

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ БУДІВНИЦТВА,
ЗЕМЛЕУСТРОЮ ТА ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

Кафедра земельного адміністрування та геоінформаційних систем

Пояснювальна записка

до дипломної роботи бакалавра

на тему: **«Аналіз впливу пожеж на рослинний покрив Дунайського
біосферного заповідника засобами ГІС»**


Виконала: студентка 4 курсу групи ГКЗ 2022-1
спеціальності 193 Геодезія та землеустрій
ОП Геодезія, картографія та землеустрій


Кулакова Валерія Денисівна

Керівник


Мамонов Костянтин Анатолійович

Рецензент


Воронков Олексій Олександрович

2026 року

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

Навчально-науковий інститут будівництва, землеустрою та цивільної інженерії

Кафедра земельного адміністрування та геоінформаційних систем

Освітньо-кваліфікаційний рівень – бакалавр

Спеціальність 193 Геодезія та землеустрій

Освітня програма Геодезія, картографія та землеустрій

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЗА та ГІС
проф. Мамонов К. А.

 Восстановимая подпись

X 

Подписано: f054cc53-ba06-45d3-8422-a8d59ccd399bb

«25» травня 2026 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Кулаковій Валерії Денисівні

1. Тема проєкту (роботи): Аналіз впливу пожеж на рослинний покрив Дунайського біосферного заповідника засобами ГІС.

керівник проєкту (роботи) д.е.н., професор Мамонов Костянтин Анатолійович, затверджені наказом вищого навчального закладу від 22.05.2026 року № 441-03.

2. Строк подання студентом проєкту (роботи): 18 червня 2026 року.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи): матеріали дистанційного зондування Землі; просторові та статистичні дані щодо стану рослинного покриву Дунайського біосферного заповідника; відкриті геоінформаційні ресурси; наукові публікації та звіти щодо стану природних екосистем дельти Дунаю.







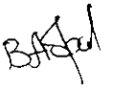
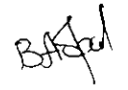
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: наліз природних умов Дунайського біосферного заповідника; огляд методів дистанційного зондування Землі; обґрунтування використання даних Sentinel-2; застосування спектральних індексів NDVI, SAVI, NBR та Burned Area Detection; просторовий аналіз територій, постраждалих від пожеж; дослідження динаміки змін рослинного покриву; розробка рекомендацій щодо ГІС-моніторингу; питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

(перелік питань, які потрібно розробити)

5. Перелік графічного матеріалу: презентаційний матеріал у розмірі 20 слайдів; картосхема території Дунайського біосферного заповідника; схема ланцюжка обробки супутникових знімків Sentinel-2; векторні та растрові шари у QGIS; макет карти просторового розподілу ступеня пошкодження рослинного покриву внаслідок пожежі.

(з точним зазначенням обов'язкових креслень)

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|--|---|---|---|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| 1. Характеристика об'єкта дослідження та вихідних даних | Мамонов К.А., професор кафедри ЗА та ГІС |  |  |
| 2. Методика дистанційного моніторингу рослинного покриву території дунайського біосферного заповідника | Мамонов К.А., професор кафедри ЗА та ГІС |  |  |
| 3. Результати дистанційного моніторингу стану рослинного покриву дунайського біосферного заповідника | Мамонов К.А., професор кафедри ЗА та ГІС |  |  |
| 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях | Абракітов В. Е., доцент кафедри ОП та БЖД |  |  |

7. Дата видачі завдання: 25 травня 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломного проєкту | Строк виконання етапів | Примітка |
|-------|---|------------------------|----------|
| 1. | Формування інформаційної бази | 25.05.26 | Виконано |
| 2. | Розробка та написання першого розділу роботи | 03.06.26 | Виконано |
| 3. | Розробка та написання другого розділу роботи | 09.06.26 | Виконано |
| 4. | Розробка та написання третього розділу роботи | 12.06.26 | Виконано |
| 5. | Розробка та написання розділу з охорони праці | 15.06.26 | Виконано |
| 6. | Оформлення роботи | 18.06.26 | Виконано |
| 7. | Попередній захист роботи | 19.06.26 | Виконано |
| 8. | Захист дипломної роботи у ДЕК | 24.06.26 | |

Студент

Керівник проєкту (роботи)

Кулакова В.Д.

