

Міністерство освіти і науки України  
Чорноморський національний університет імені Петра Могили  
Навчально-науковий медичний інститут  
Кафедра екології

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ АНДРІЇВСЬКОГО ЛІСОВОГО  
УРОЧИЩА В ПЕРІОД ПОВНОМАСШТАБНОГО ВТОРГНЕННЯ  
ЗАСОБАМИ ДЗЗ**

Дипломна робота бакалавра  
за спеціальністю 101 «Екологія»

Виконавець:

студентка IV курсу, 421 групи

Белєнова В. С.

Науковий керівник:

к.т.н., доцентка

Крисінська Д.О

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Чорноморський національний університет імені Петра Могили  
Медичний інститут

Перший рівень вищої освіти – БАКАЛАВР  
Галузь знань: 10 Природничі науки  
Спеціальність: 101 «Екологія»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри екології  
Л.І.Григор'єва  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2026 р.

ЗАВДАННЯ  
НА ВИКОНАННЯ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА

Студенту \_\_\_\_\_ Беленовій Валерії Сергіївні  
(прізвище, ім'я, по батьковій)

1. Тема роботи Дослідження лісових пожеж Андріївського лісового урочища в період повномасштабного вторгнення засобами ДЗЗ  
затверджена наказом ЧНУ імені Петра Могили від «7» травня 2026 р. № 96

2. Завдання дослідження:

–Проаналізувати літературні джерела використання засобів ДЗЗ для дослідження лісових пожеж.

–Проаналізувати дані стану Андріївського лісового урочища в період до початку і під час повномасштабного вторгнення.

–Дослідити ключові закономірності факторів впливу на поширення лісових пожеж Андріївського лісового урочища в період повномасштабного вторгнення.

–Розрахувати площі лісових пожеж Андріївського лісового урочища в період повномасштабного вторгнення різними методами ДЗЗ.

–Проаналізувати екологічні наслідки лісових пожеж Андріївського лісового урочища в період повномасштабного вторгнення.

–Сформулювати висновки та пропозиції.

*Календарний план виконання роботи*

№	Розділ ДРБ	Дата виконання
1	Вступ	Листопад 2025
2	Розділ 1. Аналіз інформації за темою	Січень 2026
3	Розділ 2. Об'єкт, предмет і методи дослідження	Лютий 2026
4	Розділ 3. Результати досліджень	Березень 2026
5	Розділ 4. Охорона праці, екологічна безпека та	Квітень 2026
6	цивільний захист при виконанні дослідження	Травень 2026
7	Розділ 5. Узагальнення результатів дослідження	Травень 2026
8	Розділ 6. Пропозиції покращення	Травень 2026
	Висновки	Травень 2026

Дата видачі завдання жовтень 2025

Керівник дипломної роботи бакалавра \_\_\_\_\_ Крисінська Д.О.

Завдання прийняв до виконання (дата) \_\_\_\_\_ підпис Беленова В.С.

## ЗМІСТ

<b>Вступ</b> .....	5
<b>Розділ 1. АНАЛІЗ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ</b> .....	8
1.1. Характеристика засобів дистанційного зондування Землі .....	8
1.2. Використання засобів дистанційного зондування Землі в екологічних дослідженнях .....	13
1.3. Засоби дистанційного зондування Землі для дослідження лісових пожеж .....	15
1.4. Перспективи ДЗЗ в Україні .....	19
1.5. Висновки за розділом .....	20
<b>Розділ 2. ОБ'ЄКТ, ПРЕДМЕТ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ</b> .....	22
2.1. Об'єкт і предмет дослідження .....	22
2.2. Методологія дослідження .....	23
<b>Розділ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ</b> .....	29
3.1. Динаміка лісових пожеж у довоєнний та воєнний періоди .....	29
3.2. Оцінка площ згаріщ із використанням методів ДЗЗ .....	35
3.3. Аналіз факторів, що впливають на поширення лісових пожеж .....	39
3.4. Деградація популяцій червонокнижних видів флори та фауни .....	40
<b>Розділ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ, ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ</b> .....	43
4.1. Загальна характеристика умов виконання дослідження .....	43
4.2. Небезпечні та шкідливі фактори під час виконання дослідження .....	46
4.3. Заходи охорони праці та безпеки під час роботи з ДЗЗ .....	49
4.4. Цивільний захист в умовах надзвичайних ситуацій та воєнного стану .....	53
4.5. Висновки за розділом .....	57
<b>Розділ 5. УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ</b> .....	58
<b>Розділ 6. ПРОПОЗИЦІЇ ПОКРАЩЕННЯ</b> .....	62
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	64
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	67

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ДЗЗ — дистанційне зондування Землі

ГІС — геоінформаційні системи

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) — нормалізований диференційний вегетаційний індекс

NBR (Normalized Burn Ratio) — нормалізований відносний коефіцієнт згарищ

dNBR (differenced Normalized Burn Ratio) — диференційний нормалізований відносний коефіцієнт згарищ

QGIS (Quantum GIS) — це геоінформаційна система з відкритим кодом для обробки, аналізу та візуалізації геопросторових даних

ArcGIS — геоінформаційна програма компанії ESRI (Environmental Systems Research Institute) для збору, організації, аналізу, керування та візуалізації геопросторових даних.

Copernicus Browser — веб-орієнтована геоінформаційна платформа (браузер) Європейського космічного агентства для візуалізації, аналізу та завантаження супутникових знімків місії Sentinel

Sentinel, Sentinel-2 — серія супутників Європейського космічного агентства для моніторингу Землі

GFW (Global Forest Watch) — міжнародна онлайн-платформа для моніторингу лісів у реальному часі

NASA FIRMS (National Aeronautics and Space Administration's Fire Information for Resource Management System) — система інформації про пожежі для управління ресурсами NASA.

Landsat — серія цивільних штучних супутників Землі, призначених для отримання та моніторингу космічних знімків поверхні нашої планети.

MODIS — спектро радіометр (сканер) на супутниках NASA для глобального моніторингу довкілля

VIIRS — оптико-електронний сенсор на американських супутниках для фіксації пожеж та теплових аномалій

## ВСТУП

Лісові екосистеми відіграють важливу роль у підтриманні екологічної рівноваги, збереженні біорізноманіття, регулюванні кліматичних процесів, очищенні повітря та формуванні сприятливих умов для життя населення. Вони виконують водоохоронні, ґрунтозахисні, рекреаційні та ресурсні функції, тому їх збереження є одним із пріоритетних напрямів сучасної екологічної політики. Водночас ліси залишаються надзвичайно вразливими до дії природних і антропогенних чинників, серед яких особливо небезпечними є лісові пожежі.

Лісові пожежі належать до найбільш масштабних екологічних загроз, оскільки призводять до знищення флори, деградації ґрунтів, втрати середовищ існування тварин, погіршення якості атмосферного повітря та зростання викидів парникових газів. У сучасних умовах проблема пожеж значно загострилася через зміни клімату, тривалі посушливі періоди, підвищення температури повітря, а також через посилення антропогенного навантаження на природні території.

Особливої актуальності дана проблема набула в Україні в період повномасштабного вторгнення російської федерації, яке спричинило суттєві зміни у функціонуванні природних екосистем. Внаслідок бойових дій, артилерійських обстрілів, ракетних ударів, детонації боєприпасів, мінування територій та обмеження доступу до лісових масивів значно зросла кількість пожеж у природних екосистемах. Крім безпосереднього виникнення осередків займання, воєнні дії ускладнили оперативне реагування пожежно-рятувальних служб, проведення профілактичних заходів та моніторинг небезпечних територій.

Одним із таких об'єктів є Андріївське лісове урочище, яке зазнало негативного впливу внаслідок воєнних дій. Лісові пожежі на цій території спричинили пошкодження деревостанів, порушення структури рослинного покриву, втрату частини біорізноманіття та зміну природного стану екосистеми. Дослідження масштабів пожеж, їх просторового поширення та екологічних

наслідків є важливим завданням для подальшого відновлення території та розроблення заходів запобігання подібним процесам у майбутньому.

У сучасних умовах одним із найефективніших інструментів дослідження природних змін є засоби дистанційного зондування Землі (далі ДЗЗ). Використання супутникових знімків дозволяє оперативно отримувати інформацію про стан територій, виявляти осередки пожеж, визначати площі пошкоджених ділянок, аналізувати зміни рослинного покриву та здійснювати моніторинг важкодоступних або небезпечних територій. Особливе значення методи ДЗЗ мають саме під час воєнного стану, коли польові дослідження часто є неможливими або небезпечними.

Супутникові дані Sentinel, Landsat та інших платформ широко застосовуються для виявлення термічних аномалій, визначення меж згарищ, аналізу індексів рослинності (NDVI, NBR, dNBR) та оцінки ступеня пошкодження екосистем після пожеж. Поєднання геоінформаційних технологій та матеріалів дистанційного зондування створює можливість комплексного аналізу наслідків пожеж і формування науково обґрунтованих рекомендацій щодо відновлення територій.

**Актуальність** теми дослідження зумовлена необхідністю об'єктивної оцінки динаміки лісових пожеж та стану природних екосистем України в сучасний період, а також потребою впровадження методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) для оперативного моніторингу екологічних збитків. Андріївське лісове урочище є показовим прикладом заповідного масиву Миколаївщини, де в період повномасштабного вторгнення, попри відсутність безпосередніх бойових дій та мілітарних уражень, зафіксовано критичне зростання площ вигорання. Це вимагає детального аналізу співвідношення природних (кліматичних) та антропогенних чинників виникнення пожеж у специфічних умовах воєнного стану, коли традиційні заходи лісоохорони та моніторингу суттєво ускладнені

**Метою** роботи є дослідження лісових пожеж Андріївського лісового урочища в до та під час повномасштабного вторгнення засобами дистанційного зондування Землі.

Для досягнення поставленої мети визначено такі **завдання**:

1. Проаналізувати літературні джерела щодо використання засобів ДЗЗ для дослідження лісових пожеж.
2. Проаналізувати дані стану Андріївського лісового урочища в період до та під час повномасштабного вторгнення.
3. Дослідити ключові закономірності факторів впливу на поширення лісових пожеж Андріївського лісового урочища в період повномасштабного вторгнення.
4. Розрахувати площі лісових пожеж у період повномасштабного вторгнення методами ДЗЗ.
5. Проаналізувати екологічні наслідки лісових пожеж Андріївського лісового урочища.
6. Сформулювати висновки та пропозиції.

**Об'єктом** дослідження є Андріївське лісове урочище.

**Предметом** дослідження є лісові пожежі Андріївського лісового урочища в період повномасштабного вторгнення та їх оцінка засобами дистанційного зондування Землі.

У роботі використано такі **методи дослідження**: аналіз наукових джерел, порівняльний метод, методи геоінформаційного аналізу, дешифрування супутникових знімків, розрахунок спектрального індексу, статистичний аналіз та узагальнення результатів.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання отриманих результатів для оцінки екологічних збитків, моніторингу стану пошкоджених територій, планування відновлення лісових екосистем та вдосконалення системи запобігання пожежам у воєнний і післявоєнний періоди.

## РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

### 1.1. Характеристика засобів дистанційного зондування Землі

Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) є одним із найважливіших напрямів сучасних геоінформаційних та екологічних досліджень. Його розвиток став результатом швидкого вдосконалення космічних технологій, комп'ютерної техніки та методів обробки інформації. У сучасних умовах дистанційне зондування широко використовується для дослідження природних ресурсів, моніторингу навколишнього середовища, оцінки наслідків природних катастроф, прогнозування небезпечних процесів та вирішення багатьох інших наукових і практичних завдань [1].

Суть дистанційного зондування полягає у отриманні інформації про об'єкти, явища або процеси на поверхні Землі без прямого контакту з ними. Дані отримуються за допомогою спеціальних технічних засобів, які реєструють електромагнітне випромінювання, що відбивається або випромінюється поверхнею Землі. Основними джерелами інформації є супутники, літаки, безпілотні літальні апарати та наземні системи спостереження [6].

Розвиток засобів дистанційного зондування значно змінив підходи до дослідження природного середовища. Якщо раніше основним методом отримання інформації були польові дослідження, які вимагали значних затрат часу та ресурсів, то сьогодні супутникові технології дозволяють швидко отримувати великі обсяги даних про стан територій. Це особливо важливо для дослідження важкодоступних районів або територій, де проведення польових робіт є небезпечним [2].

Основа засобів ДЗЗ складають спеціальні сенсори, які встановлюються на різних платформах. Сенсори реєструють електромагнітне випромінювання у різних спектральних діапазонах та передають отриману інформацію для подальшої обробки. Залежно від принципу роботи сенсори поділяються на пасивні та активні [1, 2].

Пасивні сенсори працюють за рахунок реєстрації природного випромінювання. Найчастіше вони фіксують сонячне випромінювання, яке відбивається від поверхні Землі. Такі системи працюють у видимому, інфрачервоному та тепловому діапазонах спектра. Пасивні сенсори широко використовуються для дослідження рослинності, ґрунтів, водних ресурсів та атмосферних процесів. Їхньою перевагою є висока інформативність і можливість отримання детальних багатоспектральних знімків. Проте їх робота залежить від погодних умов, хмарності та освітлення.

Активні сенсори відрізняються тим, що самі випромінюють сигнал і фіксують його відбиття від поверхні Землі. До таких систем належать радари та лідари. Радіолокаційні системи використовують радіохвилі, що дозволяє проводити спостереження незалежно від погодних умов та часу доби. Це особливо важливо під час моніторингу територій із постійною хмарністю або задимленням. Лідари використовують лазерне випромінювання та застосовуються для створення високоточних моделей рельєфу, дослідження лісових масивів і вимірювання висоти об'єктів.

Залежно від носія засоби дистанційного зондування поділяються на космічні, авіаційні та наземні. Найбільш поширеними є космічні системи, представлені штучними супутниками Землі. Саме супутникові технології сьогодні забезпечують основний обсяг даних для екологічного моніторингу та географічних досліджень.

Супутникові системи мають важливу перевагу — вони забезпечують глобальне покриття території та регулярне оновлення інформації. Завдяки цьому можна спостерігати за змінами природного середовища у динаміці та аналізувати процеси, які відбуваються протягом тривалого часу. Сучасні супутники оснащуються високоточними сенсорами, що дозволяють отримувати знімки з різною просторовою та спектральною роздільною здатністю.

Однією з найважливіших сучасних супутникових програм є європейська програма Copernicus, у межах якої працюють супутники серії Sentinel. Ця програма створена для екологічного моніторингу та дослідження стану навколишнього середовища. Супутники Sentinel забезпечують регулярне отримання супутникових знімків високої якості та використовуються для дослідження рослинності, лісів, водних ресурсів, змін землекористування та природних катастроф.

Особливо важливим є супутник Sentinel-2, який здійснює багатоспектральну зйомку високої просторової роздільної здатності. Його дані широко застосовуються для моніторингу рослинного покриву, оцінки стану сільськогосподарських угідь та дослідження лісових пожеж. Завдяки високій деталізації супутникові знімки Sentinel-2 дозволяють виявляти навіть незначні зміни природного середовища [6].

Не менш важливою є американська програма Landsat, яка є однією з найстаріших програм дистанційного зондування Землі. Супутники Landsat здійснюють спостереження за поверхнею планети ще з 1970-х років. Основною перевагою цієї програми є наявність великого архіву супутникових даних, що дозволяє аналізувати довготривалі зміни природного середовища. Дані Landsat широко використовуються для дослідження урбанізації, деградації земель, змін лісових масивів та наслідків природних катастроф.

Для оперативного моніторингу природних явищ використовуються супутники MODIS та VIIRS. Вони дозволяють швидко отримувати інформацію про пожежі, пилові бурі, зміни температури поверхні та інші процеси. Особливістю цих систем є висока частота оновлення даних, що робить їх важливими для моніторингу надзвичайних ситуацій.

Авіаційні засоби дистанційного зондування представлені літаками та безпілотними літальними апаратами. Вони використовуються для локальних досліджень та отримання зображень із дуже високою деталізацією. Останніми

роками особливого поширення набули дрони, які дозволяють швидко отримувати дані про невеликі території та проводити детальні дослідження природних об'єктів.

Безпілотні літальні апарати активно використовуються у сільському господарстві, екології, геодезії та моніторингу надзвичайних ситуацій. Вони можуть оснащуватися різними типами сенсорів, включаючи фотокамери, тепловізори та лідари. Перевагами дронів є мобільність, висока точність даних та можливість проведення зйомки на невеликих висотах.

Наземні системи дистанційного зондування використовуються переважно для калібрування супутникових даних та проведення експериментальних досліджень. Вони дозволяють отримувати точні вимірювання параметрів навколишнього середовища та порівнювати їх із супутниковими даними.

Однією з основних характеристик засобів дистанційного зондування є роздільна здатність. Від неї залежить якість та деталізація отриманих даних. Виділяють просторову, спектральну, радіометричну та часову роздільну здатність.

