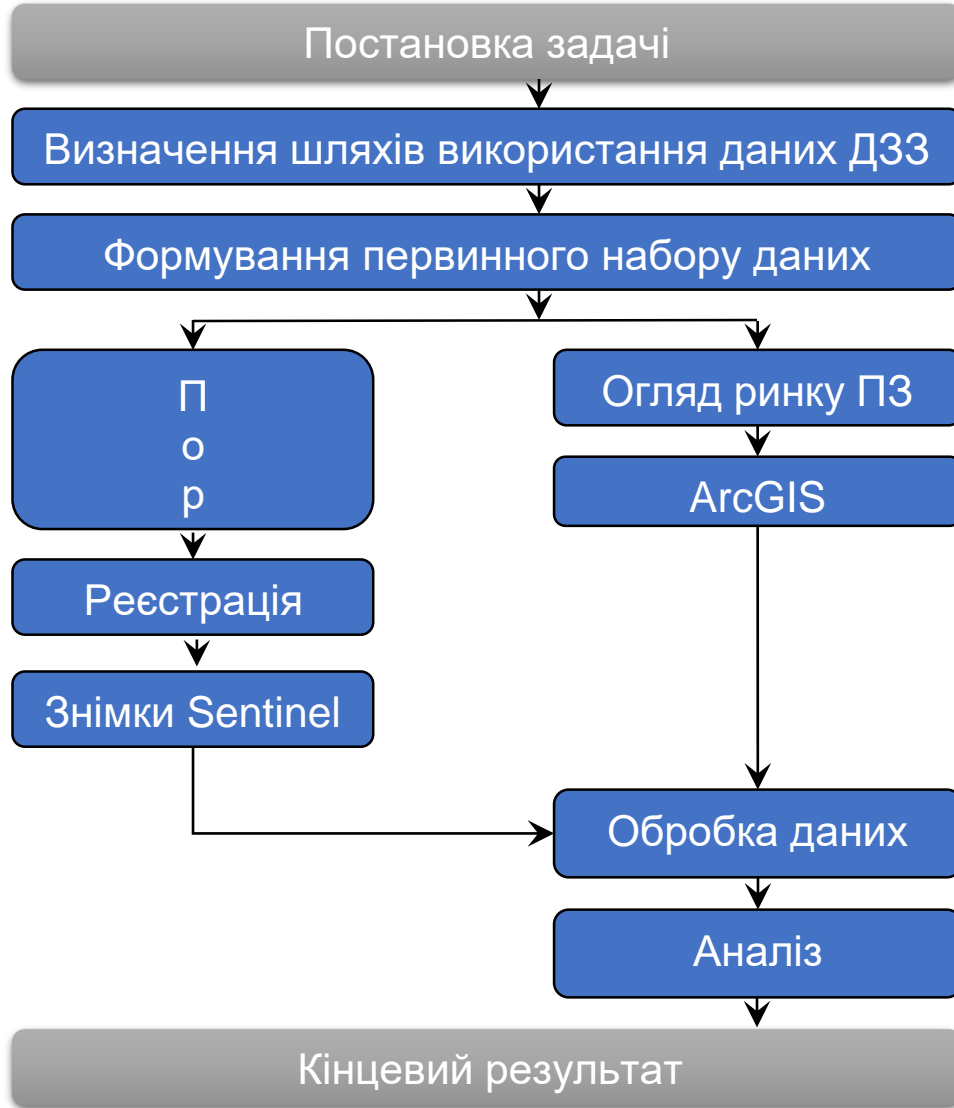


Рисунок 4.1 — Структурна схема роботи

Як демонструє наведена вище структурна схема, методологія дослідження наслідків воєнного конфлікту в межах України базувалася на використанні матеріалів ДЗЗ. Для реалізації аналізу було залучено доступні у відкритому режимі супутникові дані місії Landsat 9, які були отримані за допомогою спеціалізованого веб-ресурсу EarthExplorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>, див. рис. 4.2). Подальший комплекс робіт із систематизації, обробки та інтерпретації просторової інформації виконувався на базі функціональних можливостей програмного комплексу ArcMap 10.5, розробленого корпорацією ESRI.