Мамонов К.А.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 57 стор., 21 рис., 2 табл., 1 додаток, 7 джерел, слайдів презентації.

ГІС, ДЗЗ, ПОЖЕЖІ, РОСЛИННИЙ ПОКРИВ, БІОСФЕРНИЙ ЗАПОВІДНИК, СУПУТНИКОВІ ЗНІМКИ.

Об'єктом дослідження є рослинний покрив Дунайського біосферного заповідника та його зміни під впливом пожеж.

Предметом дослідження є методи геоінформаційного аналізу та дистанційного зондування Землі для оцінювання впливу пожеж на стан рослинного покриву.

Метою роботи є аналіз просторово-часових змін рослинного покриву Дунайського біосферного заповідника під впливом пожеж із використанням геоінформаційних систем та супутникових даних дистанційного зондування Землі.

У роботі використано методи геоінформаційного аналізу, дистанційного зондування Землі, картографування, просторового аналізу та статистичної обробки даних.

У результаті дослідження визначено особливості просторового поширення пожеж на території Дунайського біосферного заповідника, проаналізовано зміни стану рослинного покриву, побудовано тематичні карти та виконано оцінку ступеня пошкодження рослинності.

Практична цінність роботи полягає у можливості застосування запропонованих підходів для оперативного виявлення наслідків пожеж, контролю процесів відновлення рослинності та підтримки прийняття управлінських рішень щодо охорони природних комплексів Дунайського біосферного заповідника.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ВСТУП..... | 6 |
| 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ’ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВИХІДНИХ ДАНИХ..... | 8 |
| 1.1 Просторове розташування та загальна характеристика території Дунайського біосферного заповідника..... | 8 |
| 1.2 Територія та історія створення Дунайського біосферного заповідника..... | 9 |
| 1.3 Геолого-геоморфологічні умови..... | 11 |
| 1.4 Гідрометеорологічні умови..... | 13 |
| 1.5 Рослинний покрив..... | 15 |
| 1.6 Висновки до розділу..... | 18 |
| 2 МЕТОДИКА ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ РОСЛИННОГО ПОКРИВУ ТЕРИТОРІЇ ДУНАЙСЬКОГО БІОСФЕРНОГО ЗАПОВІДНИКА..... | 20 |
| 2.1 Онлайн-ресурси для проведення дистанційного моніторингу пожеж та рослинного покриву..... | 20 |
| 2.2 Дослідження впливу пожеж на рослинний покрив Дунайського біосферного заповідника..... | 23 |
| 2.3 Аналіз супутникових даних: обробка та інтерпретація..... | 35 |
| 2.4 Висновки до розділу..... | 38 |
| 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ СТАНУ РОСЛИННОГО ПОКРИВУ ДУНАЙСЬКОГО БІОСФЕРНОГО ЗАПОВІДНИКА..... | 40 |
| 3.1 Дослідження стану рослинного покриву..... | 40 |
| 3.2 Можливі ризики зникнення рідкісних видів рослин у межах Дунайського біосферного заповідника..... | 43 |
| 3.3 Висновки до розділу..... | 45 |

| | |
|--|----|
| 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ..... | 47 |
| 4.1 Аналіз умов праці під час виконання геоінформаційних досліджень..... | 47 |
| 4.2 Санітарно-гігієнічні умови праці в приміщенні..... | 48 |
| 4.3 Електробезпека під час роботи з комп'ютерною технікою..... | 50 |
| 4.4 Пожежна безпека в приміщенні..... | 52 |
| 4.5 Висновки до розділу..... | 53 |
| ВИСНОВКИ..... | 55 |
| СПИСОК ДЖЕРЕЛ..... | 57 |
| ДОДАТОК А Макет карти | 58 |

ВСТУП

Збереження природних екосистем є одним із пріоритетних завдань сучасної екологічної науки та природоохоронної діяльності. Особливого значення набуває охорона територій природно-заповідного фонду, які забезпечують збереження біологічного та ландшафтного різноманіття, підтримують екологічну рівновагу та виконують важливі природоохоронні функції. Однією з найбільш цінних природних територій України є Дунайський біосферний заповідник, що входить до складу міжнародного біосферного резервату «Дельта Дунаю» та охоплює унікальні водно-болотні угіддя світового значення.