Просторова роздільна здатність визначає мінімальний розмір об'єкта, який можна розрізнити на знімку. Чим меншою є величина пікселя, тим детальнішим буде зображення. Наприклад, супутники високої просторової роздільної здатності дозволяють розпізнавати окремі будівлі, дороги або дерева.

Спектральна роздільна здатність характеризує кількість та ширину спектральних каналів, у яких проводиться зйомка. Вона визначає можливість аналізу різних типів поверхні та природних об'єктів. Багатоспектральні знімки широко використовуються для оцінки стану рослинності, водних об'єктів та ґрунтів.

Радіометрична роздільна здатність показує чутливість сенсора до різниці інтенсивності сигналу. Висока радіометрична роздільна здатність дозволяє фіксувати навіть незначні зміни випромінювання.

Часова роздільна здатність визначає частоту повторного знімання певної території. Це особливо важливо для моніторингу динамічних природних процесів, таких як повені, пожежі або сезонні зміни рослинності.

Сучасні засоби дистанційного зондування широко застосовуються в екологічних дослідженнях. Вони дозволяють проводити моніторинг стану лісів, водних ресурсів, ґрунтів та атмосферного повітря. Особливого значення ДЗЗ набуло у дослідженні лісових пожеж, які є серйозною екологічною проблемою сучасності.

За допомогою супутникових даних можна оперативно виявляти осередки займання, оцінювати масштаби пошкоджених територій та досліджувати процеси відновлення рослинності після пожеж. Для цього широко використовуються супутники Sentinel, Landsat, MODIS та VIIRS.

Крім моніторингу пожеж, дистанційне зондування застосовується для дослідження змін клімату, урбанізації, деградації земель та забруднення навколишнього середовища. Супутникові дані дозволяють оцінювати стан природних ресурсів та прогнозувати розвиток небезпечних процесів.

Важливу роль у роботі з даними ДЗЗ відіграють геоінформаційні системи. Поєднання супутникових даних із ГІС-технологіями дозволяє створювати тематичні карти, виконувати просторовий аналіз та моделювати природні процеси. Сучасні програми, такі як QGIS та ArcGIS, значно спрощують процес обробки супутникових знімків [20].

Незважаючи на значні переваги, засоби дистанційного зондування мають певні недоліки. Якість оптичних супутникових знімків залежить від погодних умов та хмарності. Також для обробки даних необхідні спеціальні знання та навички роботи з геоінформаційними технологіями.

## 1.2. Використання засобів дистанційного зондування Землі в екологічних дослідженнях

Сучасні екологічні дослідження неможливо уявити без використання засобів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). Вони дозволяють отримувати інформацію про стан навколишнього середовища без безпосереднього контакту з об'єктом дослідження. Завдяки супутниковим системам спостереження стало можливим проводити постійний екологічний моніторинг великих територій, швидко виявляти негативні зміни природного середовища та оцінювати масштаби антропогенного впливу.

Особливість використання ДЗЗ саме в екологічних дослідженнях полягає у можливості комплексного аналізу компонентів довкілля: рослинності, ґрунтів, водних ресурсів, атмосфери та природних екосистем. Супутникові дані забезпечують регулярне спостереження за станом природного середовища та дозволяють простежувати зміни у часі.

Одним із головних напрямів використання ДЗЗ в екології є моніторинг рослинного покриву та лісових екосистем. За допомогою супутникових знімків можна визначати стан лісів, оцінювати рівень їх пошкодження, виявляти незаконні вирубки та досліджувати процеси деградації рослинності. Особливо важливими є дані супутників Sentinel-2 та Landsat, які забезпечують мультиспектральні знімки високої якості. На основі таких даних розраховуються вегетаційні індекси, наприклад NDVI, що дозволяє оцінити густоту та життєвий стан рослинності [18].

У екологічних дослідженнях значна увага приділяється вивченню лісових пожеж. Засоби дистанційного зондування дають можливість оперативно виявляти осередки займання, оцінювати площі пошкоджених територій та аналізувати ступінь впливу пожеж на екосистеми. Для цього часто використовується індекс NBR, який дозволяє визначати інтенсивність пошкодження рослинного покриву після пожежі. Порівняння супутникових

знімків до та після пожежі допомагає встановити масштаби екологічних втрат і контролювати процеси відновлення рослинності [23].

Важливим напрямом екологічних досліджень є моніторинг водних ресурсів. За допомогою ДЗЗ можна досліджувати стан річок, озер і водосховищ, визначати рівень забруднення води та виявляти зміни берегової лінії. Супутникові знімки дозволяють виявляти евтрофікацію водойм, цвітіння води та накопичення забруднюючих речовин. Такі дослідження є особливо актуальними для регіонів із високим антропогенним навантаженням.

У сфері екології атмосферного повітря дистанційне зондування використовується для контролю концентрації шкідливих речовин та аерозолів у атмосфері. Супутникові системи дозволяють спостерігати за поширенням диму від пожеж, промислових викидів і пилових бур. Це дає можливість оцінювати рівень забруднення повітря та його вплив на екосистеми і здоров'я населення [22].

Дистанційне зондування також широко застосовується для дослідження деградації ґрунтів. За допомогою супутникових даних можна визначати процеси ерозії, опустелювання, засолення та виснаження земель. Аналіз змін земного покриву дозволяє оцінювати екологічний стан територій і прогнозувати подальший розвиток негативних процесів.

Особливого значення ДЗЗ набуло під час дослідження наслідків техногенних катастроф та військових дій. Супутникові дані дозволяють оцінювати масштаби пошкодження природних екосистем, визначати площі забруднених територій та контролювати зміни довкілля після аварій чи руйнувань. Наприклад, дистанційне зондування активно використовується для оцінки екологічних наслідків пожеж, підтоплень та руйнування промислових об'єктів.

У сучасних екологічних дослідженнях засоби ДЗЗ часто поєднуються з геоінформаційними системами (ГІС). Це дозволяє не лише отримувати

супутникові дані, а й виконувати їх просторовий аналіз, створювати тематичні карти та моделювати екологічні процеси. Поєднання ДЗЗ і ГІС значно підвищує ефективність екологічного моніторингу та забезпечує більш точне оцінювання стану довкілля.

Основними перевагами використання дистанційного зондування в екологічних дослідженнях є оперативність отримання інформації, можливість дослідження важкодоступних територій, охоплення великих площ та регулярність спостережень. Крім того, супутникові дані дозволяють проводити довгострокові дослідження змін природного середовища та порівнювати екологічний стан територій у різні періоди часу.

Разом із перевагами існують певні труднощі використання ДЗЗ у екології. Якість оптичних супутникових знімків може залежати від погодних умов та хмарності. Також для ефективної обробки даних необхідні спеціальні знання у сфері геоінформаційних технологій та роботи з програмним забезпеченням, таким як QGIS або ArcGIS [1].

### **1.3. Засоби ДЗЗ для дослідження лісових пожеж**

Лісові пожежі є однією з найнебезпечніших екологічних проблем сучасності. Вони завдають значної шкоди природним екосистемам, негативно впливають на стан атмосферного повітря, рослинний і тваринний світ, а також створюють небезпеку для населення. У результаті пожеж відбувається знищення великих площ лісів, погіршується якість ґрунтів, порушується природний баланс екосистем і зростає рівень забруднення навколишнього середовища. Через зміни клімату, підвищення температури повітря та тривалі посушливі періоди кількість лісових пожеж у світі щороку збільшується. Саме тому дослідження пожеж та контроль за їх поширенням є важливим напрямом сучасних екологічних досліджень [25].

Для вивчення лісових пожеж сьогодні активно використовуються засоби дистанційного зондування Землі. Вони дозволяють отримувати інформацію про стан території за допомогою супутників, літаків, дронів та спеціальних сенсорів без безпосереднього контакту з об'єктом дослідження. Використання дистанційного зондування значно спрощує процес моніторингу пожеж, оскільки дає можливість спостерігати за великими площами та отримувати актуальні дані за короткий проміжок часу.

Особливо важливим є те, що засоби дистанційного зондування дозволяють контролювати ситуацію у важкодоступних районах, де проведення наземних досліджень є складним або небезпечним. Наприклад, у гірських або віддалених лісових територіях отримання інформації за допомогою супутникових знімків є набагато ефективнішим, ніж проведення польових обстежень. Крім того, супутникові дані дають можливість швидко оцінити масштаби пожежі та визначити території, які найбільше постраждали [21].

У сучасних екологічних дослідженнях для моніторингу лісових пожеж найчастіше використовують супутники Sentinel, Landsat, MODIS та VIIRS. Дані цих супутників є дуже важливими для спостереження за змінами природного середовища. Супутники Sentinel входять до європейської програми Copernicus і забезпечують регулярне отримання супутникових знімків високої якості. Вони дозволяють детально досліджувати рослинний покрив, визначати площі пошкоджених територій та аналізувати наслідки пожеж [15, 16].

Особливе значення має супутник Sentinel-2, який широко використовується в екологічному моніторингу. Його знімки мають високу просторову роздільну здатність, що дозволяє виявляти навіть незначні зміни рослинності. Завдяки цьому можна визначати межі пожеж, оцінювати ступінь вигорання територій та спостерігати за процесами відновлення лісів після впливу вогню [2, 8].

Супутники Landsat є одними з найстаріших систем дистанційного зондування Землі. Їхньою перевагою є наявність великого архіву супутникових

даних, який охоплює декілька десятиліть. Це дозволяє досліджувати зміни лісових екосистем у довгостроковій перспективі. За допомогою знімків Landsat можна аналізувати повторюваність пожеж, визначати території з найбільшою пожежною небезпекою та оцінювати швидкість відновлення рослинності після пожеж [1,2].

Для оперативного виявлення активних осередків займання використовуються супутники MODIS та VIIRS. Вони здатні фіксувати теплові аномалії на поверхні Землі та швидко передавати інформацію про виникнення пожеж. Це має велике значення для рятувальних служб, оскільки дозволяє своєчасно реагувати на надзвичайні ситуації та запобігати подальшому поширенню вогню [3].

Одним із основних напрямів використання дистанційного зондування у дослідженні лісових пожеж є оцінка стану рослинного покриву. Після проходження пожежі рослинність зазнає значних змін, які добре помітні на супутникових знімках. За допомогою спеціальних методів обробки даних можна визначати площі пошкоджених територій та оцінювати рівень деградації екосистем [8, 15].

Також супутникові дані дозволяють досліджувати процеси відновлення лісів після пожеж. Після вигорання рослинний покрив поступово відновлюється, і ці зміни можна простежити за допомогою багаторічних супутникових спостережень. Такі дослідження є важливими для оцінки стійкості екосистем до впливу пожеж та планування природоохоронних заходів.

Крім дослідження рослинності, дистанційне зондування використовується для аналізу впливу пожеж на атмосферне повітря. Під час горіння в атмосферу потрапляє велика кількість диму, пилу та токсичних речовин. Це негативно впливає на якість повітря та здоров'я населення. Супутникові системи дозволяють спостерігати за поширенням димових мас та оцінювати масштаби забруднення атмосфери.

Лісові пожежі також впливають на стан ґрунтів. Після пожежі верхній шар ґрунту часто втрачає родючість, збільшується ризик ерозії та зменшується кількість поживних речовин. За допомогою дистанційного зондування можна досліджувати зміни земного покриву та оцінювати рівень деградації територій після впливу вогню.

Ще одним важливим напрямом використання ДЗЗ є прогнозування пожежної небезпеки. За допомогою супутникових даних можна аналізувати температуру поверхні, стан рослинності та рівень вологості територій. Це дозволяє визначати ділянки з високим ризиком виникнення пожеж та проводити профілактичні заходи для запобігання загорянням [11].

У сучасних екологічних дослідженнях супутникові дані часто поєднують із геоінформаційними системами. Використання програмного забезпечення, такого як QGIS або ArcGIS, дозволяє створювати карти пожеж, аналізувати просторове поширення вогню та виконувати комплексний екологічний моніторинг. Геоінформаційні системи значно спрощують процес обробки супутникових знімків і дозволяють отримувати більш точні результати досліджень [14]

Незважаючи на значні переваги, використання засобів дистанційного зондування має і певні недоліки. Якість супутникових знімків може залежати від погодних умов, хмарності або задимленості території. Також для обробки супутникових даних необхідні спеціальні знання та навички роботи з геоінформаційними технологіям[18].

#### **1.4. Перспективи ДЗЗ в Україні**

Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) в Україні має значні перспективи розвитку, оскільки сучасні супутникові технології дозволяють швидко отримувати актуальну інформацію про стан природного середовища, земельних ресурсів та наслідки антропогенного впливу. У сучасних умовах ДЗЗ стає одним із найважливіших інструментів для екологічного моніторингу, управління

природними ресурсами, прогнозування небезпечних явищ та підтримки прийняття управлінських рішень.

Однією з головних перспектив розвитку ДЗЗ в Україні є розширення використання супутникових даних у сфері екологічного моніторингу. Завдяки супутникам можливо оперативно відстежувати зміни стану лісів, водойм, ґрунтів та атмосферного повітря. Особливо важливим це є для виявлення деградації земель, вирубування лісів, підтоплень, посух та лісових пожеж. Використання супутникових знімків дозволяє отримувати інформацію навіть із важкодоступних територій та проводити спостереження на великих площах.

Важливим напрямом розвитку ДЗЗ є застосування супутникових технологій у сільському господарстві. Україна має значний аграрний потенціал, тому використання супутникових даних для контролю стану посівів, оцінки вологості ґрунту, прогнозування врожайності та виявлення посух є дуже перспективним. Такі технології дають можливість оптимізувати використання ресурсів, зменшити втрати врожаю та підвищити ефективність аграрного виробництва [16, 19].

Перспективним є також використання ДЗЗ для моніторингу наслідків військових дій та техногенних катастроф. В умовах сучасної ситуації в Україні супутникові дані дозволяють оцінювати масштаби руйнувань, виявляти осередки пожеж, контролювати забруднення територій та відстежувати зміни природних ландшафтів. Особливого значення набуває контроль стану водних ресурсів, ґрунтів та екосистем на територіях, які зазнали значного антропогенного впливу.

Ще одним важливим напрямом є інтеграція ДЗЗ із геоінформаційними системами (ГІС). Поєднання супутникових даних та ГІС-технологій дозволяє створювати тематичні карти, аналізувати просторові зміни та моделювати розвиток природних процесів. Це значно покращує можливості планування природоохоронних заходів, управління територіями та проведення наукових досліджень [20].

Значні перспективи пов'язані з використанням міжнародних супутникових програм, зокрема європейської програми Copernicus та супутників Sentinel. Дані цих супутників є відкритими та безкоштовними, що дає можливість українським науковцям, студентам та державним установам активно використовувати сучасну супутникову інформацію у своїй діяльності. .

Важливим фактором розвитку ДЗЗ в Україні є підготовка фахівців у сфері геоінформаційних технологій та супутникового моніторингу. З кожним роком зростає кількість навчальних програм, курсів та наукових досліджень, пов'язаних із використанням ДЗЗ. Поширення програмного забезпечення, зокрема QGIS, робить роботу із супутниковими даними більш доступною для студентів та науковців.

У майбутньому розвиток ДЗЗ в Україні сприятиме підвищенню ефективності природокористування, покращенню екологічного контролю та забезпеченню сталого розвитку держави. Використання сучасних супутникових технологій дозволить швидше реагувати на екологічні загрози, здійснювати точний моніторинг стану довкілля та приймати обґрунтовані управлінські рішення. Таким чином, дистанційне зондування Землі має важливе значення для наукового, екологічного та економічного розвитку України [5, 23].

## **1.5. Висновки за розділом**

У першому розділі було проаналізовано основні засоби дистанційного зондування Землі та особливості їх використання в екологічних дослідженнях. Встановлено, що ДЗЗ є важливим сучасним методом отримання інформації про стан навколишнього середовища, який дає можливість швидко збирати дані на великих територіях і спостерігати за природними змінами в режимі реального часу.

У ході роботи розглянуто можливості супутникових систем Sentinel і Landsat, які широко застосовуються для екологічного моніторингу. Їх

використання дозволяє оцінювати стан рослинного покриву, виявляти зміни природних територій та проводити аналіз наслідків негативного впливу на довкілля.

Окрему увагу було приділено використанню дистанційного зондування для дослідження лісових пожеж. Супутникові дані дозволяють визначати місця виникнення пожеж, встановлювати площі пошкоджених територій та оцінювати вплив пожеж на екосистеми. Поєднання супутникових знімків із геоінформаційними системами підвищує точність досліджень та спрощує обробку просторової інформації.