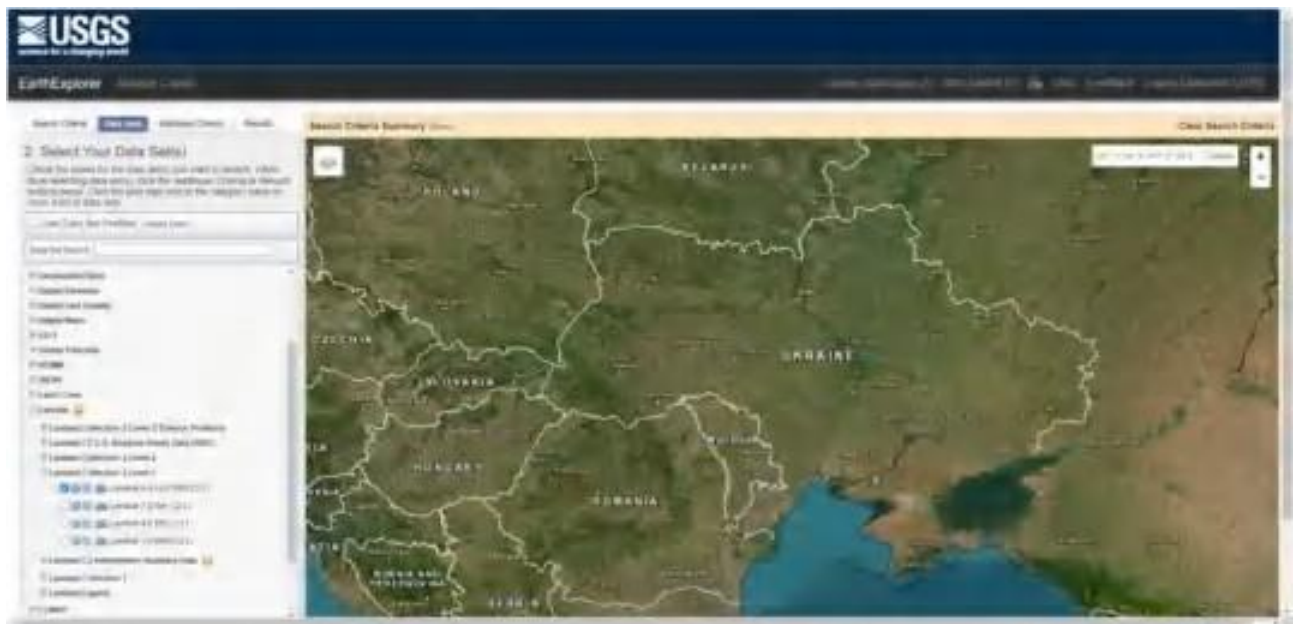


Рисунок 4.2 — Робоче вікно сервісу Earthexplorer

За підсумками опрацювання відкритих інформаційних ресурсів було вирішено використовувати територію Запорізької області як пілотний об'єкт дослідження. Саме тому масив даних дистанційного зондування Землі формувався цільово для цього регіону. Технічні налаштування пошукової системи та параметри фільтрації, що були застосовані на платформі EarthExplorer для відбору знімків, продемонстровані на рисунку 4.3.

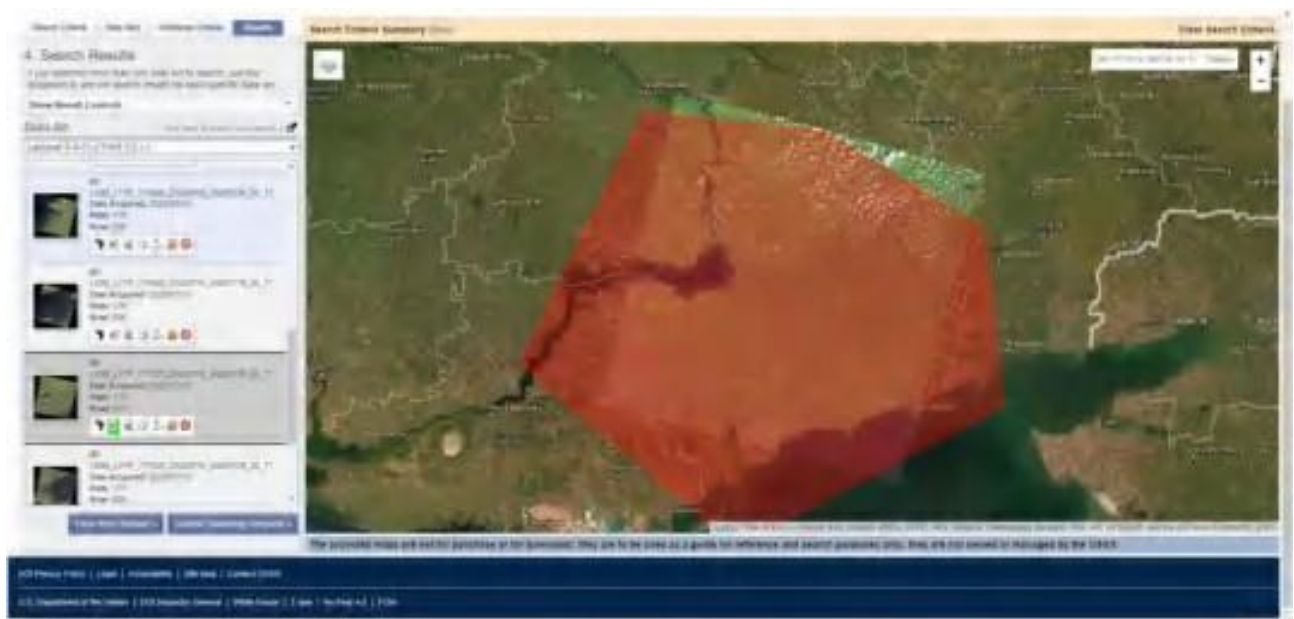


Рисунок 4.3 — Відображення результатів після проведення налаштувань

В результаті були отримані мультиспектральні знімки Landsat 9 (рис. 4.4), які були використані для подальшої обробки та аналізу.