В останні роки все більшої актуальності набуває проблема виникнення природних та антропогенних пожеж, які суттєво впливають на стан природних екосистем. Пожежі призводять до знищення рослинного покриву, зміни структури біоценозів, порушення природних процесів відновлення та втрати біорізноманіття. Особливо вразливими до таких впливів є водно-болотні та заплавні екосистеми дельти Дунаю, де пожежі можуть охоплювати значні площі очеретяних заростей та інших рослинних угруповань.

Сучасний розвиток геоінформаційних систем та технологій дистанційного зондування Землі відкриває широкі можливості для оперативного моніторингу природних процесів і оцінки наслідків пожеж. Використання супутникових знімків дозволяє отримувати об'єктивну інформацію про просторові масштаби пошкоджень, аналізувати зміни стану рослинності та здійснювати довгостроковий екологічний моніторинг територій природно-заповідного фонду.

Актуальність теми полягає у необхідності дослідження впливу пожеж на рослинний покрив Дунайського біосферного заповідника із застосуванням сучасних геоінформаційних технологій та даних дистанційного зондування Землі. Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення

системи екологічного моніторингу, оцінювання стану природних екосистем та прийняття ефективних природоохоронних рішень.

Метою роботи є аналіз впливу пожеж на рослинний покрив Дунайського біосферного заповідника із застосуванням геоінформаційних систем та даних дистанційного зондування Землі.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- дослідити природні умови та особливості рослинного покриву Дунайського біосферного заповідника;
- проаналізувати сучасні підходи до моніторингу пожеж із використанням ГІС-технологій та даних дистанційного зондування Землі;
- здійснити підбір та підготовку супутникових даних для дослідження;
- виконати геоінформаційний аналіз територій, пошкоджених пожежами;
- оцінити зміни стану рослинного покриву до та після виникнення пожеж;
- створити тематичні карти та провести просторовий аналіз отриманих результатів.

Об'єктом дослідження є рослинний покрив Дунайського біосферного заповідника.

Предметом дослідження є методи геоінформаційного аналізу та дистанційного зондування Землі для оцінювання впливу пожеж на стан рослинного покриву.

Методи дослідження включають геоінформаційний аналіз, методи дистанційного зондування Землі, картографічне моделювання, обробку супутникових знімків, порівняльний аналіз та статистичні методи опрацювання просторових даних.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання отриманих результатів для моніторингу природних екосистем, оцінки наслідків пожеж, планування природоохоронних заходів та вдосконалення системи управління територіями природно-заповідного фонду України.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВИХІДНИХ ДАНИХ

1.1 Просторове розташування та загальна характеристика території Дунайського біосферного заповідника

Дунайський біосферний заповідник розташований у південно-західній частині України, в межах дельти річки Дунай, яка є однією з найбільших та найцінніших водно-болотних систем Європи. Територія заповідника охоплює українську частину дельти та прилягає до акваторії Чорного моря, формуючи складну систему рукавів, островів, проток, озер і плавнів, що динамічно змінюються під впливом гідрологічних процесів.

Дунайський біосферний заповідник [1] є частиною транскордонної дельтової системи, яка продовжується на території Румунії та формує єдиний природний комплекс нижнього Дунаю (рис. 1.1).