Також у розділі розглянуто перспективи розвитку ДЗЗ в Україні. Визначено, що сучасні супутникові технології мають важливе значення для вдосконалення системи екологічного моніторингу, контролю природних ресурсів та проведення наукових досліджень. Використання відкритих супутникових даних створює додаткові можливості для розвитку екологічної науки та впровадження сучасних методів дослідження.

Отже, дистанційне зондування Землі є ефективним інструментом для вивчення природних процесів і проведення екологічного моніторингу. Застосування супутникових технологій дозволяє отримувати актуальну інформацію про стан довкілля та своєчасно оцінювати наслідки природних і антропогенних змін.

## РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ, ПРЕДМЕТ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1. Об'єкт і предмет дослідження

**Об'єктом дослідження** є Андріївське лісове урочище — заповідне урочище місцевого значення в Україні. Розташоване в межах Миколаївського району Миколаївської області. Формування Андріївського лісового урочища розпочалося у 1960-х роках у результаті штучного заліснення піщаних територій правобережжя річки Південний Буг. Створення лісового масиву мало на меті захист населених пунктів Андріївка та Ковалівка від несприятливих природних процесів, зокрема вітрової ерозії та переміщення пісків. Основними завданнями заліснення були закріплення піщаних арен, покращення екологічного стану території та створення захисних лісових насаджень. Для цього переважно висаджували хвойні породи дерев, які добре пристосовані до посушливих умов та піщаних ґрунтів місцевості.

У подальшому, враховуючи природоохоронне значення створеного лісового масиву та його важливу роль у збереженні місцевих екосистем, території було надано заповідний статус. Відповідно до рішення Миколаївського облвиконкому від 23 жовтня 1984 року № 448, ділянку площею 1294 га оголошено заповідним лісовим урочищем. Це сприяло збереженню природного ландшафту, рослинного і тваринного світу, а також обмеженню господарської діяльності на території урочища.

**Предметом дослідження** є лісові пожежі Андріївського лісового урочища в період повномасштабного вторгнення, їх наслідки для природного середовища, а також можливості оцінки змін стану лісових насаджень за допомогою засобів дистанційного зондування Землі. У роботі досліджуються особливості виникнення та поширення пожеж, масштаби пошкодження території, зміни рослинного покриву до та після пожеж, а також ефективність використання супутникових знімків для моніторингу екологічного стану урочища.

**Метою** роботи є дослідження лісових пожеж Андріївського лісового урочища в період повномасштабного вторгнення засобами дистанційного зондування Землі.

Для досягнення поставленої мети визначено розширений перелік **завдань**:

- Проаналізувати літературні джерела щодо застосування засобів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) для дослідження лісових пожеж.
- Розглянути можливості використання супутникових даних Sentinel-2 та вегетаційного індексу NDVI для оцінки стану лісових територій.
- Проаналізувати стан Андріївського лісового урочища в період до та в період повномасштабного вторгнення на основі даних ДЗЗ.
- Дослідити ключові закономірності та фактори, що впливають на поширення лісових пожеж в умовах повномасштабного вторгнення.
- Виконати розрахунок площі лісових пожеж та оцінити динаміку стану рослинності із застосуванням вегетаційного індексу NDVI.
- ✓ Проаналізувати екологічні наслідки лісових пожеж Андріївського лісового урочища.

7. Узагальнити результати дослідження та сформулювати висновки і практичні пропозиції.

## **2.2 Методологія дослідження**

У роботі застосовано сукупність взаємопов'язаних методів, які забезпечують повноцінний аналіз стану лісових територій Андріївського урочища.

Для реалізації дослідження використовувався комплекс сучасних цифрових інструментів і вебплатформ, що забезпечують отримання, обробку та аналіз супутникових даних.

Основним джерелом супутникових даних у роботі стала платформа Copernicus Browser, яка забезпечує доступ до даних європейської космічної програми Copernicus.

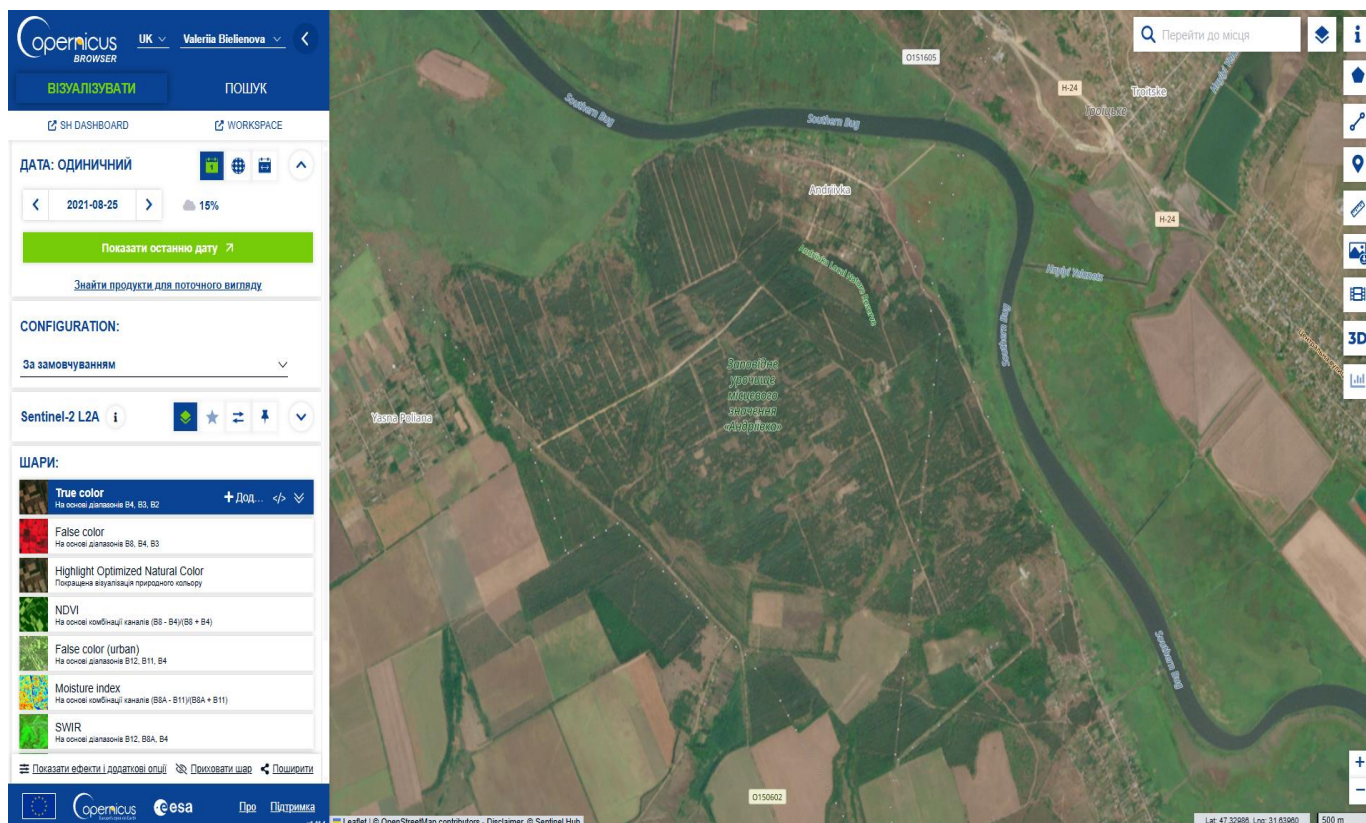


Рис. 2.1 . Інтерфейс платформи Copernicus Browser

У межах дослідження використовувалися мультиспектральні знімки супутників Sentinel-2, що характеризуються високою просторовою роздільною здатністю та широкими можливостями для аналізу стану рослинності [3].

За допомогою платформи Copernicus Browser здійснювався підбір супутникових знімків за необхідними датами, візуальне порівняння стану території до та після виникнення пожеж, а також аналіз змін спектральних характеристик рослинного покриву. Додатково використовувалися інструменти побудови спектральних комбінацій та розрахунку індексів рослинності, що дозволило оцінити ступінь пошкодження лісових насаджень [1,2].

Для визначення активних осередків пожеж та аналізу теплових аномалій використовувалася система NASA FIRMS.



Рис. 2.2 Природний стан лісового масиву до початку повномасштабних воєнних дій за даними супутникового моніторингу NASA FIRMS, серпень 2021 року

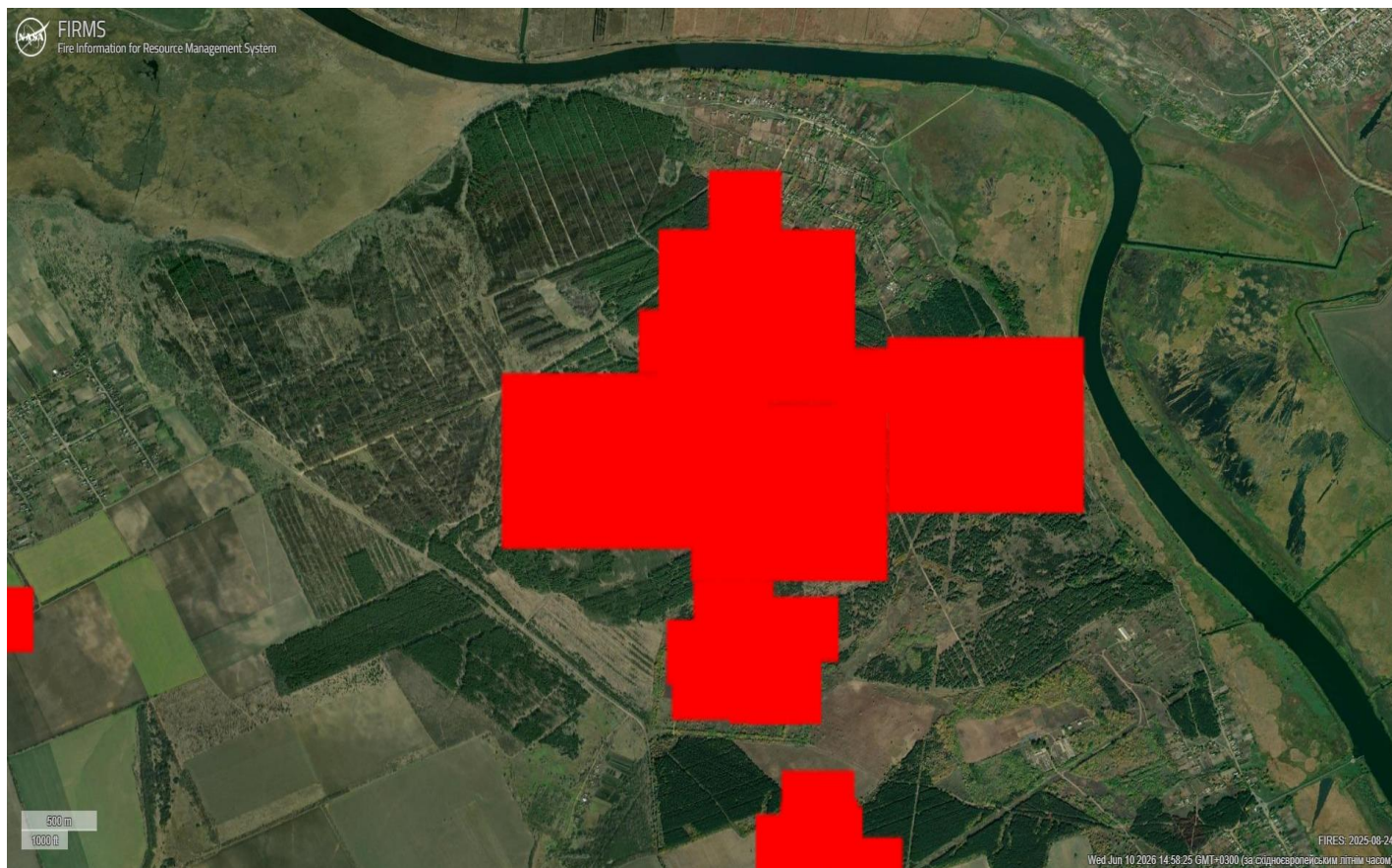


Рис. 2.3. Карта активних пожеж Андріївського ліс урочища за даними супутникового моніторингу NASA FIRMS, серпень 2025 року

Даний сервіс працює на основі супутникових даних MODIS та VIIRS і дозволяє виявляти пожежі майже в режимі реального часу. У роботі NASA FIRMS застосовувався для підтвердження фактів виникнення пожеж, уточнення часових меж загорянь та визначення територій найбільшого впливу вогню.

Важливим елементом інформаційного забезпечення дослідження стала платформа Global Forest Watch, яка використовується для глобального моніторингу стану лісів. Платформа об'єднує супутникові дані, картографічні матеріали та аналітичні інструменти, що дозволяють оцінювати зміни лісового покриву, рівень деградації екосистем і масштаби втрат лісів.

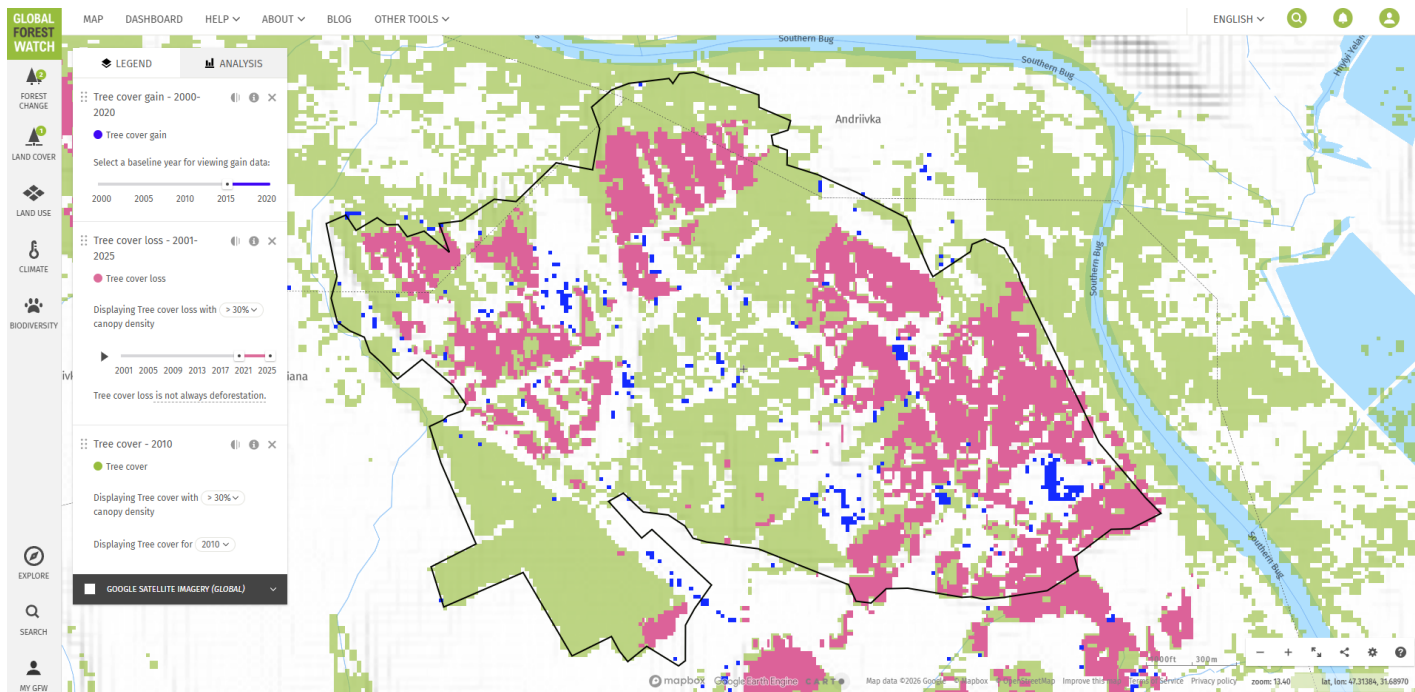


Рис. 2.4. Просторова локалізація змін лісового покриття Андріївського лісового урочища за період 2021–2025 рр.

У межах даного дослідження Global Forest Watch використовувався для аналізу динаміки змін лісового покриття Андріївського лісового урочища, порівняння результатів супутникового аналізу та уточнення територій, які зазнали найбільшого пошкодження внаслідок пожеж. Використання платформи дозволило простежити тенденції деградації лісових насаджень та оцінити загальний екологічний стан території.

Крім цього, інформаційні матеріали платформи дали можливість врахувати значення лісових екосистем для підтримання біорізноманіття. Аналіз змін лісового покриття є важливим у контексті збереження природних середовищ існування видів рослин і тварин, у тому числі рідкісних та вразливих видів, занесених до Червоної книги України [9, 10].