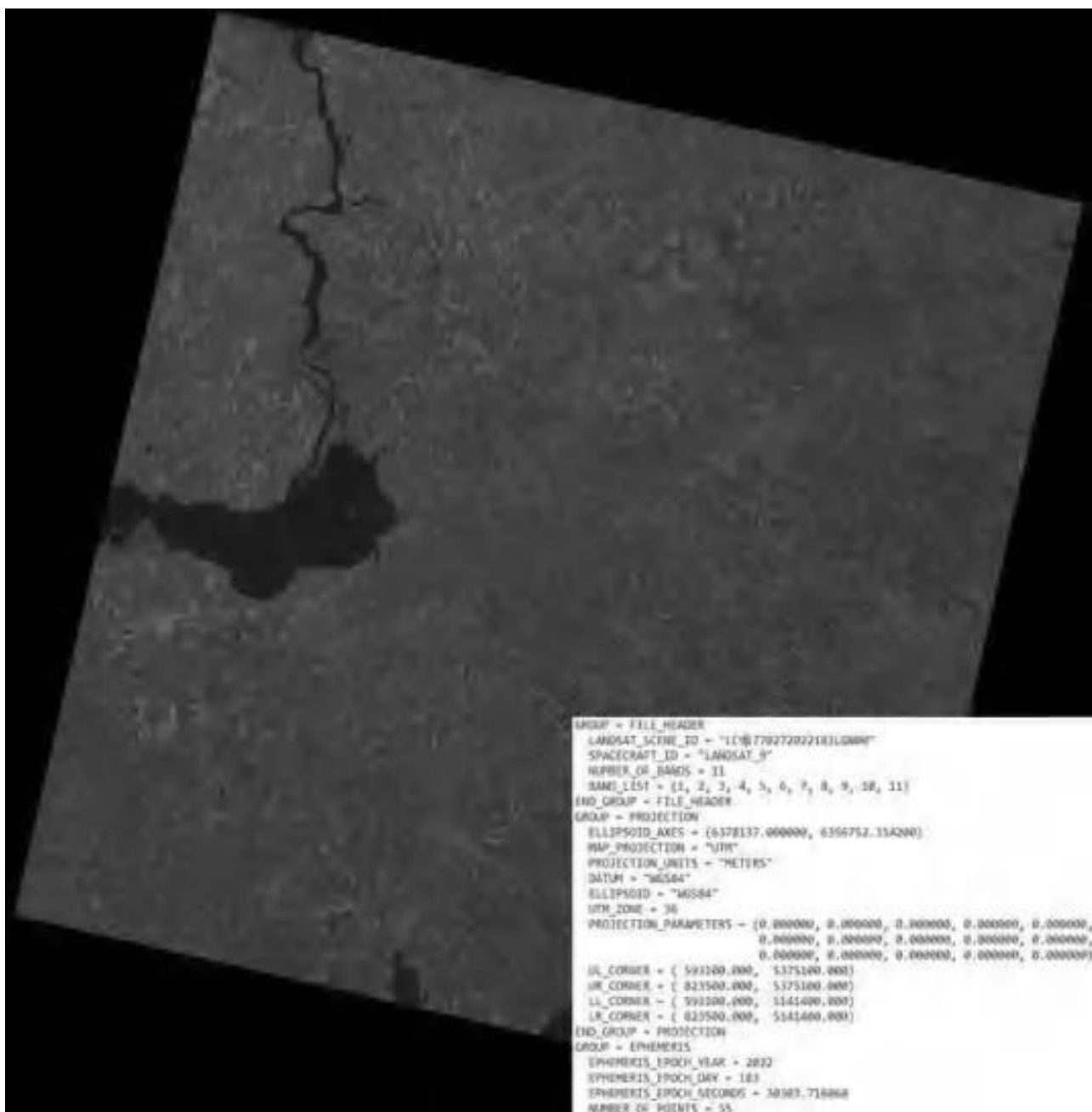


Рисунок 4.4 — Приклад 5-го каналу знімки Landsat 9 від 8.07.22

Базисним етапом аналітичного циклу стало виявлення територій, що зазнали руйнувань чи пошкоджень. Процедура їх ідентифікації здійснювалася шляхом візуального дешифрування з обов'язковим підтвердженням точності через порівняльний аналіз мультикадрових знімків, зроблених над тією ж

місцевістю в різні часові проміжки. Для підвищення інформативності візуального перегляду було підготовлено зображення у природній кольоровій моделі (синтез спектральних каналів 4, 3 та 2). Ця технічна задача була реалізована за допомогою інструментального модуля “Image Analysis”, що є частиною функціоналу ArcMap (рис. 4.5).



Рисунок 4.5 — Image Analysis

Даний інструмент дозволяє працювати із мультиспектральними знімками з метою комбінування каналів, вимірювання характеристик, тощо (рис. 4.6).



Рисунок 4.6 — Функціонал інструменту Image Analysis

Завдяки застосуванню алгоритму Composite Bands було синтезовано мультиспектральні зображення в реалістичній кольоровій моделі. Це забезпечило можливість проведення детального візуального дешифрування для виявлення пірогенних пошкоджень на сільськогосподарських угіддях. Зокрема, такий підхід дозволив локалізувати вигорілі ділянки ріллі, виникнення яких було безпосередньо зумовлене інтенсивним вогневим впливом у ході бойових дій (рис. 4.7).