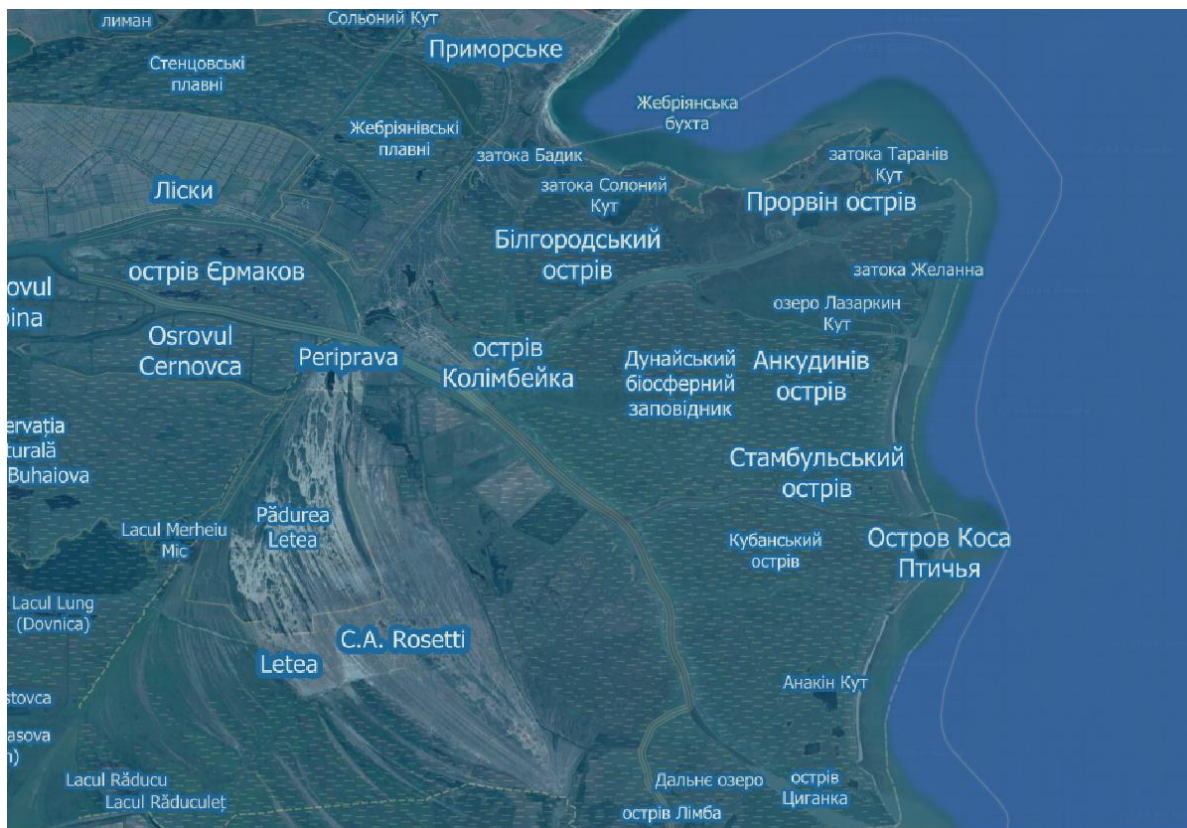


Рисунок 1.1 – Дунайський біосферний заповідник

У геоморфологічному відношенні територія представлена алювіальними рівнинами, сучасними та старими дельтовими відкладами, а також системою заплавних островів і водотоків, що перебувають у постійній динаміці руслових процесів.

Загальна площа української частини заповідника становить понад 50 тис. га, включаючи як суходільні, так і водні екосистеми. У структурі території виділяють водно-болотні угіддя, прісноводні та солонуватоводні ділянки, заплавні ліси, очеретяні масиви та прибережні акваторії. Значна частина території має статус природоохоронних зон міжнародного значення, зокрема відповідно до Рамсарської конвенції.

За ландшафтними особливостями в межах заповідника домінують водно-болотні та лучно-лісові комплекси дельтового типу, які формуються в умовах активної акумуляції наносів та постійної взаємодії річкових і морських процесів. Рослинний покрив представлений угрупованнями очерету, рогозу, заплавних лук, вербових та тополевих формацій, а також прибережно-водною рослинністю, адаптованою до періодичного затоплення.