Алгоритм просторового аналізу та математико-статистичних розрахунків у межах дослідження було повністю реалізовано в середовищі геоінформаційної системи QGIS за такою послідовністю:

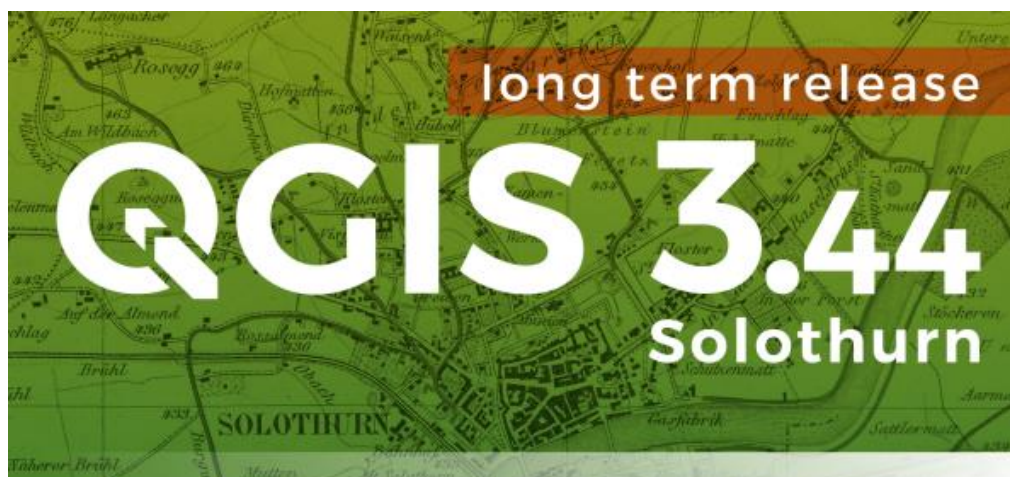


Рис. 2.5. Логотип та версія програмного забезпечення QGIS 3.44, використаного в дослідженні.

**Дешифрування супутникових знімків:** Виконано первинну обробку та аналіз вихідних матеріалів дистанційного зондування Землі для досліджуваної території, а саме дешифрування супутникових знімків взятих з платформи Copernicus browser за серпень 2021 року та серпень 2025 року. Також було накладено контур на офіційну площу Андріївського лісового урочища, що становить 1294 га.

**Обчислення індексу вегетації:** Через інструментарій калькулятора растрів згенеровано матрицю нормалізованого відносного вегетаційного індексу (NDVI), що показало NDVI та площу деревостану, чагарників, трав'янистих рослин.

**Перекласифікація растрових даних:** Здійснено перерозподіл значень растра з метою автоматичного виділення ізольованих зон із мінімальними показниками індексу, що безпосередньо вказують на осередки згарищ.

**Векторизація та просторовий підрахунок:** Проведено трансформацію перекласифікованого растра у векторні контури для оптимізації візуалізації та зміни стилістики об'єктів. Фінальний розрахунок сумарної площі ураження та визначення кількості деградованих пікселів (з подальшим переведенням у

метричні одиниці — гектари) базувався на застосуванні статистичних критеріїв сигма-відхилення ( $\Sigma$ ) в атрибутивних таблицях шару.

Комплексне використання зазначених цифрових платформ та програмних засобів дозволило забезпечити точність і достовірність отриманих результатів, а також реалізувати комплексний підхід до аналізу наслідків лісових пожеж на території Андріївського лісового урочища.

## РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 3.1. Динаміка лісових пожеж у довоєнний та воєнний періоди

Варто зазначити, що використання індексу NDVI для аналізу наслідків пожеж є одним із найбільш поширених підходів у сучасних дослідженнях стану рослинного покриву. Основною перевагою цього методу є можливість оперативного отримання інформації про великі території без необхідності проведення суцільних польових обстежень. Завдяки супутниковим даним можна відстежувати зміни рослинності в різні часові періоди та оцінювати швидкість її відновлення після негативних впливів.

У ході дослідження було встановлено, що на території Андріївського лісового урочища простежується тенденція до зниження показників рослинного покриву в порівнянні з довоєнним періодом. Це свідчить про те, що частина лісових насаджень зазнала значних пошкоджень, а процеси природного відновлення ще не забезпечили повернення рослинності до попереднього стану. Особливо це стосується ділянок, які безпосередньо перебували в зоні поширення вогню або зазнали додаткового антропогенного навантаження.

Крім безпосереднього знищення рослинності, пожежі спричиняють низку супутніх негативних наслідків. Під впливом високих температур відбувається руйнування верхнього родючого шару ґрунту, знижується його вологоутримувальна здатність, погіршуються умови для проростання насіння та розвитку молодих рослин. У результаті навіть після припинення пожежі екосистема тривалий час залишається ослабленою та потребує значного періоду для відновлення.

Не менш важливим наслідком є порушення середовища існування тварин. Лісові масиви виконують функцію природних оселищ для багатьох видів птахів, ссавців та комах. Знищення рослинного покриву призводить до скорочення кормової бази та місць укриття, що негативно впливає на чисельність окремих

популяції. У довгостроковій перспективі це може спричинити зміни у видовому складі місцевих екосистем.

Отримані результати також демонструють ефективність застосування геоінформаційних систем та даних дистанційного зондування Землі для моніторингу природних територій в умовах обмеженого доступу до місцевості. В умовах воєнного стану проведення польових досліджень часто є ускладненим або небезпечним, тому супутникові дані стають одним із основних джерел інформації про зміни навколишнього середовища. Використання знімків Sentinel-2 дозволяє регулярно оновлювати інформацію про стан рослинності та своєчасно виявляти нові осередки пошкоджень.

Додатково слід враховувати, що зниження значень NDVI не завжди пов'язане виключно з пожежами. На величину індексу можуть впливати сезонні особливості розвитку рослинності, погодні умови, рівень зволоження ґрунту та інші природні фактори. Саме тому для підвищення достовірності результатів доцільно використовувати комплексний підхід, який поєднує аналіз супутникових даних різних часових періодів, результати польових спостережень та додаткові індекси дистанційного зондування.

Результати розрахунку індексу NDVI були представлені за допомогою послідовної колірної шкали, де значення поступово змінюються від світлих тонів до насиченого зеленого кольору. Такий спосіб відображення дає змогу наочно оцінити просторовий розподіл рослинного покриву та ступінь його збереженості.

Найсвітліші відтінки відповідають найнижчим значенням індексу і характеризують ділянки, на яких рослинність відсутня або практично повністю знищена внаслідок пожежі. Саме ці території формують центральну частину згарища.

Світло-зелені кольори відображають зони зі слабо розвиненим або пошкодженим рослинним покривом, які переважно розташовані на межі

постраждалих ділянок і є перехідними між згаріщем та непошкодженими територіями.

Зелені відтінки середньої насиченості відповідають територіям із задовільним станом рослинності, де переважає трав'яний або чагарниковий покрив середньої густоти.

Найбільш насичений темно-зелений колір характеризує ділянки з високими значеннями NDVI, що свідчить про наявність густої та добре розвиненої рослинності. До цієї категорії належать лісові масиви, які не зазнали істотного впливу пожежі та зберегли природний стан.

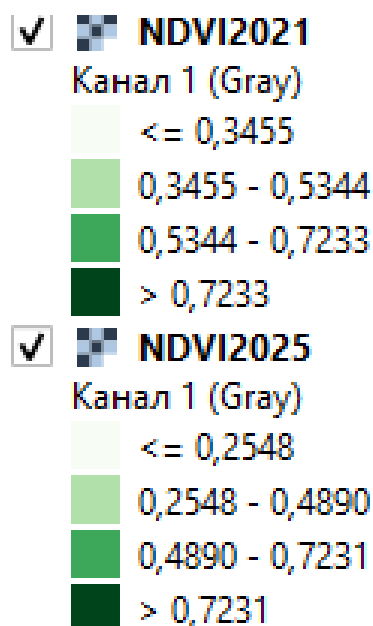


Рис 3.1. Шкала класифікації індексу NDVI2021 та NDVI2025 в інтерфейсі програми QGIS.

Для аналізу стану рослинного покриву у 2021 році отримані значення індексу NDVI було розподілено на чотири основні спектральні класи:

Критично низькі значення ( $\leq 0,3455$ ) — відповідають зонам із сильною деградацією рослинності, оголеним ґрунтам або ділянкам пірогенного впливу (згаріщам);

Низькі показники (0,3455 – 0,5344) — характерні для рідкісної, пригніченої або пошкодженої рослинності;

Помірні значення (0,5344 – 0,7233) — відображають задовільний стан вегетаційного покриву середньої щільності;

Високі показники (>0,7233) — свідчать про максимальну щільність здорової та активної лісової рослинності.

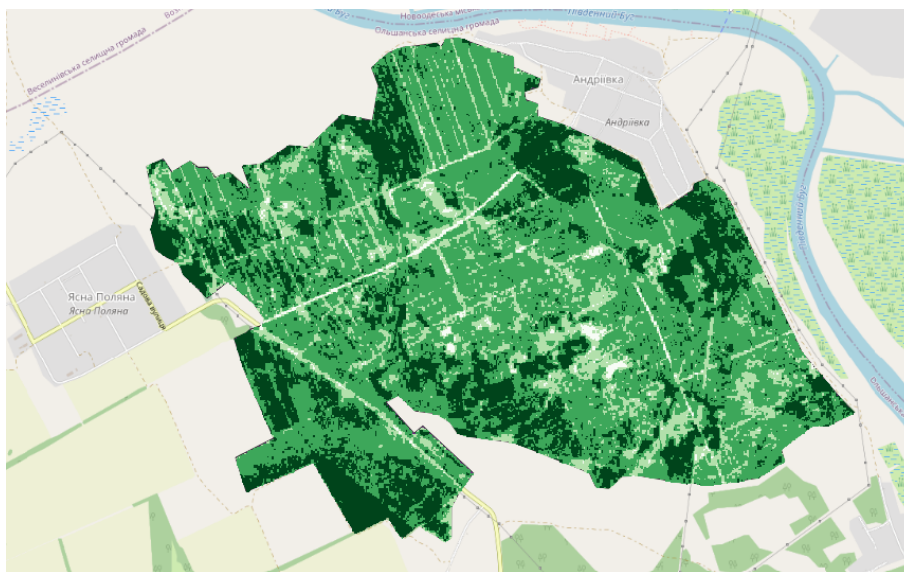


Рис. 3.2. NDVI 2021

Для аналізу просторових змін у 2025 році растрову модель індексу NDVI було розподілено за оновленою шкалою спектральних класів:

Мінімальні показники ( $\leq 0,2548$ ) — чітко окреслюють зону тотального знищення рослинного покриву та безпосередні контури згарища;

Низькі значення (0,2548 – 0,4890) — фіксують ділянки з сильно розрідженою або частково пошкодженою рослинністю на периферії ураження;

Помірні показники (0,4890 – 0,7231) — відповідають рослинному покриву із середнім рівнем вегетаційної активності;

Максимальні значення (>0,7231) — свідчать про збережені ділянки здорової та густої лісової рослинності, що не зазнали впливу вогню.

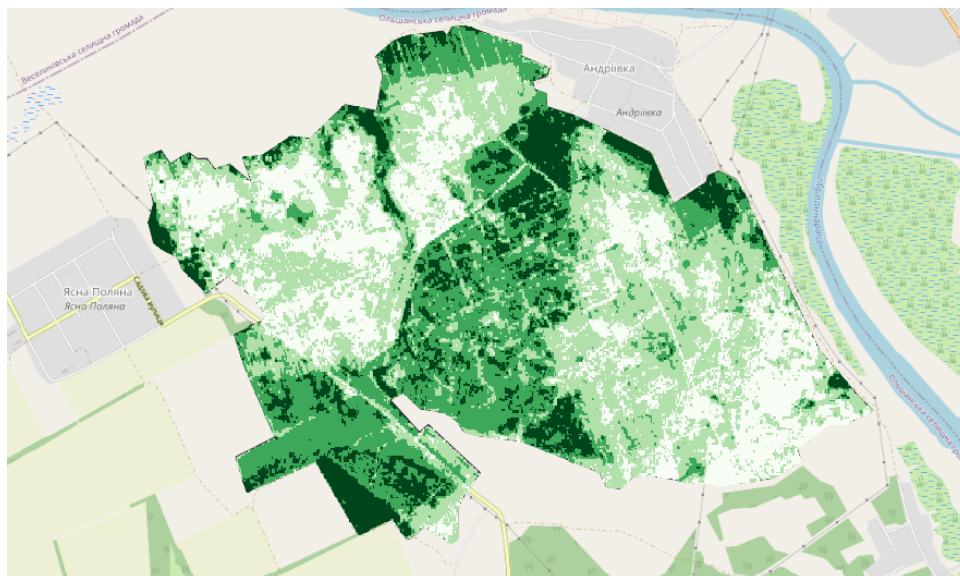


Рис. 3.3. NDVI 2025

Такий підхід дозволив візуально оцінити просторовий розподіл рослинності різного ступеня розвитку та виявити території, де відбулися найбільш суттєві зміни.

Аналіз результатів класифікації показав, що у 2021 році на території Андриївського лісового урочища переважали ділянки із середніми та високими значеннями NDVI. Це свідчить про наявність добре сформованого рослинного покриву та достатньо високий рівень біологічної продуктивності екосистем. Особливо це стосується ділянок, які належали до класів із показниками понад 0,5344, що характерно для густих лісових насаджень із розвиненою листковою поверхнею.

У 2025 році структура розподілу індексу змінилася. Зросла частка територій, які потрапили до класів із нижчими значеннями NDVI. Такі зміни можуть свідчити про часткову втрату рослинного покриву, зниження густоти деревостану або пошкодження рослинності внаслідок пожеж. Водночас площі ділянок із найвищими показниками індексу скоротилися, що є ознакою погіршення загального стану лісових насаджень.

Особливу увагу було приділено територіям, де спостерігався різкий перехід від високих значень індексу у 2021 році до низьких значень у 2025 році. Саме такі ділянки можуть розглядатися як потенційні осередки впливу пожеж або інших негативних факторів. Для їх подальшого аналізу було проведено перекласифікацію растру та виділено бінарний шар пошкоджених територій, який у подальшому було векторизовано.

Процес векторизації дозволив перетворити растрові дані у полігональні об'єкти (951), що значно спростило подальші розрахунки площ пошкоджених ділянок. Отримані полігони стали основою для кількісної оцінки наслідків пожеж та подальшого просторового аналізу. Крім того, використання векторного формату дало можливість виконувати накладання шарів, аналізувати конфігурацію згарищ та визначати особливості їх просторового розміщення в межах урочища.

Порівняльний аналіз картографічних матеріалів свідчить про те, що зміни рослинного покриву мають не випадковий характер, а утворюють окремі компактні осередки. Подібний характер поширення пошкоджень є типовим для територій, які зазнали впливу лісових пожеж. У таких місцях спостерігається різке зменшення фотосинтетичної активності рослинності, що безпосередньо відображається на значеннях індексу NDVI.

Отримані результати підтверджують доцільність використання супутникових даних Sentinel-2 для моніторингу стану лісових екосистем. Просторова роздільна здатність знімків та можливість регулярного оновлення інформації забезпечують ефективне виявлення змін рослинного покриву навіть на відносно невеликих територіях. Це особливо важливо в умовах воєнного часу, коли необхідно оперативно оцінювати масштаби екологічних наслідків та планувати заходи з відновлення пошкоджених природних комплексів.

### 3.2 Оцінка площ згаріщ із використанням методів ДЗЗ

Для оцінки площ потенційно вигорілих територій було використано порогове значення NDVI. Ділянки зі значеннями індексу нижче 0,2548 віднесено до зон із сильно порушеним або майже відсутнім рослинним покривом. Такі значення зазвичай характерні для територій, де рослинність або сильно пошкоджена, або повністю знищена.

На основі цього критерію було виділено відповідні пікселі на растрових даних і виконано розрахунок їх площ у межах досліджуваної території.

У роботі використано супутникові знімки Sentinel-2 та інструменти ГІС QGIS. На першому етапі розраховано значення NDVI для двох періодів (2021 та 2025 роки). Отримані результати показали різницю у стані рослинного покриву між довоєнним і воєнним періодами. На окремих ділянках зафіксовано суттєве зниження значень індексу, що може свідчити про можливі пошкодження рослинності внаслідок пожеж.

Для подальшого аналізу виконано перекласифікацію растрових даних. Це процес, під час якого значення NDVI об'єднуються в кілька класів (наприклад низькі, середні та високі), щоб спростити інтерпретацію результатів.