Рисунок 4.7 — Знімок Landsat 9 від 21.07.22 у природніх кольорах
 Дешифрування погорілих територій поділялось на декілька фаз (рис. 4.8), а саме:

- Ідентифікація земельних угідь, на яких зафіксовано осередки активного вогню або задокументовано результати пірогенного впливу;
- Валідація приналежності досліджуваних ділянок саме до категорії антропогенних згаріщ (що включає процедуру відсіювання об'єктів-артефактів: тіней від хмарного покриву, аридних територій, природних лісових пожеж та інших візуально подібних феноменів);
- Ретроспективний аналіз та простеження динаміки трансформації кожної ділянки на основі порівняння серії супутникових знімків, отриманих у різні часові інтервали.

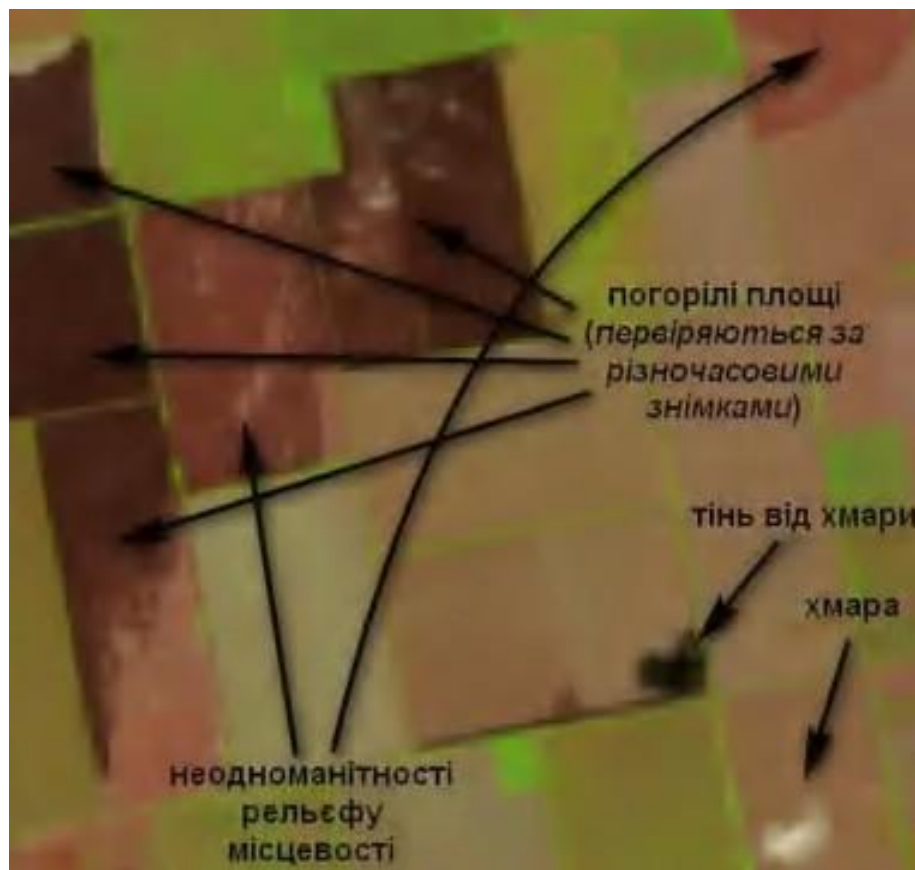


Рисунок 4.8 — Процес дешифрування знімків за візуальними ознаками

Відповідно до положень розділу 3.2, для ефективного моніторингу трансформацій сільськогосподарських угідь протягом вегетаційного циклу найдоцільніше використовувати метод побудови індексних карт. Ключовим інструментом тут виступає вегетаційний індекс NDVI, алгоритм якого базується на математичному поєднанні даних, отриманих у червоному та ближньому інфрачервоному діапазонах спектра.

З огляду на це, подальший хід роботи був зосереджений на генерації серії таких індексних зображень, що дозволяють детально оцінити стан рослинного покриву (рис. 4.9).



Рисунок 4.9 — NDVI-зображення, побудоване за знімком Landsat 9 від 21.07.22

Обчислення показників вегетаційного індексу виконувалося для агроландшафтів у межах Запорізької області за допомогою обробки багатозональних архівних даних за 2022 рік. Для детального моніторингу змін біомаси було задіяно часову серію знімків, що охоплює такі дати: 20 травня, 10 червня, 8 та 21 липня, а також 12 серпня. Формування такої вибірки було зумовлене наявністю якісних матеріалів космічної фотозйомки на цільові території у відповідні фази розвитку рослинності.

За підсумками дешифрування мультиспектральних зображень було чітко ідентифіковано межі територій, що постраждали від пожеж. Ці ділянки пройшли етап векторизації (цифрування) у програмному середовищі ArcMap для їх подальшого кількісного аналізу (рис. 4.10).