Заповідник входить до складу міжнародної мережі біосферних резерватів ЮНЕСКО та виконує функції збереження біорізноманіття, моніторингу екологічного стану дельтових екосистем, а також забезпечення сталого природокористування в регіоні Нижнього Дунаю.

1.2 Територія та історія створення Дунайського біосферного заповідника

Формування системи природоохоронних територій в українській частині дельти Дунаю, що нині входить до складу Дунайський біосферний заповідник, розпочалося у 1960-х роках у результаті наукових досліджень провідних установ НАН України. Зокрема, Інститутом гідробіології та Інститутом зоології ім. І. І. Шмальгаузена було обґрунтовано необхідність створення заповідного об'єкта для збереження унікальних водно-болотних екосистем дельти Дунаю та її біорізноманіття.

У 1964 році міжвідомча нарада з питань комплексного використання природних ресурсів дельти Дунаю, що проходила під егідою Академії наук України, рекомендувала створення заповідника в межах української частини дельтової системи. Вже у 1967 році Постановою Ради Міністрів УРСР № 490 було створено природоохоронну зону з режимом пам'ятника природи республіканського значення. До її складу увійшла прибережна смуга плавневих земель та прилегла акваторія Чорного моря.

У період 1973–1978 років було сформовано Дунайську філію Чорноморського державного заповідника, площа якої поступово розширювалася, що дозволило охопити значну частину дельтових екосистем. У цей же період територія дельти Дунаю була включена до переліку Рамсарських водно-болотних угідь міжнародного значення, що підкреслило її глобальну природоохоронну цінність.

У 1981 році було офіційно створено державний заповідник «Дунайські плавні», який функціонував у системі Академії наук України та був підпорядкований профільним науковим установам. У цей період посилювалися дослідження гідробіологічних, орнітологічних та геоекологічних особливостей дельтових екосистем.

У 1994 році заповідник набув статусу самостійної юридичної особи в системі НАН України. У цей же період розпочалася реалізація міжнародного проєкту за участі Світового банку, спрямованого на збереження біорізноманіття української частини дельти Дунаю. Отримані результати стали основою для подальшого формування сучасної природоохоронної політики регіону та створення геоекологічних моделей території.

Дунайський біосферний заповідник створено Указом Президента України «Про створення Дунайського біосферного заповідника» № 861 від 10 серпня 1998 року на базі природного заповідника „Дунайські плавні” загальною площею 46402,9 га [2]. Наступного року, у 1999 році, рішенням ЮНЕСКО заповідник був включений до Світової мережі біосферних

резерватів у складі транскордонного румунсько-українського резервату «Дельта Дунаю».

У 2004 році територію заповідника було розширено відповідно до Указу Президента України № 117, що дозволило збільшити площу природоохоронних земель та посилити охорону цінних дельтових екосистем. На сьогодні загальна площа заповідника становить близько 50 252,9 га з урахуванням уточнених землевпорядних даних.

Особливістю території є безперервні процеси дельтоутворення, внаслідок яких формуються нові острови, коси та ділянки суходолу в авандельті. Ці ділянки одразу включаються до природоохоронного режиму, що є унікальною рисою заповідника та важливим об'єктом для геоінформаційного моніторингу. Саме динамічність просторової структури дельти визначає високу актуальність використання ГІС-технологій для аналізу змін ландшафтів, включаючи оцінку впливу пожеж на рослинний покрив.

У межах території зустрічаються рідкісні та зникаючі види флори і фауни, занесені до Червоної книги України [3], що зумовлює високу природоохоронну цінність заповідника. Унікальність дельтових екосистем, їх біорізноманіття та значення для міграції птахів стали основою створення Дунайського біосферного заповідника в системі природно-заповідного фонду України.