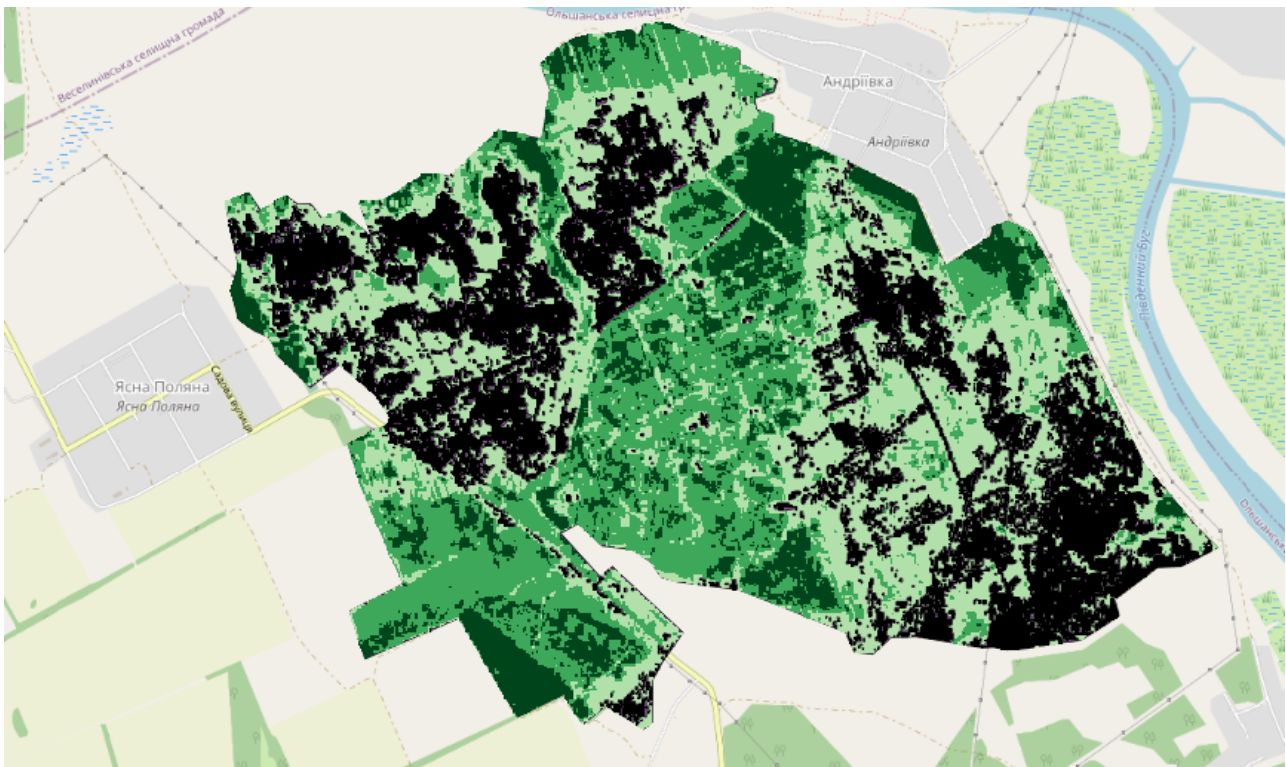


Рис. 3.4. Результати перекласифікації растра індексу NDVI за 2025 рік (чорним кольором виділено растрові пікселі згарища, де значення індексу  $\leq 0,2548$ )

Такий підхід дозволяє краще виділити ділянки з різним станом рослинності та швидше визначити проблемні зони.

Після перекласифікації виконано векторизацію растру. Це процес, під час якого растрове зображення перетворюється у векторний формат. Тобто пікселі з однаковими значеннями об'єднуються в полігони (контури), які вже мають чіткі межі на карті. Всього пікселів векторизованого растру 951.

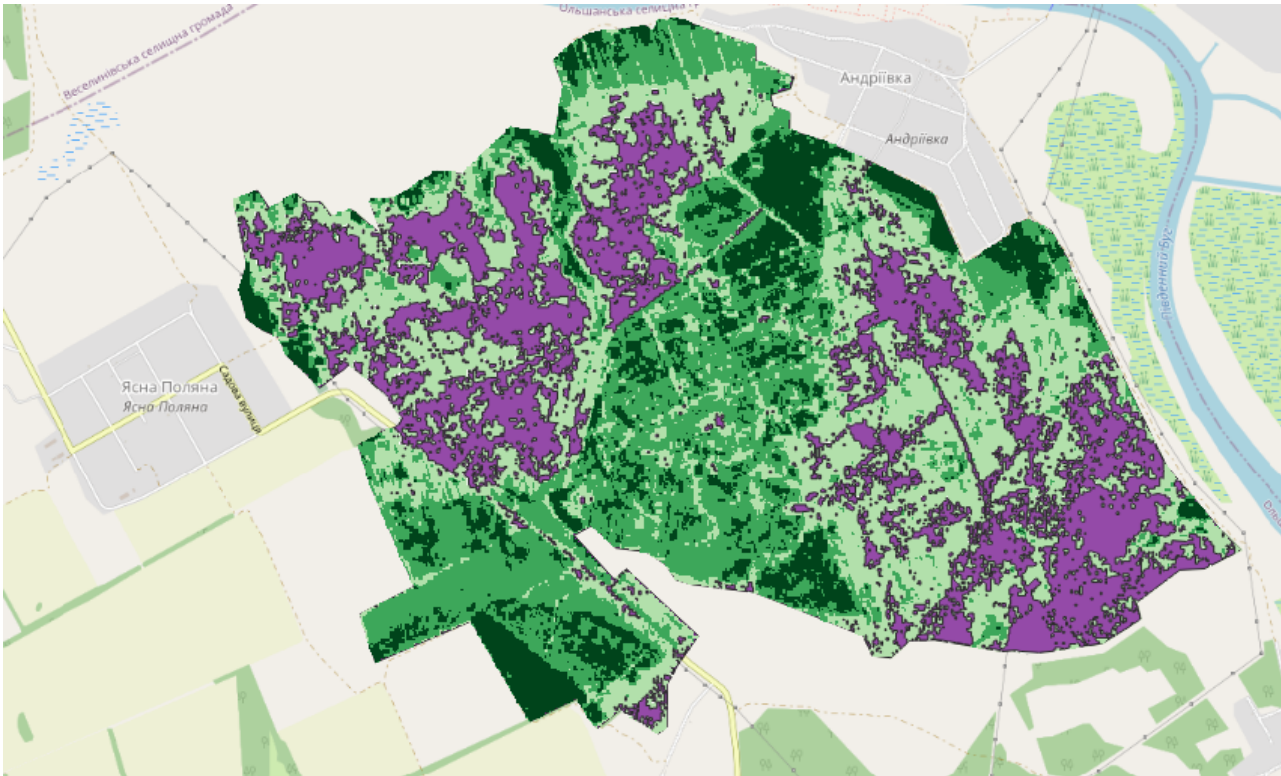


Рис. 3.5. Результати векторизації виділеного растра (фіолетовим кольором відображено готові векторні контури для точного розрахунку площі згарища).

Завдяки цьому стає можливим точніше визначення площ та подальший просторовий аналіз виділених територій.

За результатами аналізу встановлено, що найбільші площі пошкоджених ділянок зосереджені в місцях, де спостерігається найбільше зниження NDVI у порівнянні з 2021 роком. Розташування таких зон вказує на локальний характер поширення пожеж, однак їх вплив на стан лісового масиву є суттєвим.

Площі виділених ділянок було розраховано на основі векторних даних у QGIS із використанням інструментів статистики по шару (Sigma).

Статистичний	Значення
Рахувати	951
Сума	306,249
Середнє	0,322028
Медіана	0,014
St dev (pop)	3,97597
St dev (sample)	3,97807
Мінімум	0,005
Максимум	82,602
Діапазон	82,597

Рис.3.6. Статистика векторизованого шару

Після обчислення площ усіх полігонів отримано сумарне значення площі територій, що відповідають потенційно вигорілим ділянкам. За результатами аналізу площа потенційно вигорілих територій становить близько **306 га**, що свідчить про суттєвий вплив пожеж на стан лісового покриву в межах дослідження.

Отримані результати підтверджують ефективність використання методів дистанційного зондування Землі для оцінки наслідків лісових пожеж. Супутникові дані дозволяють швидко виявляти зміни рослинного покриву та визначати площі пошкоджених територій без проведення польових обстежень.

### **3.3 Аналіз факторів, що впливають на поширення лісових пожеж**

Поширення лісових пожеж у межах досліджуваної території залежить від комплексу природних та антропогенних факторів. Їх поєднання визначає інтенсивність горіння, швидкість поширення вогню та загальну площу уражених ділянок.

До основних природних факторів належать погодні умови. Висока температура повітря, тривала відсутність опадів та низька вологість сприяють пересиханню рослинності і лісової підстилки. У таких умовах навіть невелике джерело займання може призвести до швидкого виникнення пожежі. Важливу роль також відіграє вітер, оскільки він не лише пришвидшує поширення вогню, але й сприяє перенесенню іскор на нові ділянки, що може викликати виникнення осередків займання на відстані від основного джерела.

Суттєвим чинником є також тип та стан рослинного покриву. Найбільш вразливими є ділянки з великою кількістю сухої трави, опалого листя та хвойних порід дерев. Такі території характеризуються високою горючістю та швидким розповсюдженням вогню як по поверхні ґрунту, так і по кронах дерев. Крім того, густі насадження сприяють більш інтенсивному поширенню пожежі через близьке розташування дерев та накопичення сухої біомаси.

Окремо слід враховувати рельєф місцевості. На схилах пожежі зазвичай поширюються значно швидше в напрямку вгору, оскільки полум'я та тепле повітря піднімаються вгору і нагрівають рослинність попереду фронту пожежі. У понижених формах рельєфу, навпаки, іноді спостерігається деяке уповільнення поширення вогню через накопичення вологи.

Важливу роль у сучасних умовах відіграє антропогенний фактор. У період повномасштабного вторгнення додатковими причинами виникнення та поширення пожеж можуть бути бойові дії, вибухи, переміщення техніки та пошкодження інфраструктури. Це призводить до появи неконтрольованих осередків займання, які часто важко оперативно ліквідувати. Також через

обмежений доступ до окремих територій ускладнюється моніторинг та гасіння пожеж.

Таким чином, поширення лісових пожеж у досліджуваному регіоні формується під впливом природних умов та людського фактору. Найбільш небезпечними є періоди з високою температурою та низькою вологістю, особливо у поєднанні з сильним вітром і наявністю легкозаймистої рослинності. Сукупність цих чинників призводить до нерівномірного поширення пожеж та утворення локальних, але значних за площею уражених ділянок.

### **3.4. Деградація популяцій червонокнижних видів флори та фауни**

Лісові пожежі належать до найбільш небезпечних природних факторів, які впливають на стан біорізноманіття природних екосистем. Особливо вразливими до їхнього впливу є рідкісні та зникаючі види рослин і тварин, занесені до Червоної книги України. Такі види зазвичай характеризуються обмеженим поширенням, невеликою чисельністю популяцій та підвищеною чутливістю до змін навколишнього середовища. Унаслідок цього навіть пожежі локального масштабу можуть спричинити істотні зміни у структурі популяцій та впливати на подальше існування окремих видів.

Досліджуване Андріївське лісове урочище представлене переважно штучними насадженнями сосни звичайної (*Pinus sylvestris*) та сосни кримської (*Pinus pallasiana*). Водночас на окремих ділянках збереглися фрагменти природної степової рослинності, які мають високу природоохоронну цінність.

Серед представників рідкісної флори на території урочища зустрічаються ковила дніпровська (*Stipa borysthenica*), волошка білоперлинка (*Centaurea margarita-alba*), бурачок савранський (*Alyssum savranicum*) та інші види степових угруповань. Частина цих рослин є ендемічними або охороняється на національному й міжнародному рівнях. Їхнє збереження має важливе значення

для підтримання біологічного різноманіття регіону та збереження природних екосистем.

Вплив пожеж на рослинний покрив проявляється насамперед у прямому пошкодженні або знищенні надземних частин рослин. Високі температури призводять до вигорання трав'яного покриву, пошкодження кореневих систем і насінневого матеріалу окремих видів. Особливо чутливими до такого впливу є рослини з низькою здатністю до швидкого відновлення. Після проходження вогню змінюється структура рослинних угруповань, зменшується видовий склад та порушуються природні взаємозв'язки між компонентами екосистеми.

Окрім безпосереднього впливу вогню, суттєве значення мають і післяпожежні зміни середовища. Внаслідок знищення деревостану змінюється освітленість території, температурний режим поверхні ґрунту, вологість та інші екологічні умови. Такі зміни можуть по-різному впливати на окремі види рослин. Для більшості рідкісних представників флори вони є несприятливими, однак окремі види здатні використовувати нові умови для активнішого відновлення популяцій.

Показовим прикладом є волошка білоперлинна (*Centaurea margarita-alba*), яка є одним із цінних представників степової флори досліджуваної території.



Рис.3.6. Волошка білоперлинна (фото О. М. Деркач, джерело — Червона книга України)

Результати дослідження свідчать, що після пожеж чисельність цього виду не зменшилася, а навпаки збільшилася на окремих ділянках. Таке явище можна пояснити особливостями анатомічної будови рослини. Насіння волошки здатне тривалий час зберігати життєздатність у ґрунті, формуючи своєрідний природний запас. Після знищення соснових насаджень значно збільшилася кількість сонячного світла, яке потрапляє на поверхню ґрунту, а також зменшилася конкуренція з боку деревної та чагарникової рослинності. За таких умов насіння отримало можливість активно проростати, що сприяло збільшенню чисельності рослин.

Водночас збільшення чисельності окремого виду не свідчить про позитивний вплив пожеж на природні екосистеми загалом. Після пожеж відбувається порушення природної структури біоценозів, змінюються умови існування багатьох організмів, а окремі види можуть втрачати свої місця зростання. Тому реакцію волошки білоперлинної доцільно розглядати як приклад адаптації виду до змінених умов середовища, а не як підтвердження корисності пожеж для біорізноманіття.

Не менш серйозними є наслідки пожеж для тваринного світу. Під час займання частина тварин гине безпосередньо від дії високих температур або продуктів горіння. Найбільш уразливими є дрібні ссавці, плазуни, земноводні та безхребетні організми, які мають обмежену здатність швидко залишати небезпечну територію. Значних втрат зазнають також птахи, особливо в період гніздування, коли знищуються кладки яєць та молоді особини.

Після пожежі багато тварин змушені залишати звичні місця існування через втрату кормової бази та укриттів. Руйнування рослинного покриву негативно впливає на видовий склад безхребетних, що своєю чергою, відображається на чисельності птахів та дрібних ссавців, які ними живляться. Таким чином порушуються трофічні зв'язки, що формувалися протягом тривалого часу.

Особливу небезпеку пожежі становлять для видів, які мають вузьку екологічну спеціалізацію та пов'язані з певними типами біотопів. У разі знищення таких оселищ можливості для переселення або відновлення популяцій є обмеженими. Це може призводити до локального зникнення окремих видів та подальшої фрагментації їхніх ареалів.

Аналіз наслідків пожеж для рідкісних видів флори і фауни свідчить про те, що їхній вплив є складним і неоднозначним. Для більшості видів пожежі спричиняють погіршення умов існування та зменшення чисельності популяцій. Водночас окремі рослини можуть демонструвати підвищення чисельності внаслідок зменшення конкуренції та наявності запасу життєздатного насіння в ґрунті. Незважаючи на це, загальний вплив пожеж на біорізноманіття досліджуваної території залишається негативним, оскільки вони порушують структуру природних екосистем, змінюють видовий склад угруповань та створюють додаткові ризики для збереження рідкісних видів.

## **РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ, ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ ЗАСОБАМИ ДЗЗ**

### **4.1. Загальна характеристика умов виконання дослідження.**

Дослідження лісових пожеж із використанням засобів дистанційного зондування Землі проводилося в умовах дистанційного формату роботи без безпосереднього виїзду на територію дослідження. Такий підхід є актуальним у сучасних умовах, оскільки дозволяє здійснювати моніторинг значних територій, аналізувати зміни природного середовища та оцінювати наслідки пожеж без необхідності проведення постійних польових спостережень. Використання супутникових технологій забезпечує оперативне отримання інформації про стан лісових масивів, ступінь пошкодження рослинності та динаміку змін природних екосистем.

Проведення дослідження базувалося на застосуванні відкритих супутникових даних, сучасного програмного забезпечення та цифрових методів обробки геопросторової інформації. Основна увага приділялася аналізу супутникових знімків до та після виникнення пожеж, що дозволило визначити масштаби пошкодження території та оцінити екологічні наслідки впливу вогню на природні комплекси Андріївського урочища [32, 36].

#### **4.1.1. Організація дослідження із застосуванням ДЗЗ**

Організація дослідження здійснювалася в дистанційному форматі. Через складну безпекову ситуацію та обмежений доступ до окремих територій проведення польових досліджень було ускладненим, тому основним джерелом інформації стали супутникові дані дистанційного зондування Землі. Такий підхід дозволяє проводити екологічний моніторинг навіть у важкодоступних або небезпечних районах.