Рисунок 4.10 — Межі земельних ділянок що були повністю або частково уражені вогнем за знімком Landsat 9 від 21.07.22

З метою отримання точної кількісної оцінки шкоди, завданої аграрному сектору України внаслідок інтенсивних бойових дій, було виконано векторизацію площ сільськогосподарських угідь, що постраждали від пірогенного впливу. Виникнення вогневих осередків на цих територіях обумовлене низкою деструктивних чинників воєнного характеру: влучанням великокаліберних снарядів у суху стерню, загорянням аграрної або військової техніки безпосередньо на полях, падінням авіаційних об'єктів, розливом паливно-мастильних речовин, а також детонацією боєкомплектів.

Результати ідентифікації та окреслення контурів цих вигорілих масивів у ГІС-середовищі представлені на рисунку 4.11.



Рисунок 4.11 — Межі погорілих сільськогосподарських територій та кордони їх ділянок за знімком Landsat 9 від 21.07.22

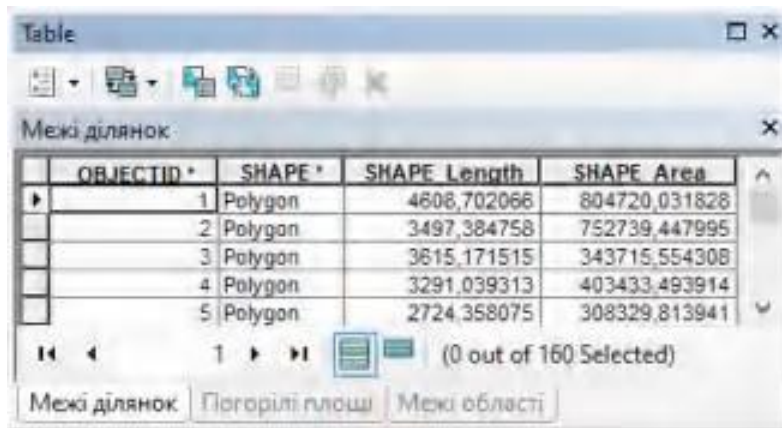
На основі аналізу рисунка 4.11 можна констатувати, що суттєвими перешкодами, які протидіють безконтрольному поширенню вогню на прилеглі аграрні угіддя, є об'єкти як природного, так і антропогенного походження. Зокрема, роль захисних бар'єрів, що зупиняють процес вигорання рослинності, відіграють лісосмуги, мережа автошляхів, річкові артерії, периметри населених пунктів, а також елементи природного мікрорельєфу — балки та заболочені місцевості (рис. 4.12).



Рисунок 4.12 — Бар'єри, що перешкоджають просуванню вогню на сусідні ділянки (у якості топоосної наведено дані сервісу OpenStreetMap)

Логічним завершенням етапу векторизації стала розробка спеціалізованої бази геоданих. Вона акумулює детальну інформацію про локалізацію та розміри сільськогосподарських угідь Запорізької області, що зазнали вигорання протягом 2022 року (рис. 4.13).

Сформований масив даних є цифровим відображенням пірогенної деградації агроландшафтів регіону внаслідок воєнного впливу.



OBJECTID	SHAPE	SHAPE Length	SHAPE Area
1	Polygon	4608,702066	804720,031828
2	Polygon	3497,384758	752739,447995
3	Polygon	3615,171515	343715,554308
4	Polygon	3291,039313	403433,493914
5	Polygon	2724,358075	308329,813941

Рисунок 4.13 — Сформована база даних

З метою чисельного визначення масштабів вигорання на ідентифікованих ділянках було проведено розрахунок площ усіх сформованих ареалів. Для цього використовувався функціонал керування атрибутивними даними програмного комплексу ArcMap, а саме: автоматизоване обчислення геометричних параметрів через інструмент Calculate Geometry та подальше агрегування отриманих показників за допомогою модуля Statistics (рис. 4.14).

Такий підхід дозволив отримати точні статистичні дані щодо загального обсягу уражених сільськогосподарських земель у межах досліджуваного регіону.