1.3 Геолого-геоморфологічні умови

Територія Дунайського біосферного заповідника сформована в межах молоді алювіальної дельтової рівнини, яка є результатом тривалого накопичення річкових наносів Дунаю та взаємодії річкових і морських процесів у пригирловій частині Чорного моря. Геолого-геоморфологічна будова регіону визначається переважно четвертинними відкладами, представленими алювіальними, делювіально-алювіальними та морсько-дельтовими фаціями.

У геологічній основі території переважають слабкоцементовані піски, супіски, мулові та глинисті відклади, що характеризуються високою пористістю та значною водонасиченістю. Такі умови зумовлюють низьку стійкість ґрунтово-рослинного покриву до механічних впливів і сприяють активним процесам переформування поверхні під дією водної ерозії, акумуляції та руслової міграції.

Геоморфологічна структура заповідника є надзвичайно динамічною та включає систему дельтових рукавів (Кілійське гирло та його відгалуження), проток, озер, заплавних понижень та островів, що постійно змінюють свої обриси. Значна частина території представлена низинними заплавними рівнинами з абсолютними висотами, близькими до рівня моря, що робить її вразливою до коливань водного режиму та періодичних підтоплень (рис.1.2).

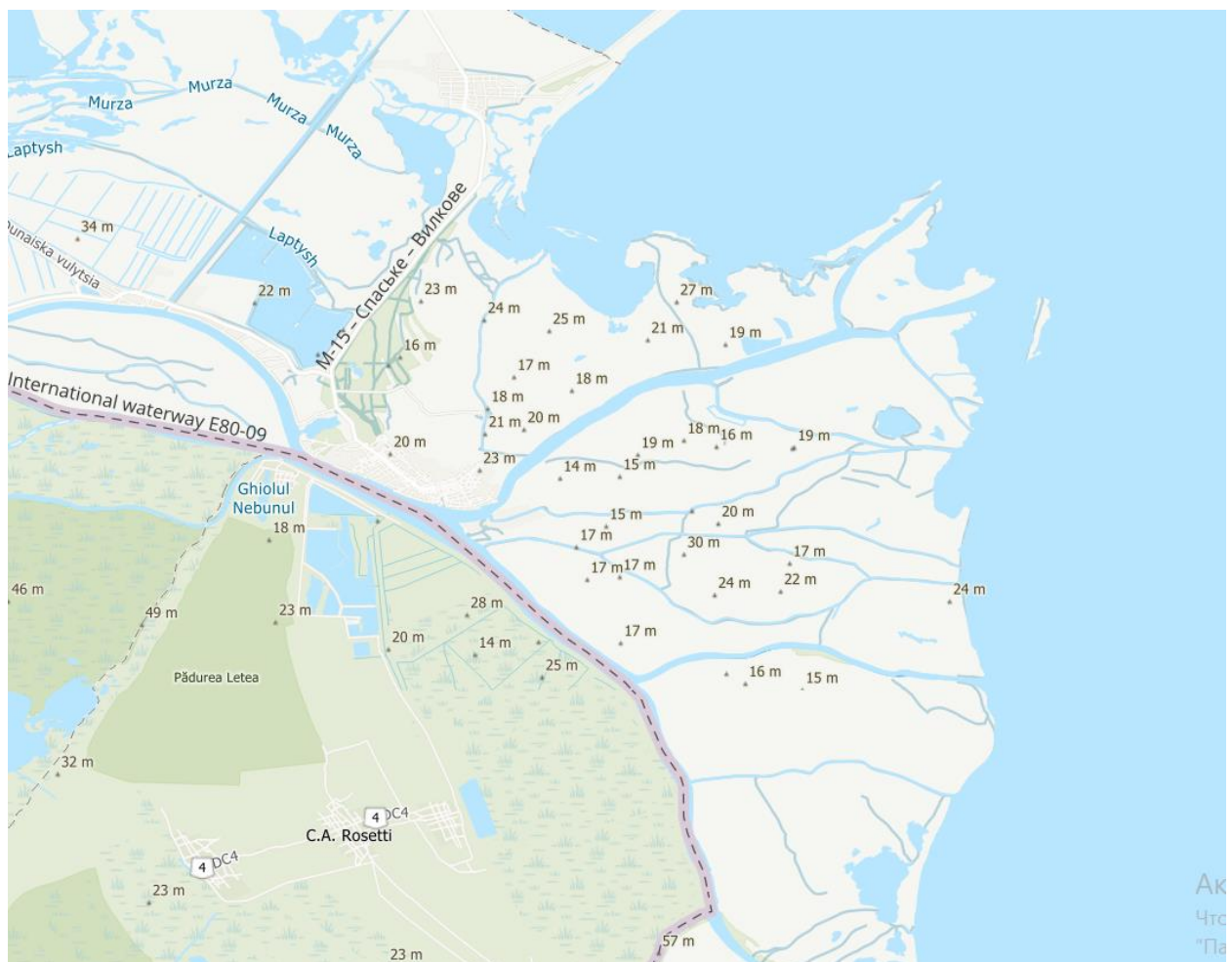


Рисунок 1.2 – Абсолютні висоти Дунайського біосферного заповідника

Особливістю геоморфологічного розвитку є активні руслові процеси, зокрема меандрування, розгалуження рукавів та формування нових алювіальних наносів. Унаслідок цього відбувається постійне формування нових островів і відмирання старих ділянок суходолу, що створює мозаїчну структуру ландшафтів.

Важливу роль у формуванні рельєфу відіграють також еолові процеси, які проявляються у вигляді перевіювання піщаних відкладів та формування невеликих дюнних підвищень на відкритих ділянках. У прибережній зоні Чорного моря спостерігаються процеси абразії та акумуляції, що додатково впливають на конфігурацію берегової лінії та дельтових окраїн.

У сукупності геолого-геоморфологічні умови визначають високу просторово-часову мінливість природних комплексів заповідника, що є ключовим чинником формування біорізноманіття та водночас ускладнює довгострокове прогнозування змін екосистем, зокрема в контексті впливу пожеж та кліматичних факторів.