Для виконання роботи використовувалися супутникові знімки, отримані з відкритих платформ, зокрема програми Copernicus, NASA.FIRMS та Global

Forest Watch. Дані Sentinel-2 дали можливість здійснити аналіз стану рослинного покриву, визначити площі пошкоджених територій та простежити зміни, що відбулися після пожеж. Перевагою використання відкритих супутникових платформ є безкоштовний доступ до великого обсягу геопросторової інформації, регулярне оновлення знімків та можливість їх подальшої цифрової обробки.

Обробка отриманих даних виконувалася за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення для роботи з геоінформаційними та растровими даними - Quantum GIS (QGIS) . У процесі дослідження використовувалися функції візуалізації супутникових знімків, порівняння різночасових даних, а також аналіз спектральних характеристик рослинного покриву. Цифрова обробка даних дозволила більш точно оцінити зміни стану лісових територій та визначити наслідки впливу пожеж на природне середовище.

Важливим аспектом організації дослідження стало використання сучасних інформаційних технологій та мережі Інтернет для отримання, завантаження й аналізу супутникових даних. Це забезпечило оперативність роботи та можливість виконання дослідження незалежно від фізичного місця перебування дослідника [34].

#### **4.1.2. Умови праці дослідника-еколога**

Умови праці під час виконання дослідження були пов'язані переважно з роботою за комп'ютером та обробкою цифрової інформації. Дослідник-еколог здійснював аналіз супутникових знімків, опрацьовував геодані та виконував оцінювання екологічного стану територій після пожеж.

Особливістю роботи дослідника-еколога в умовах використання ДЗЗ є відсутність постійного перебування безпосередньо на території дослідження. Це знижує ризики, пов'язані з перебуванням у зоні пожеж або на потенційно небезпечних територіях. Водночас тривала робота з цифровими даними створює значне навантаження на органи зору, нервову систему та опорно-руховий апарат.

Робоче місце дослідника повинно відповідати вимогам охорони праці. Особливе значення має правильне розташування монітора, достатній рівень освітлення, зручне робоче крісло та дотримання режиму праці й відпочинку. Під час роботи необхідно регулярно робити перерви для зменшення втоми та профілактики професійного перевантаження.

Крім технічних навичок, дослідник повинен володіти аналітичним мисленням, вміти працювати з великими обсягами інформації та швидко оцінювати результати аналізу. У сучасних умовах екологічні дослідження дедалі більше переходять у цифровий формат, що робить роботу з геоінформаційними технологіями важливою складовою професійної діяльності еколога [31, 36].

#### **4.1.3. Нормативно-правове забезпечення**

Виконання дослідження здійснювалося з урахуванням вимог чинного законодавства України у сфері охорони праці, цивільного захисту та охорони навколишнього природного середовища. Законодавча база визначає основні вимоги щодо безпеки праці, організації робочого місця та захисту працівників під час виконання професійної діяльності.

Основним нормативним документом у сфері охорони праці є Закон України «Про охорону праці», який регламентує права та обов'язки працівників і роботодавців щодо створення безпечних умов праці. Також під час роботи з комп'ютерною технікою необхідно дотримуватися санітарних норм та правил, які встановлюють допустиму тривалість роботи за монітором, вимоги до освітлення та організації робочого місця [33, 36].

Важливу роль відіграють нормативно-правові акти у сфері цивільного захисту населення. В умовах воєнного стану особливого значення набуває дотримання правил поведінки під час повітряної тривоги, загроз ракетних ударів та перебоїв електропостачання. Працівник повинен бути ознайомлений із планом евакуації, правилами користування укриттями та алгоритмом дій у надзвичайних ситуаціях.

Окрему увагу приділено природоохоронному законодавству, що регулює питання охорони лісових ресурсів та запобігання лісовим пожежам. Лісовий кодекс України та Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» визначають основні принципи збереження природних екосистем, відповідальність за пошкодження лісів та необхідність проведення екологічного моніторингу [35].

## **4.2. Небезпечні та шкідливі фактори під час виконання дослідження**

Під час виконання дослідження із застосуванням засобів дистанційного зондування Землі дослідник може зазнавати впливу різних небезпечних і шкідливих факторів. Вони пов'язані як із тривалою роботою за комп'ютером, так і з психоемоційним навантаженням та особливостями роботи в умовах воєнного стану [36].

### **4.2.1. Фізичні та техногенні фактори**

Одним із основних факторів є тривала робота за комп'ютером. Під час аналізу супутникових даних дослідник проводить значну кількість часу перед монітором, що негативно впливає на стан організму. Насамперед це проявляється у перевтомі очей, погіршенні концентрації уваги та виникненні головного болю.

Навантаження на органи зору виникає через постійне спостереження за цифровими зображеннями, картами та дрібними елементами інтерфейсу програмного забезпечення. Особливо це помітно під час детального аналізу супутникових знімків високої роздільної здатності. Для зменшення негативного впливу необхідно дотримуватися режиму праці та відпочинку, використовувати достатнє освітлення та правильно налаштувати яскравість монітора.

Ще одним негативним фактором є статичне навантаження на опорно-руховий апарат. Тривале перебування у сидячому положенні може спричиняти біль у спині, шиї та попереку. Недостатня фізична активність також негативно впливає на загальний стан здоров'я. Для профілактики таких наслідків

рекомендується періодично змінювати положення тіла, виконувати фізичні вправи та організовувати робоче місце відповідно до ергономічних вимог.

У сучасних умовах важливим фактором є ризик перебоїв електроживлення. Через пошкодження енергетичної інфраструктури можуть виникати раптові відключення електроенергії, які ускладнюють процес дослідження та створюють ризик втрати інформації. Для зменшення негативних наслідків доцільно використовувати резервні джерела живлення та регулярно зберігати результати роботи [36, 37].

#### **4.2.2. Психофізіологічні фактори**

Під час виконання дослідження значний вплив на працівника мають психофізіологічні фактори. Одним із них є інформаційне перевантаження, пов'язане з необхідністю обробки великого обсягу цифрових даних та аналітичної інформації. Постійна робота з супутниковими знімками, картографічними матеріалами та статистичними даними потребує високої концентрації уваги та значних інтелектуальних зусиль.

Підвищене навантаження на нервову систему виникає також через необхідність тривалого аналізу екологічних змін та оцінювання наслідків лісових пожеж. Дослідник повинен швидко приймати рішення, порівнювати різночасові дані та виявляти закономірності змін природного середовища.

Окремим фактором є робота в умовах стресу. Воєнний стан, постійні повітряні тривоги та нестабільна ситуація в країні негативно впливають на психологічний стан людини. Крім того, аналіз наслідків пожеж та деградації природних екосистем може спричиняти емоційне напруження й втому.

Когнітивне навантаження під час екологічних досліджень пов'язане з необхідністю одночасної роботи з різними джерелами інформації, складними програмами та великою кількістю цифрових показників. Усе це може призводити до зниження працездатності та підвищеної втомлюваності [36].

### **4.2.3. Безпекові ризики в умовах воєнного стану**

Виконання дослідження в умовах воєнного стану супроводжується додатковими ризиками та обмеженнями. Одним із головних факторів є обмеження доступу до територій дослідження. Частина природних територій може перебувати в зоні бойових дій або бути небезпечною через мінування та пошкодження інфраструктури.

Через безпекову ситуацію значно ускладнюється проведення польових досліджень. Це обмежує можливість безпосереднього обстеження території та збору наземних даних. Саме тому використання дистанційного зондування Землі стало одним із найбільш безпечних та ефективних методів отримання екологічної інформації.

Суттєву небезпеку становить загроза ракетних ударів і повітряних атак. Під час виконання роботи дослідник повинен дотримуватися правил цивільного захисту, реагувати на сигнали повітряної тривоги та за необхідності переходити до укриття.

Додатковими труднощами є перебої в роботі енергетичної та телекомунікаційної інфраструктури. Відсутність електроенергії або доступу до Інтернету може тимчасово унеможливити отримання супутникових даних та виконання цифрової обробки інформації. Незважаючи на це, використання сучасних технологій дозволяє продовжувати екологічні дослідження навіть у складних умовах та забезпечувати проведення моніторингу природного середовища [41].

### **4.3. Заходи охорони праці та безпеки під час роботи з ДЗЗ**

Під час виконання досліджень із використанням засобів дистанційного зондування Землі важливе значення має забезпечення безпечних умов праці. Робота з цифровими геоданими, супутниковими знімками та спеціалізованим програмним забезпеченням пов'язана з певними ризиками для здоров'я працівника, а також із можливістю втрати важливої інформації. Особливої

актуальності питання охорони праці набувають в умовах воєнного стану, коли дослідницька діяльність може супроводжуватися перебоями електропостачання, нестабільною роботою мережі Інтернет та необхідністю постійного дотримання правил цивільного захисту.

Комплекс заходів охорони праці під час роботи з ДЗЗ включає організаційні, технічні та інформаційні аспекти безпеки. Їх дотримання дозволяє створити належні умови для ефективного виконання дослідження, зменшити негативний вплив шкідливих факторів та забезпечити збереження результатів наукової роботи [31].

#### **4.3.1. Організаційні заходи безпеки**

Організаційні заходи є важливою складовою забезпечення безпеки під час виконання досліджень із застосуванням дистанційного зондування Землі. Вони спрямовані на створення належних умов праці, зменшення ризиків для здоров'я працівника та забезпечення безперервності дослідницького процесу.

Одним із головних аспектів є планування роботи з урахуванням безпекової ситуації. В умовах воєнного стану особливу увагу необхідно приділяти організації робочого часу та вибору безпечного місця для виконання дослідження. Під час повітряних тривог або загрози надзвичайних ситуацій робота повинна бути тимчасово припинена, а працівник має перейти до укриття відповідно до правил цивільного захисту. Такий підхід дозволяє мінімізувати ризики для життя та здоров'я.

Дистанційний формат роботи зменшує вплив небезпечних факторів та забезпечує більш безпечні умови проведення дослідження.

Під час виконання роботи важливо використовувати лише перевірені джерела супутникових даних. Надійність інформації безпосередньо впливає на точність результатів дослідження. Використання офіційних платформ, таких як Copernicus Browser або ресурси NASA.FIRMS, дозволяє отримувати актуальні та достовірні супутникові знімки. Крім того, офіційні джерела забезпечують

стабільний доступ до геопросторової інформації та знижують ризик використання помилкових або пошкоджених даних.

Значну роль відіграє резервне збереження результатів дослідження. Під час роботи з великими обсягами цифрової інформації існує ризик втрати даних через технічні несправності, відключення електроенергії або програмні помилки. Для запобігання таким ситуаціям необхідно регулярно створювати резервні копії матеріалів та зберігати їх на декількох носіях інформації або в хмарних сервісах. Це дозволяє забезпечити збереження результатів дослідження навіть у випадку технічних проблем.

Організаційні заходи також включають правильний розподіл робочого часу. Тривала безперервна робота за комп'ютером негативно впливає на працездатність та стан здоров'я людини. Тому необхідно дотримуватися режиму праці й відпочинку, робити короткі перерви та уникати надмірного перевантаження організму [34,36].

#### **4.3.2. Безпечна робота з комп'ютерною технікою**

Під час виконання досліджень із застосуванням дистанційного зондування Землі основним технічним засобом є персональний комп'ютер. Саме тому важливе значення має дотримання правил безпечної роботи з комп'ютерною технікою та організація комфортного робочого середовища.

Одним із головних факторів є дотримання режиму праці та відпочинку. Робота з супутниковими знімками та цифровими геоданими потребує значної концентрації уваги та тривалого перебування перед монітором. Безперервна робота за комп'ютером може призводити до перевтоми, погіршення зору та зниження працездатності. Для профілактики негативного впливу рекомендується робити короткі перерви через кожні 45–60 хвилин роботи. Під час перерв доцільно виконувати вправи для очей та змінювати положення тіла.

Важливу роль відіграє ергономічне облаштування робочого місця. Робочий стіл і крісло повинні відповідати фізіологічним особливостям людини та

забезпечувати правильне положення тіла під час роботи. Монітор необхідно розташовувати на рівні очей на оптимальній відстані, щоб зменшити навантаження на зоровий апарат. Неправильна організація робочого місця може спричиняти біль у спині, шиї та попереку, а також порушення постави.

Особливу увагу необхідно приділяти захисту зору під час роботи з монітором. Аналіз супутникових зображень часто потребує детального розгляду дрібних елементів та кольорових спектральних каналів, що створює додаткове навантаження на очі. Для зменшення негативного впливу рекомендується використовувати достатній рівень освітлення, уникати різких контрастів між яскравістю монітора та навколишнім середовищем, а також застосовувати спеціальні режими захисту зору.

Ще одним важливим аспектом є забезпечення стабільного електроживлення. У сучасних умовах можливі перебої електроенергії можуть призводити до втрати даних та пошкодження техніки. Для запобігання таким ситуаціям доцільно використовувати джерела безперебійного живлення, стабілізатори напруги або резервні акумуляторні системи. Це дозволяє безпечно завершити роботу та зберегти результати дослідження у випадку раптового відключення електроенергії.

Також важливо дотримуватися правил електробезпеки під час використання комп'ютерної техніки. Не допускається робота з пошкодженими кабелями, несправними розетками або технічними пристроями, що мають ознаки несправності. Дотримання цих вимог дозволяє зменшити ризик ураження електричним струмом та виникнення пожежонебезпечних ситуацій [31, 37].

#### **4.3.3. Інформаційна безпека дослідження**

Під час виконання досліджень із використанням дистанційного зондування Землі важливого значення набуває забезпечення інформаційної безпеки. Робота з цифровими геоданими, супутниковими знімками та результатами аналітичної

обробки потребує належного захисту інформації від втрати, пошкодження або несанкціонованого доступу.

Одним із основних заходів є захист даних. У процесі дослідження накопичується значний обсяг цифрової інформації, яка має наукову цінність. Для забезпечення її безпеки необхідно використовувати надійні паролі, антивірусне програмне забезпечення та системи захисту комп'ютерної техніки від шкідливих програм. Такі заходи дозволяють знизити ризик втрати або викрадення інформації.

Важливим аспектом є використання ліцензійного програмного забезпечення. Офіційні програмні продукти забезпечують стабільну роботу системи, регулярне оновлення та підтримку розробників. Використання неліцензійного програмного забезпечення може призводити до технічних помилок, втрати інформації та зараження комп'ютера шкідливими програмами. Крім того, робота з ліцензійними програмами відповідає вимогам інформаційної безпеки та чинного законодавства.

Важливо також запобігати викривленню або втраті інформації під час роботи з геоданими. Помилки у процесі цифрової обробки можуть негативно вплинути на результати дослідження та достовірність отриманих висновків. Саме тому необхідно регулярно перевіряти правильність збереження файлів, контролювати цілісність даних та використовувати надійні формати зберігання інформації.

Крім технічних аспектів, інформаційна безпека передбачає відповідальне ставлення до використання даних. Під час роботи з супутниковою інформацією необхідно дотримуватися правил академічної доброчесності, правильно посилаючись на джерела даних та не допускати спотворення результатів дослідження [40].

#### **4.4. Цивільний захист в умовах надзвичайних ситуацій та воєнного стану**

У сучасних умовах проведення екологічних досліджень тісно пов'язане з необхідністю дотримання вимог цивільного захисту. Воєнний стан, загроза ракетних ударів, пошкодження інфраструктури та інші надзвичайні ситуації створюють додаткові ризики для працівників і можуть суттєво впливати на організацію наукової діяльності. Особливо це стосується досліджень, пов'язаних із моніторингом природних територій та аналізом екологічних наслідків лісових пожеж.

У таких умовах важливого значення набуває використання дистанційних методів дослідження, які дозволяють отримувати необхідну інформацію без безпосереднього перебування на небезпечних територіях. Засоби дистанційного зондування Землі забезпечують можливість безперервного моніторингу стану довкілля, навіть у кризових ситуаціях. Разом із цим необхідно враховувати вимоги цивільного захисту, дотримуватися правил безпеки та бути готовим до дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій [38].

##### **4.4.1. Особливості проведення досліджень у воєнний період**

Проведення екологічних досліджень у період воєнного стану має низку особливостей, які безпосередньо впливають на організацію роботи дослідника та вибір методів отримання інформації. Через загрозу бойових дій, мінування територій та обмеження доступу до окремих районів традиційні польові методи дослідження значно ускладнюються або стають небезпечними.

Однією з основних особливостей є обмеження польових робіт. У багатьох випадках доступ до природних територій, що потребують дослідження, є забороненим або обмеженим через ризик для життя та здоров'я людей. Території можуть бути пошкоджені внаслідок бойових дій, забруднені вибухонебезпечними предметами або перебувати поблизу зон активних військових дій. У таких умовах проведення безпосередніх спостережень стає небезпечним і потребує додаткових заходів безпеки.