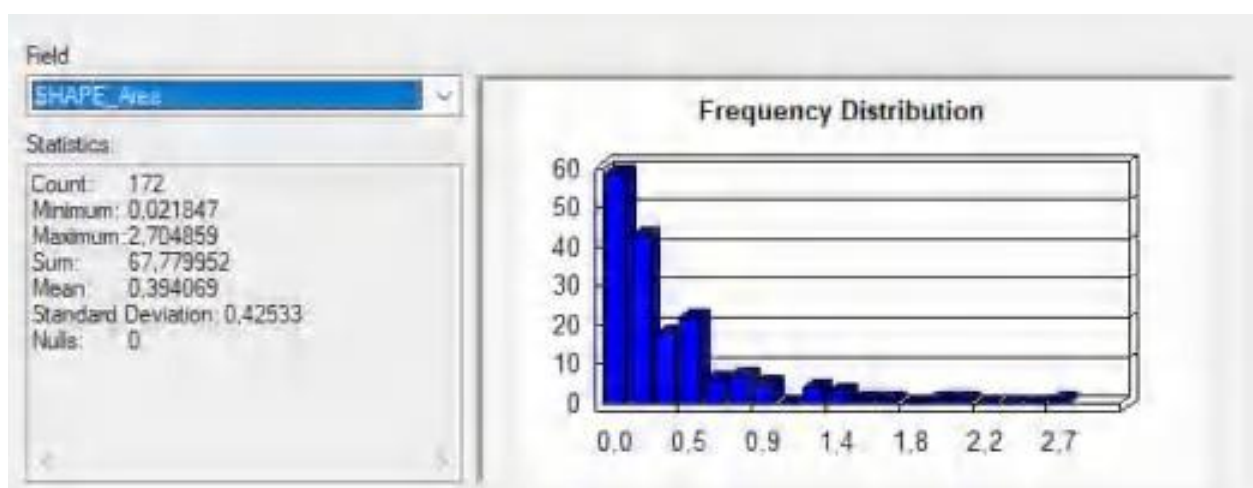


Рисунок 4.14 — Статистика підрахунку площ ареалів (км²)

За цими даними було побудовано діаграми впливу військового конфлікту на окреслені сільськогосподарські земельні ділянки (рис. 4.15-4.16).



Рисунок 4.15 — Площа ареалів (км²)
Кількість



Рисунок 4.16 — Кількісні показники

Заключна стадія дослідження була присвячена розробці цілісної картографічної моделі, що локалізує пошкоджені вогнем агроланшафти Запорізької області. Для забезпечення високої точності візуалізації

територіального контексту, як топографічний фундамент було використано матеріали глобального сервісу OpenStreetMap. Даний ресурс було інтегровано в проект за допомогою стандартних засобів підключення базових карт (Basemaps) у середовищі ArcMap (рис. 4.17–4.18).

Такий підхід дозволив поєднати отримані векторні контури вигорілих площ із детальною сіткою доріг, населених пунктів та інших орієнтирів місцевості для створення наочної звітної карти.