1.4 Гідрометеорологічні умови

Територія Дунайський біосферний заповідник характеризується складними та динамічними гідрометеорологічними умовами, що зумовлені розташуванням у нижній течії річки Дунай та безпосередньою близькістю до Чорного моря. Взаємодія річкових, морських і атмосферних процесів формує специфічний мікроклімат дельтової системи та значно впливає на стан водно-болотних екосистем.

Клімат регіону є помірно континентальним із морським впливом, що проявляється у відносно м'якій зимі та тривалому теплому періоді. Середньорічна температура повітря коливається в межах +10...+11 °С, при цьому середня температура липня становить близько +22...+24 °С, а січня — близько -1...-2 °С. У літній період часто спостерігаються посушливі умови та

високі температури, що створює сприятливі передумови для виникнення та поширення пожеж у рослинному покриві.

Річна кількість опадів становить у середньому 350–450 мм, причому їх розподіл є нерівномірним: максимумами припадають на теплий період року у вигляді короткочасних злив, тоді як у холодний період переважають тривалі малодощові періоди. Низька забезпеченість вологою в літні місяці в поєднанні з високими температурами сприяє зниженню вологості ґрунтів та рослинності, що підвищує пожежну небезпеку.

Гідрологічний режим території визначається стоком річки Дунай, сезонною мінливістю водності та впливом Чорного моря. Весняні та літні паводки є характерною рисою регіону, зумовленою таненням снігів у верхній течії річки та дощовими опадами. У цей період відбувається затоплення значних площ заплавних територій, що сприяє формуванню багатих на біогенну речовину водно-болотних екосистем.

Важливим чинником є також коливання рівня Чорного моря та явища нагінних вітрів, які можуть спричиняти зворотний підпір води в дельтових рукавах. Це впливає на тривалість затоплення окремих ділянок та солонуватість вод, особливо в пригирлових зонах.

Вітровий режим характеризується переважанням північно-західних та північно-східних вітрів. У теплий період року можливі суховійні явища, які значно підвищують випаровування та сприяють висушуванню рослинного покриву. У поєднанні з високими температурами та низькою вологістю повітря це створює критичні умови пожежної небезпеки.