Через це виникає необхідність використання дистанційних методів дослідження. Саме засоби дистанційного зондування Землі стали одним із найбільш ефективних інструментів екологічного моніторингу під час воєнного стану. Використання супутникових даних дозволяє здійснювати аналіз стану лісових масивів, визначати масштаби пожеж, оцінювати пошкодження рослинного покриву та контролювати зміни природного середовища без фізичної присутності на території дослідження.

Особливе значення має дотримання рекомендацій щодо безпеки під час виконання наукової роботи. Дослідник повинен враховувати поточну безпекову ситуацію, стежити за офіційними повідомленнями органів влади та дотримуватися правил цивільного захисту. Під час повітряних тривог робота повинна бути припинена, а працівник має перейти до укриття.

Важливим аспектом є мінімізація ризиків для дослідника. Робота з цифровими геоданими в безпечному приміщенні є більш доцільною порівняно з польовими виїздами на потенційно небезпечні території. Крім того, використання сучасних цифрових технологій дозволяє забезпечити безперервність дослідження навіть за складних умов [32].

#### **4.4.2. Заходи цивільного захисту**

Під час виконання досліджень в умовах надзвичайних ситуацій та воєнного стану важливе значення мають заходи цивільного захисту. Їх основною метою є забезпечення безпеки працівників, збереження життя та здоров'я людей, а також мінімізація наслідків можливих небезпечних ситуацій.

Одним із найважливіших заходів є правильні дії під час повітряної тривоги. У разі отримання сигналу про небезпеку працівник повинен негайно припинити роботу, вимкнути електроприлади за можливості та перейти до найближчого укриття. Ігнорування сигналів повітряної тривоги створює значний ризик для життя та здоров'я людини. Після завершення небезпеки роботу можна продовжити лише за умови безпечної ситуації.

Важливу роль відіграє використання захисних укриттів. Робоче місце дослідника повинно бути організоване таким чином, щоб поблизу знаходилося доступне укриття або безпечне приміщення. Працівник має бути ознайомлений із маршрутом евакуації та правилами поведінки в укритті. Наявність підготовленого укриття дозволяє значно підвищити рівень безпеки під час надзвичайних ситуацій.

У випадку виникнення небезпечної ситуації можуть застосовуватися евакуаційні заходи. Евакуація проводиться відповідно до офіційних рекомендацій органів влади та служб цивільного захисту. Для забезпечення оперативного реагування бажано заздалегідь підготувати необхідні документи, засоби зв'язку та мінімальний набір речей першої необхідності.

Одним із ключових елементів безпеки є підтримання зв'язку під час надзвичайних ситуацій. У сучасних умовах стабільний зв'язок дозволяє оперативно отримувати інформацію про безпекову ситуацію, повідомлення про повітряні тривоги та рекомендації органів цивільного захисту. Для цього можуть використовуватися мобільний зв'язок, Інтернет, офіційні застосунки та інші інформаційні ресурси.

Також важливим заходом є забезпечення резервних джерел енергії та засобів комунікації. Через пошкодження інфраструктури можливі перебої електропостачання та відсутність доступу до мережі Інтернет. Використання павербанків, акумуляторів та альтернативних джерел живлення дозволяє підтримувати зв'язок і продовжувати виконання важливих завдань навіть у кризових умовах.

Крім технічних аспектів, заходи цивільного захисту включають психологічну готовність до дій у надзвичайних ситуаціях. Людина повинна вміти швидко реагувати на небезпеку, приймати обґрунтовані рішення та дотримуватися правил особистої безпеки [39].

#### **4.4.3. Забезпечення стійкості екологічного моніторингу**

В умовах воєнного стану та надзвичайних ситуацій особливого значення набуває забезпечення стійкості екологічного моніторингу. Безперервне спостереження за станом природного середовища необхідне для оцінювання наслідків лісових пожеж, контролю змін екосистем та своєчасного виявлення екологічних загроз.

Для забезпечення ефективності роботи необхідно підтримувати безперервність моніторингу. Регулярне оновлення супутникових даних дозволяє простежувати динаміку змін природних територій, оцінювати масштаби пошкоджень та контролювати процеси відновлення екосистем після пожеж. Безперервний моніторинг сприяє більш точному аналізу екологічної ситуації та прийняттю обґрунтованих рішень щодо охорони природного середовища.

Особливе значення у кризових умовах мають цифрові технології. Геоінформаційні системи, онлайн-платформи супутникового моніторингу та хмарні сервіси дозволяють оперативно обробляти великі обсяги даних і забезпечують можливість дистанційної роботи. Використання цифрових технологій значно підвищує ефективність екологічних досліджень та дозволяє проводити аналіз навіть за обмежених можливостей польових спостережень.

Крім того, сучасні цифрові технології сприяють швидкому обміну інформацією між науковцями, екологами та державними установами. Це дозволяє оперативно реагувати на екологічні загрози та забезпечувати координацію дій під час надзвичайних ситуацій [42].

#### **4.5. Висновки до розділу**

У ході виконання розділу було проаналізовано умови праці під час проведення дослідження лісових пожеж із використанням засобів дистанційного зондування Землі. Встановлено, що сучасні екологічні дослідження дедалі більше переходять у цифровий формат, а основною формою роботи стає дистанційна обробка супутникових даних та геоінформаційних матеріалів. Такий

підхід дозволяє здійснювати моніторинг природних територій без постійного перебування в польових умовах, що є особливо важливим у період воєнного стану.

Під час аналізу умов праці визначено основні небезпечні та шкідливі фактори, які можуть впливати на дослідника. До них належать тривала робота за комп'ютером, навантаження на органи зору, статичне навантаження на опорно-руховий апарат, інформаційне перевантаження та емоційне напруження. Крім того, в умовах воєнного стану додатковими ризиками є повітряні тривоги, перебої електропостачання та обмеження доступу до територій дослідження.

У роботі охарактеризовано основні заходи охорони праці та цивільного захисту, необхідні для безпечного виконання дослідження. Важливе значення мають правильна організація робочого місця, дотримання режиму праці та відпочинку, використання резервних джерел живлення, захист інформації та дотримання правил безпеки під час надзвичайних ситуацій. Також важливу роль відіграє використання укриттів, підтримання стабільного зв'язку та готовність до евакуаційних заходів.

У результаті проведеного аналізу встановлено, що застосування дистанційних методів дослідження значно підвищує рівень безпеки під час екологічного моніторингу лісових пожеж. Використання супутникових даних, геоінформаційних систем та міжнародних платформ дистанційного зондування Землі дозволяє оперативно отримувати інформацію про стан природного середовища, оцінювати масштаби пошкоджень і здійснювати моніторинг територій навіть у складних та небезпечних умовах. Це робить дистанційні технології одним із найбільш ефективних і безпечних інструментів сучасних екологічних досліджень.

## РОЗДІЛ 5. УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

У процесі виконання бакалаврської роботи було проведено дослідження впливу лісових пожеж на екологічний стан Андріївського лісового урочища із застосуванням даних дистанційного зондування Землі та геоінформаційних технологій. Актуальність обраної теми зумовлена зростанням кількості пожеж на природних територіях України в останні роки та необхідністю оперативного оцінювання їхніх наслідків для навколишнього середовища. Особливого значення ця проблема набула після початку повномасштабного вторгнення, коли бойові дії стали однією з основних причин виникнення загорянь у лісових екосистемах.

Під час роботи було проаналізовано можливості використання сучасних цифрових інструментів для дослідження наслідків пожеж. Для отримання супутникових даних використовувалася платформа Copernicus Browser, яка забезпечує доступ до знімків Sentinel-2. Для виявлення осередків загоряння застосовувалися дані NASA FIRMS, а для аналізу змін лісового покриву використовувалися матеріали Global Forest Watch. Обробка та візуалізація отриманої інформації здійснювалася у програмному середовищі QGIS. Поєднання цих інструментів дозволило провести комплексне дослідження стану території та оцінити масштаби негативних змін.

У результаті аналізу супутникових даних було встановлено, що Андріївське лісове урочище зазнало суттєвого впливу пожеж. Визначено, що загальна площа територій, пошкоджених вогнем, становить близько 306 га. Для природної екосистеми такого масштабу це є значною площею, оскільки пожежі охопили не окремі локальні ділянки, а великі масиви лісової рослинності. Отримані результати підтверджують, що пожежі стали одним із головних чинників трансформації природного середовища на досліджуваній території.

Аналіз даних NASA FIRMS дозволив виявити просторове розташування термічних аномалій та встановити ділянки, на яких відбувалися загоряння.

Використання цієї інформації дало змогу зіставити місця виникнення пожеж із територіями, де в подальшому були зафіксовані зміни рослинного покриву. Це підтвердило ефективність використання супутникового моніторингу для оперативного виявлення пожеж та оцінювання їх наслідків. В умовах обмеженого доступу до окремих територій дистанційні методи дослідження стають особливо важливими, оскільки дозволяють отримувати актуальну інформацію без проведення польових робіт.

Одним із головних етапів дослідження стало визначення змін стану рослинного покриву за допомогою індексу NDVI. Цей показник широко використовується для оцінювання густоти та життєздатності рослинності. Порівняння супутникових знімків, отриманих до та після пожеж, показало помітне зниження значень індексу на пошкоджених ділянках. Такі зміни свідчать про втрату значної частини зеленої біомаси та погіршення загального стану рослинного покриву. На територіях, де пожежі були найбільш інтенсивними, показники NDVI вказували на суттєве пошкодження або повне знищення рослинності.

Отримані результати підтверджують, що пожежі призводять до значних змін у структурі лісових екосистем. Насамперед відбувається знищення надземної частини рослин, що безпосередньо впливає на здатність екосистеми виконувати свої природні функції. Зменшується обсяг поглинання вуглекислого газу, порушуються процеси накопичення органічної речовини та змінюється мікроклімат території. Крім того, після проходження вогню значно зростає ризик ерозійних процесів, оскільки рослинний покрив, який захищає поверхню ґрунту, частково або повністю зникає.

Важливим аспектом дослідження стало вивчення змін лісового покриву за даними Global Forest Watch. Аналіз показав наявність територій, де відбулося суттєве скорочення площ, вкритих деревною рослинністю. Такі зміни узгоджуються з результатами аналізу супутникових знімків та підтверджують негативний вплив пожеж на стан лісових насаджень. Втрата деревостану має

довготривалі наслідки, оскільки відновлення лісу потребує значного часу і залежить від багатьох природних та антропогенних чинників.

Окрему увагу було приділено впливу пожеж на біорізноманіття. Встановлено, що знищення рослинного покриву призводить до погіршення умов існування багатьох видів живих організмів. Лісові екосистеми є місцем проживання значної кількості представників флори та фауни, тому навіть локальні пожежі можуть негативно впливати на чисельність окремих видів. Особливо вразливими є організми, які мають обмежені можливості для переміщення або залежать від певних типів рослинності. Зникнення природних сховищ, кормових ресурсів та місць розмноження створює додаткові труднощі для відновлення популяцій.

Разом із тим результати дослідження показали, що окремі компоненти екосистеми зберігають здатність до природного відновлення. Після пожеж на деяких ділянках поступово починають формуватися нові рослинні угруповання. Насіння багатьох трав'янистих рослин може тривалий час зберігатися у ґрунті, що сприяє відновленню рослинного покриву після припинення дії несприятливого фактора. Проте швидкість цих процесів залежить від ступеня пошкодження території та природних умов конкретної місцевості.

Порівняння супутникових знімків за різні часові періоди дозволило виявити перші ознаки відновлення на окремих ділянках урочища. Незважаючи на значні втрати, частина територій демонструє поступове збільшення кількості рослинності. Однак процес регенерації відбувається нерівномірно. Якщо трав'яний покрив може відновлюватися протягом відносно короткого часу, то для формування повноцінного деревостану необхідні десятиліття. Саме тому наслідки великих пожеж залишаються помітними протягом тривалого періоду після їх виникнення.

Проведене дослідження також підтвердило високу ефективність використання методів дистанційного зондування Землі для екологічного моніторингу. Використання супутникових даних дозволяє оперативно

отримувати інформацію про стан територій, оцінювати масштаби пошкоджень та здійснювати спостереження за процесами відновлення природних комплексів. Важливою перевагою таких методів є можливість аналізу великих площ за короткий проміжок часу та отримання об'єктивних результатів незалежно від доступності території.

Практична цінність виконаної роботи полягає у можливості використання отриманих результатів для подальшого моніторингу Андріївського лісового урочища та інших природних територій, які постраждали від пожеж. Запропонований підхід може бути застосований під час оцінювання екологічних наслідків надзвичайних ситуацій, планування природоохоронних заходів та контролю за процесами відновлення пошкоджених екосистем.

Отже, за результатами проведеного дослідження встановлено, що лісові пожежі суттєво вплинули на екологічний стан Андріївського лісового урочища. Загальна площа пошкоджених територій склала близько 306 га. Аналіз індексу NDVI засвідчив погіршення стану рослинного покриву на постраждалих ділянках, а використання даних NASA FIRMS та Global Forest Watch дозволило підтвердити масштаби змін, які відбулися в межах урочища. Отримані результати свідчать про значні втрати лісової рослинності та негативний вплив пожеж на біорізноманіття території. Водночас на окремих ділянках спостерігаються ознаки природного відновлення, що вказує на збереження регенераційного потенціалу екосистеми. Використання сучасних засобів дистанційного зондування Землі дозволило отримати комплексну оцінку наслідків пожеж та підтвердило доцільність їх застосування для екологічного моніторингу природних територій.

## РОЗДІЛ 6. ПРОПОЗИЦІЇ ПОКРАЩЕННЯ

Результати проведеного дослідження свідчать про необхідність посилення заходів, спрямованих на попередження виникнення лісових пожеж та мінімізацію їх негативного впливу на природні екосистеми. Оскільки значна частина території Андріївського лісового урочища зазнала пошкоджень унаслідок пожеж, важливим завданням є забезпечення постійного контролю за станом лісових насаджень та процесами їх відновлення.

Одним із перспективних напрямів є впровадження систематичного супутникового моніторингу території. Використання даних дистанційного зондування дозволяє своєчасно виявляти зміни рослинного покриву, визначати нові осередки загорянь та контролювати процеси відновлення пошкоджених ділянок. Регулярне оновлення супутникових даних дає можливість отримувати актуальну інформацію про стан екосистем без проведення трудомістких польових досліджень.

Особливу увагу доцільно приділити територіям, які зазнали найбільших пошкоджень. На таких ділянках необхідно проводити спостереження за динамікою відновлення рослинності та оцінювати ефективність природних відновних процесів. У разі недостатніх темпів регенерації можуть бути реалізовані додаткові заходи, спрямовані на відновлення рослинного покриву та покращення екологічного стану території.

Важливим напрямом залишається збереження біорізноманіття урочища. Після пожеж значна кількість видів втрачає звичні умови існування, тому особливого значення набуває охорона ділянок, які зберегли природний стан та можуть виступати осередками подальшого відновлення флори і фауни. Збереження таких територій сприятиме швидшому відновленню природних екологічних зв'язків у межах урочища.

Не менш важливим є проведення профілактичних заходів щодо запобігання новим пожежам. Для цього необхідно підтримувати належний

протипожежний стан лісових територій, здійснювати контроль за потенційно небезпечними ділянками та проводити інформаційну роботу щодо дотримання правил пожежної безпеки. В умовах воєнного стану особливого значення набуває оперативне виявлення нових осередків займання та швидке реагування на них.

Проведене дослідження підтвердило ефективність використання геоінформаційних технологій та супутникових даних для оцінювання наслідків лісових пожеж. Тому доцільним є подальше використання таких методів не лише для Андріївського лісового урочища, а й для інших природних територій, які потребують постійного екологічного контролю. Поєднання даних дистанційного зондування із результатами наземних спостережень дозволить отримувати більш повну інформацію про стан природних комплексів та своєчасно виявляти негативні зміни.

Таким чином, реалізація запропонованих заходів сприятиме покращенню екологічного стану Андріївського лісового урочища, підвищенню ефективності моніторингу лісових пожеж та збереженню природних екосистем. Водночас регулярне спостереження за процесами відновлення дозволить оцінити довгострокові наслідки пожеж і забезпечити наукове обґрунтування подальших природоохоронних рішень.

## ВИСНОВКИ

У бакалаврській роботі досліджено вплив лісових пожеж на екологічний стан Андріївського лісового урочища із використанням методів дистанційного зондування Землі та геоінформаційних технологій. Актуальність теми пов'язана зі збільшенням кількості пожеж у природних екосистемах України та необхідністю своєчасного отримання інформації про масштаби їхнього впливу на навколишнє середовище. Особливої важливості такі дослідження набули в умовах воєнних дій, які спричиняють додаткове навантаження на лісові екосистеми та часто стають причиною виникнення загорянь на значних площах.