Рисунок 4.17 — Додавання базової карти

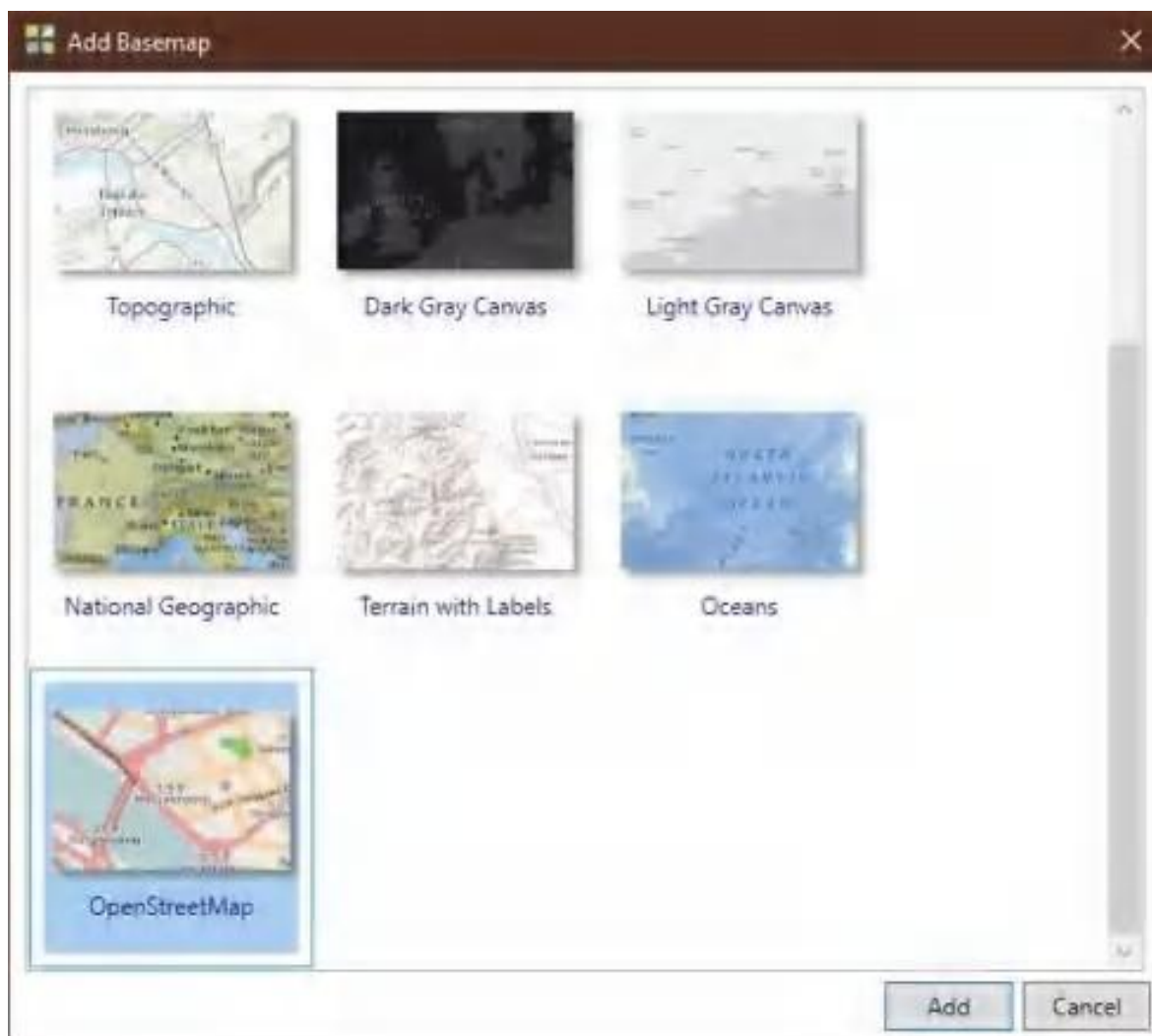


Рисунок 4.18 — Використання сервісу OpenStreetMap

Спираючись на зібрану інформацію, було визначено адміністративні межі Запорізької області, які послужили територіальною базою для картографічної моделі, представлені на рисунку 4.19. Процес створення карти базувався на стандартних алгоритмах оформлення картографічних матеріалів, прийнятих в Україні. Усі необхідні компоненти — від умовних позначень до допоміжних елементів компонування — були реалізовані виключно за допомогою штатного функціоналу програми ArcMap.

Це дозволило сформувати цілісний і професійний візуальний продукт, що відповідає вимогам до просторової точності та естетичного оформлення звітної

документації.

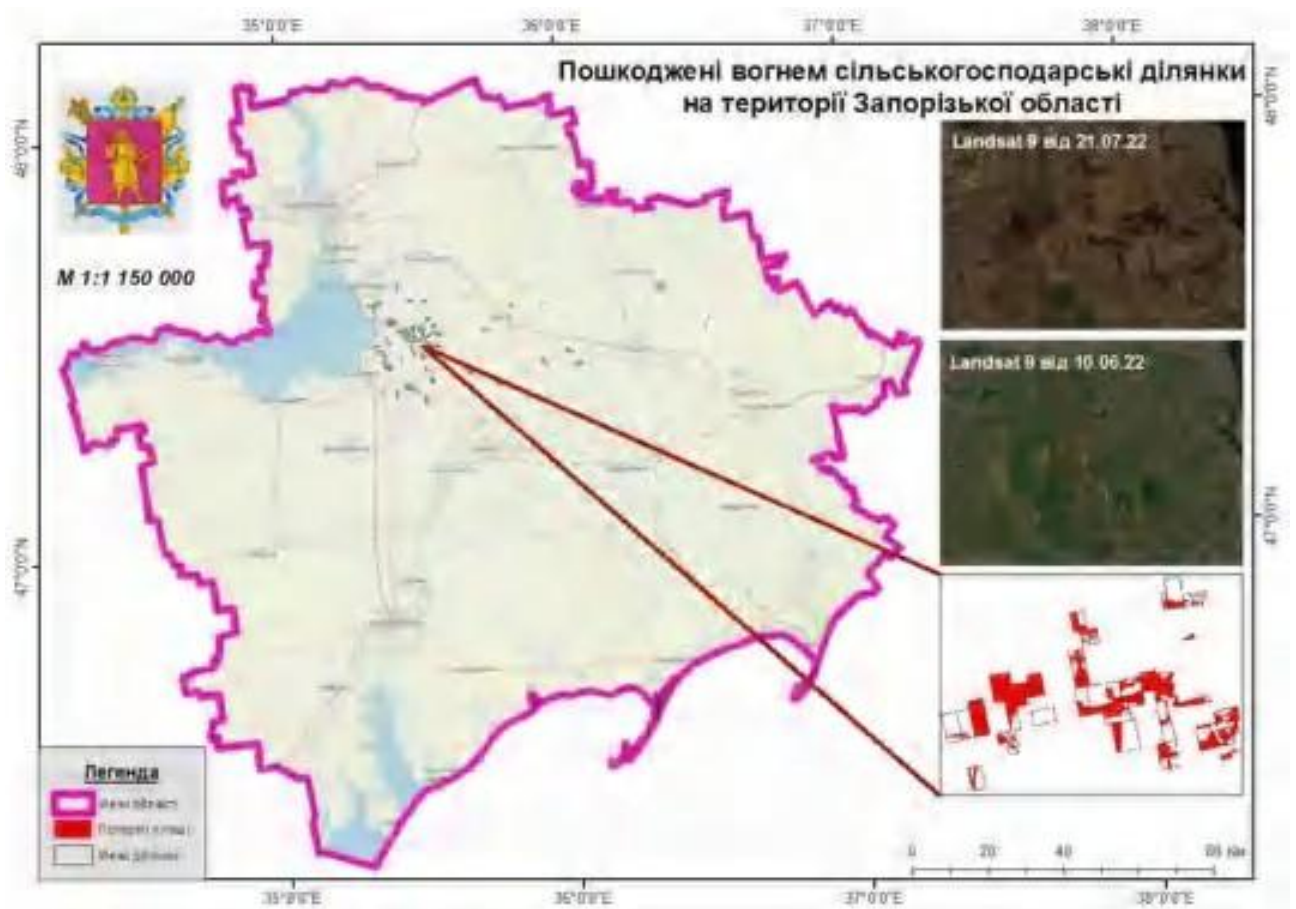


Рисунок 4.19 — Результат побудови картографічної моделі

Згідно з даними на середину вересня 2022 року, сукупні прямі втрати сільськогосподарської галузі України від наслідків війни сягнули \$6,6 млрд. Структура цих збитків охоплює кілька ключових напрямків:

Технічне забезпечення: Найбільша частка втрат припадає на знищення та пошкодження агротехніки — \$2,9 млрд. Загалом з ладу виведено понад 84,2 тис. одиниць обладнання.