Під час виконання роботи проаналізовано наукові джерела, присвячені використанню дистанційного зондування для моніторингу лісових пожеж. Проведений аналіз показав, що супутникові дані сьогодні є одним із найбільш ефективних інструментів спостереження за станом природних територій. Їх використання дозволяє оперативно виявляти осередки загоряння, визначати площі пошкоджених земель та контролювати процеси відновлення рослинного покриву протягом тривалого часу.

Для досягнення поставленої мети були використані супутникові знімки Sentinel-2, отримані за допомогою платформи Copernicus Browser, дані NASA FIRMS щодо термічних аномалій, інформація Global Forest Watch про зміни лісового покриву та програмне забезпечення QGIS для обробки просторових даних. Поєднання цих джерел дозволило отримати комплексну характеристику стану досліджуваної території та оцінити наслідки пожеж для лісової екосистеми.

У результаті проведеного дослідження встановлено, що пожежі завдали суттєвої шкоди Андріївському лісовому урочищу. На основі аналізу супутникових даних визначено, що загальна площа пошкоджених територій становить близько 306 га. Отримані результати свідчать про значні масштаби впливу вогню на лісові насадження та підтверджують необхідність подальшого моніторингу стану цієї території.

Використання даних NASA FIRMS дало можливість визначити розташування осередків загоряння та підтвердити їхній зв'язок із ділянками, на яких були зафіксовані зміни рослинного покриву. Аналіз показав, що супутниковий моніторинг дозволяє ефективно виявляти території, які потребують додаткового спостереження та оцінювання екологічного стану.

Одним із головних етапів роботи стало дослідження змін рослинності за допомогою індексу NDVI. Отримані результати показали зниження значень індексу на територіях, що постраждали від пожеж. Це свідчить про скорочення площ, вкритих здоровою рослинністю, та погіршення загального стану природних комплексів. Найбільш помітні зміни були зафіксовані на ділянках із найбільшим рівнем пошкодження, де внаслідок дії високих температур відбулося знищення значної частини рослинного покриву.

Порівняння супутникових знімків, отриманих у різні часові періоди, дозволило простежити характер змін, які відбулися на території урочища після пожеж. Встановлено, що негативні наслідки проявляються не лише у втраті лісових насаджень, а й у зміні структури природних угруповань. Пошкодження рослинності впливає на функціонування всієї екосистеми, оскільки порушуються природні зв'язки між її окремими компонентами.

Проведене дослідження також показало, що пожежі негативно впливають на біорізноманіття території. Знищення частини рослинного покриву призводить до погіршення умов існування багатьох видів рослин і тварин. Втрата місць проживання, кормових ресурсів та захисних ділянок може мати довготривалі наслідки для окремих популяцій. Разом із цим встановлено, що деякі види рослин зберігають здатність до відновлення завдяки природним механізмам регенерації.

Аналіз супутникових даних дозволив виявити початкові ознаки природного відновлення на окремих ділянках урочища. Незважаючи на значні пошкодження, на частині територій спостерігається поступове формування нового рослинного покриву. Проте швидкість відновлення є неоднаковою та залежить від інтенсивності пожежі, особливостей рослинності й стану ґрунтового покриву. Це

свідчить про те, що для повного відновлення лісових екосистем необхідний тривалий період часу.

У ході роботи підтверджено ефективність використання методів дистанційного зондування Землі для дослідження наслідків лісових пожеж. Застосування супутникових даних дозволяє отримувати об'єктивну інформацію про стан природних територій, проводити аналіз змін у межах значних площ та здійснювати моніторинг процесів відновлення. Використання геоінформаційних технологій значно спрощує обробку та візуалізацію отриманих результатів, що робить такі методи важливим інструментом сучасних екологічних досліджень.

Отже, поставлену мету роботи досягнуто, а всі визначені завдання виконано. Проведене дослідження дозволило оцінити масштаби впливу лісових пожеж на Андріївське лісове урочище, встановити площу пошкоджених територій, проаналізувати зміни рослинного покриву та визначити основні екологічні наслідки пожеж. Отримані результати можуть бути використані для подальшого моніторингу стану урочища, оцінювання процесів природного відновлення та розроблення заходів, спрямованих на збереження і відновлення лісових екосистем.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. С. О. Довгий, В. І. Лялько, С. М. Бабійчук, Т. Л. Кучма, О. В. Томченко, Л. Я. Юрків. Основи дистанційного зондування Землі: історія та практичне застосування 2019. — 316 с. URL: <https://surl.li/vjtaml>
2. С. М. Бабійчук, О. В. Гордієнко, О. В. Томченко. Дистанційне зондування Землі: обробка та аналіз супутникових знімків на платформі Google Earth Engine 2023. — 116 с. URL: <https://api.man.gov.ua/api/assets/man/3e6c93f1-afb1-445b-b9cd-a9517f61c08b/posibnik-dzz-12-01-2024.pdf?version=0>
3. ESA. Sentinel-2 User Handbook. — European Space Agency, 2015. URL: [https://sentinels.copernicus.eu/documents/247904/685211/Sentinel-2\\_User\\_Handbook](https://sentinels.copernicus.eu/documents/247904/685211/Sentinel-2_User_Handbook)
4. Костюшин В., Куземко А., Онищенко В., Чорна Г., Таращук С., Деркач О., Мішта А., Ворона Е., Матвєєв М., Возний Ю., Куцоконь Ю., Кардаш С., Василюк А., Коломіцев Г., Новак В., Тарасенко М., Козак М. Південно-Бузький меридіональний екологічний коридор: стислий огляд біорізноманіття та найцінніші території. — Чорноморська програма Верландс Інтернешнл — Київ, 2007. — 92 с. URL: <https://www.pryingul.inf.ua/articles/s-buh-koridor.pdf>
5. С. О. Довгий, С. М. Бабійчук, Т. Л. Кучма та ін. — Київ Дистанційне зондування Землі: аналіз космічних знімків у геоінформаційних системах: 2020. — 268 с URL:
6. Зацерковний В. І., Ворох В. В. Дистанційне зондування Землі: навч. посіб. — Ніжин :НДУ ім. М. Гоголя, 2025. — 536 с. URL : <file:///C:/Users/Admin/Downloads/Dystantsiine%20zonduvannia%20Zemli.pdf>
7. О. Г. Голубцов, В. М. Чехній, Ю.М.Фаріон. Геоінформаційне картографування та аналіз сучасних ландшафтів для цілей заповідання (на прикладі степової зони України) DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2018.02.061>

8. І. Г. Черваньов, О. В. Залюбовська, А. Ю. Овчаренко. Обґрунтування вибору індикативних об'єктів для ландшафтного моніторингу природоохоронної території та дослідження їх за даними дистанційного зондування й польового знімання DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2019.01.015>
9. 1. А. Акімов, М.Ф. Бойко, Р.І. Бурда, І.Г. Ємельянов, А.А. Ковальчук, Я.І. Мовчан, Є.М. Писанець, В.Г. Радченко, С.В. Таращук, Ю.Р. Шеляг-Сосонко. Теорія і практика заповідної справи в Україні // Збірник наукових праць. - Київ, 2005. - 267 с URL :[file:///C:/Users/Admin/Downloads/teoriaiprakt\\_2005.pdf](file:///C:/Users/Admin/Downloads/teoriaiprakt_2005.pdf)
10. Онищенко В. А. (ред.) Важливі ботанічні території України. Київ : Альтерпрес, 2017. 376 с. URL: [https://www.botany.kiev.ua/doc/onysh\\_2017.pdf](https://www.botany.kiev.ua/doc/onysh_2017.pdf)
11. В. С. Хахула, В. М. Хрик, Т. П. Лозінська, С. М. Левандовська, С. В. Пенькова, О. С. Ситник. Лісова пірологія : навчальний посібник для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальності 205 «Лісове господарство». Біла Церква, 2024. 173 с. URL: <https://rep.btsau.edu.ua/bitstream/BNAU/11899/1/lisova%20pirolohiya.pdf>
12. Шлапак В. П., Адаменко С. А., Козаченко І. В., Курка С. С. Екологія лісів : навчальний посібник. Умань : ВПЦ «Візаві», 2019. 222 с. URL: <https://forestry.udau.edu.ua/assets/files/metodichki/posibnik-pdf.pdf>
13. Хрик В. М., Кімейчук І. В. Лісівництво : навчальний посібник для здобувачів вищої освіти за спеціальністю 205 «Лісове господарство». Біла Церква, 2021. 444 с. URL: <https://rep.btsau.edu.ua/bitstream/BNAU/8547/3/lisivnycztvo.pdf>
14. Бандурка О. І. Методи і алгоритми аналізу геоданих для рішення задачі оцінки антропогенного впливу на довкілля : дисертація на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення». Київ, 2023. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/a9ca5aaa-f5f0-4d54-a050-9c416feb4823/content>

15. Попов М.О. Оцінювання характеристик зелених насаджень з використанням засобів дистанційного зондування Землі. Екологічна безпека та природокористування. 2013. Вип. 12. С. 51–62. URL: <https://repository.knuba.edu.ua/server/api/core/bitstreams/0eec91fd-49bb-48c4-ae92-f747d22fa7d5/content>
16. Хіміч М. І., Максютів А. О. Визначення ландшафтного різноманіття агроландшафтів на основі даних дистанційного зондування Землі. Вісник Сільськогосподарської науки. 2026. Вип. 1(113). С. 142–148. URL: [file:///C:/Users/Admin/Downloads/VIZNACENNA\\_LANDSAFTNOGO\\_RIZNOMANITTA\\_AGROLANDSAFTI.pdf](file:///C:/Users/Admin/Downloads/VIZNACENNA_LANDSAFTNOGO_RIZNOMANITTA_AGROLANDSAFTI.pdf)
17. Бандурка О. І., Свинчук О. В. Метод ідентифікації космічних знімків для прогнозування лісових пожеж // Навігація та геоінформаційні системи. – 2022. – № 1. – С. 13. – DOI: <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2022.1.013>
18. Шпурик В. В., Бандурка О. І. Інформаційна система аналізу антропогенного впливу на стан лісових насаджень // Телекомунікаційні та інформаційні технології. – 2021. – № 3 (72). – С. 25. – ISSN 2412-4338. – DOI: <https://doi.org/10.31673/2412-4338.2021.032536>
19. Білинський Й. Й., Книш Б. П., Кулик Я. А. Обробка та використання мультиспектральних зображень в агромоніторингу // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2020. – № 4. – С. 1. URL: <file:///C:/Users/Admin/Downloads/619-%D0%A2%D0%B5%D0%BA%D1%81%D1%82%20%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%82%D1%96-754-1-10-20210408.pdf>
20. Шевченко Р. Ю. Геоінформаційні системи в екології : електронний підручник. – Київ, 2022. URL: <https://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi71/0051679.pdf>
21. Бабій Л., Грицьків Н. Космічні методи ДЗЗ у вирішенні задач лісового господарства // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 2007. – Вип. 68. URL:

<https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2018/jun/12834/babiy-gryckiv.pdf>

22. Осадчий В., Орещенко А., Савенець М. Супутниковий моніторинг пожеж і забруднення атмосферного повітря : монографія / Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України. – Київ, 2023. – 256 с. – ISBN 978-617-14-0081-8. – DOI: [https://doi.org/10.15407/uhmi.2023\\_1](https://doi.org/10.15407/uhmi.2023_1)

23. Жолобак Г. М. Вітчизняний досвід супутникового моніторингу лісових масивів України // Космічна наука і технологія. – 2010. – Т. 16, № 3. – С. 46–54. URL: <https://www.mao.kiev.ua/biblio/jscans/knit/2010-16/knit-2010-16-3-06.pdf>

24. Дубровський В. В., Пархісенко Я. В., Петроченко О. Ю., Потапенко Л. С., Рябоконець О. Д., Штепа Ю. Н. Космічний моніторинг лісових пожеж за знімками NOAA // Космічна наука і технологія. – 2002. – Т. 8, № 2/3. – С. 246–248. URL: <https://www.mao.kiev.ua/biblio/jscans/knit/2002-08/knit-2002-08-2-3-41-dubrovsky.pdf>

25. Савков П., Левінськова Н., Бондарчук Г., Постарниченко Н. Геоінформаційні системи в моніторингу лісових ресурсів // Військово-спеціальні науки. – 2021. – № 1 (45). – С. 71–74. – ISSN 1728-2217. – DOI: <https://doi.org/10.17721/1728-2217.2021.45.71-74>

26. Зібцев С. В., Миронюк В. В., Богомолів В. В., Яворовський П. П., Сошенський О. М., Гуменюк В. В., Сендонін С. Є., Левченко В. В., Пузріна Н. В. Науково-методичне забезпечення створення геопорталу для оцінювання ризику, прогнозування та попередження природних пожеж в Україні : монографія. – Київ : Наукова столиця, 2021. – 340 с. URL: <https://dglip.nubip.edu.ua/server/api/core/bitstreams/9585b966-bdd5-4146-af63-ef5d63024617/content>

27. Швиденко А. З. та ін. Вуглець, клімат та землеуправління в Україні: лісовий сектор. – Корсунь-Шевченківський : ФОП Гаврищенко В. М., 2014. – 283 с. URL: <https://surl.li/qwjcsuk>
28. Мазепа В. Г., Новак А. А. Регіональне лісівництво : підручник. – Львів : Сполом, 2023. – 182 с. URL: <https://surl.li/tlltwn>
29. Попович С. Ю. Природно-заповідна справа : підручник. – Тернопіль : Навчальна книга – Богдан, 2024. – 392 с. URL: [https://bohdan-books.com/upload/iblock/42e/42eb17381988bfa40034366596041247.pdf?srsltid=AfmVOoowrN--onud0SSpV5B7MNYUIQD\\_axv5R7dVR9JEfyd0I8uAY2EF](https://bohdan-books.com/upload/iblock/42e/42eb17381988bfa40034366596041247.pdf?srsltid=AfmVOoowrN--onud0SSpV5B7MNYUIQD_axv5R7dVR9JEfyd0I8uAY2EF)
30. Войцицький А. П. Техноекологія : підручник / Войцицький А.П., Дубровський В.П., Боголюбов В.М. ; за ред. В. М. Боголюбова. – К. : Аграрна освіта, 2009. – 533 с. URL: <https://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi73/0054289.pdf>
31. Винокурова Л. Е., Васильчук М. В., Гаман М. В. Основи охорони праці: Підручн. для проф. - техн. навч. закладів. – 2-ге вид., допов., перероб. – К.: Вікторія, 2001. 192 с. URL: <https://surl.li/stiwar>
32. Полукаров Ю. О., Праховнік Н. А., Землянська О. В. Екологічна безпека та цивільний захист: конспект лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення» / Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». – Київ, 2022. – 184 с. URL:<https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/c1c031e2-4ed2-409b-b18b-8443481b38e1/content>
33. Зеркалов Д. В. Екологічна безпека та охорона довкілля : монографія. – Київ : Основа, 2012. – 514 с. URL: [https://duikt.edu.ua/uploads/1\\_1673\\_24625957.pdf](https://duikt.edu.ua/uploads/1_1673_24625957.pdf)
34. С. О. Довгий, В. І. Лялько, С. М. Бабійчук, Т. Л. Кучма, О. В. Томченко, Л. Я. Юрків. Основи дистанційного зондування Землі : історія та практичне застосування 2019. – 316 с. URL: <https://surl.li/vjtaml>

35. Лісовий кодекс України : Закон України від 21.01.1994 № 3852-ХІІ. Глава 16 «Охорона і захист лісів», ст. 86 «Організація охорони і захисту лісів» URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3852-12/ed20220710/parast85#n592>
36. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-ХІІ. Розділ III «Організація охорони праці», ст. 13 «Управління охороною праці та обов'язки роботодавця», ст. 14 «Обов'язки працівника щодо додержання вимог нормативно-правових актів з охорони праці» URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/2694-12/ed20250912/parast14#n94>
37. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин : ДСанПіН 3.3.2.007-98 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0007282-98#Text>
38. Закон України «Про правовий режим воєнного стану» від 12.05.2015 № 389-VIII. Ст. 8 «Заходи правового режиму воєнного стану» URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text>
39. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 № 5403-VI. Ст. 31 «Інформування у сфері цивільного захисту» URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17?utm\\_source=chatgpt.com#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17?utm_source=chatgpt.com#Text)
40. Закон України «Про захист інформації в інформаційно-комунікаційних системах» від 05.07.1994 № 80/94-ВР. Ст. 9 «Забезпечення захисту інформації в системі» URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/80/94-%D0%B2%D1%80#Text>
41. Закон України «Про правовий режим воєнного стану» від 12.05.2015 № 389-VIII. Ст. 8 «Заходи правового режиму воєнного стану» URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/389-19#Text>
42. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25.06.1991 № 1264-ХІІ. Ст. 22 «Моніторинг навколишнього природного середовища» URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>