Складська інфраструктура: Руйнування елеваторів та зерносховищ оцінюється у \$1,1 млрд, що призвело до втрати можливості одночасного зберігання 9,4 млн тонн зерна (без урахування потужностей на окупованих територіях).

Рослинництво та ресурси: Втрати багаторічних насаджень на площі 14,3 тис. га склали \$348,7 млн, а знищення виробничих факторів (добрив, палива та ЗЗР) — \$95,4 млн.

Товарні запаси: Агресором було знищено або викрадено готову продукцію на суму \$1,9 млрд (зокрема 2,8 млн тонн зернових та 1,2 млн тонн олійних культур).

Окремим деструктивним чинником літнього періоду 2022 року стали масштабні пожежі на полях. Артилерійські обстріли спричиняли миттєве займання сухої стерні та дозрілої пшениці, що призвело до вигорання сотень гектарів урожаю в Запорізькій, Миколаївській, Дніпропетровській та Херсонській областях.

За даними моніторингу NASA Harvest, під тимчасовою окупацією опинилося близько 22% усіх українських сільгоспугідь. Попри відсутність остаточної державної оцінки збитків саме від пожеж, Держекоінспекція повідомляє про понад 3 тисячі зафіксованих займань на загальній площі 1,5 млн га. З них понад третину (690 тис. га) становлять саме орні землі, що свідчить про цілеспрямоване знищення продовольчого ресурсу країни.

ВИСНОВКИ

У межах представленої кваліфікаційної роботи проведено комплексне дослідження масштабів деградації аграрного сектору України внаслідок воєнних дій 2022 року. Шляхом систематизації відкритих статистичних даних було виокремлено регіони з найбільш критичними показниками пошкодження сільськогосподарської інфраструктури та угідь.

Ключовим результатом дослідження стала кількісна та просторова оцінка територій Запорізької області, що постраждали від пірогенного впливу. На основі обробки мультиспектральних даних супутникової системи Landsat 9 було ідентифіковано та розраховано площі агроландшафтів, уражених пожежами під час ведення активних бойових дій.

Процес просторової візуалізації та формування підсумкової картографічної моделі реалізовано за допомогою аналітичного інструментарію ГІС-пакета ArcMap.

Проведений аналіз дозволяє стверджувати, що внаслідок збройного конфлікту на території України сформувалася дестабілізована військово-природно-техногенна геосистема. Вона характеризується не лише фізичним знищенням біомаси, а й глибокою деградацією ґрунтового покриву, хімічним забрудненням територій та системним порушенням екологічної рівноваги, що потребує тривалих заходів із моніторингу та рекультивації.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. If not by sword then by plowshare: the ecological impacts of a war-induced food crisis [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://uwecworkgroup.info/if-not-by-sword-then-by-plowshare-the-ecologicalimpacts-of-a-war-induced-food-crisis/>
2. Світова продовольча криза [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://cpd.gov.ua/main/vijna-v-ukrayini-ta-azijsko-afrykans/>
3. Вікіпедія, вільна енциклопедія [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://wiki.legalaid.gov.ua/index.php/Моніторинг_земель:_призначення_та_завдання
4. O. Trofymchuk, V. Trysnyuk, A. Greben and G. Krasovski, "Interpretation of Remote Sensing Data for Ecological Tasks", 2020 IEEE Ukrainian Microwave Week (UkrMW), Kharkiv, Ukraine, 2020, pp. 772-775, DOI: 10.1109/UkrMW49653.2020.9252736.
5. Vysotska, O., Greben, A., Kalashnikova, V., Rakhmetullina, S., Klochko, T., Kotyra, A., Mamyrbaev, O., and Iskakova, A. (2021). Colorimetric Parameters Modeling of Test Micro-Ecosystems for Lands Pollution Remote Sensing. *Journal of Ecological Engineering*, 22(2), pp.161-168. <https://doi.org/10.12911/22998993/130889>.
6. Байрак Г.Р., Муха Б.П. Дистанційні дослідження Землі : Навчальний посібник / Галина Байрак, Богдан Муха. – Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2010. – 712 с.
7. Gleditsch, N.P. (2015). Armed Conflict and the Environment. In: Nils Petter Gleditsch: Pioneer in the Analysis of War and Peace. SpringerBriefs on Pioneers in Science and Practice, vol 29. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-03820-9_6

8. Піріков, О.В. Геоінформаційний системний підхід до аналізу впливу збройних конфліктів на екологічний стан навколишнього природного середовища / О.В. Піріков, С.М. Чумаченко, Є.О. Яковлєв // Екологічна безпека та природокористування. – 2022. – Випуск 1 (41). – С.5-17.