Таким чином, гідрометеорологічні умови дельти Дунаю формують складну систему взаємодіючих факторів, які визначають високу динамічність екосистем та їх чутливість до кліматичних екстремумів. У контексті даної роботи ці умови є ключовими для інтерпретації просторово-часових змін рослинного покриву та аналізу наслідків пожеж із використанням ГІС-технологій і даних дистанційного зондування Землі.

1.5 Рослинний покрив

Рослинний покрив території Дунайський біосферний заповідник відзначається високою різноманітністю та мозаїчністю, що зумовлено складною дельтовою структурою, динамічним гідрологічним режимом і постійною зміною умов зволоження ґрунтів. Формування рослинності безпосередньо пов'язане з чергуванням водних, перезволожених, лучних та слабо підвищених ділянок рельєфу.

Домінуючим типом рослинності є водно-болотні угруповання, представлені очеретяними (*Phragmites australis*) та роговими (*Typha* spp.) масивами. Ці фітоценози формують великі суцільні зарості в умовах тривалого затоплення та високого рівня ґрунтових вод. Вони відіграють ключову роль у стабілізації берегових зон, акумуляції органічної речовини та формуванні середовища існування для численних видів птахів і гідробіонтів.

Через воєнні дії можливості польових досліджень впливу гідротехнічної споруди «Дунай–Чорне море» на флору та рослинність у 2025 році були обмежені. Спостереження проводилися переважно на острові Єрмаків, де в минулі роки здійснювалися масштабні відвали ґрунту, а також на ділянках уздовж Старостамбульського (до 11 км, до початку зон обмеженого доступу) та Очаківського гирл (до 10 км, до межі обмежень доступу).

Із 97 видів рослин, виявлених на острові у попередні звітні періоди, на піщаних картах намиву було зафіксовано 25 видів, що становить 25,8 % від загальної кількості видів у межах усіх типів біотопів. Найбільше видове різноманіття спостерігалось на ділянках мулистих ґрунтів намиву (63 види), тоді як друге місце за різноманіттям займали прибережно-водні біотопи. Саме в цих угрупованнях також відмічалася найвища кількість інвазійних видів.

Попередні результати свідчать, що одним із негативних факторів антропогенного впливу на острові є перевипас худоби у межах підвищених придамбових ділянок, де відбувається концентрація тварин. Це призводить до формування деградованих фітоценозів і сприяє негативному відбору видів, за

якого перевагу отримують рослини з колючими структурами, токсичними властивостями або високим вмістом ефірних олій (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Аналіз описів рослин на острові

| Біотопи | Вселенці | Отруйні або колючі, або неїстівні з інших причин | Всього видів в біотопі |
|------------------------------------|---|--|---|
| | Кількість видів/% від загальної кількості | Кількість видів/% від загальної кількості | Кількість видів/% від загальної кількості |
| Піщані карти намиву (ПКН) | 3/3,1 | 20/20,6 | 25/25,8 |
| Мулисті карти намиву (МКН) | 8/8,2 | 28/28,9 | 63/64,9 |
| Дамби (Д) | 8/3,3 | 22/22,7 | 54/55,7 |
| Солонці (С) | 1/1,03 | 8/8,2 | 16/16,5 |
| Біляводні біотопи (БВ) | 6/6,2 | 20/20,6 | 57/58,8 |
| Угруповання прируслових лісів (ПЛ) | 6/6,2 | 15/15,5 | 47/48,5 |
| Водні (В) | 0/0 | 3/3,1 | 9/9,3 |

На більш дренованих ділянках поширені лучні та прибережно-лучні угруповання, які формуються за умов періодичного затоплення та короткочасного перезволоження. Тут переважають злакові та різнотравні види, адаптовані до змінного водного режиму та підвищеної мінералізації ґрунтів.

Значну роль у структурі рослинного покриву відіграють заплавні ліси, представлені переважно вербовими (*Salix* spp.) та тополевыми (*Populus* spp.) формаціями. Вони формуються на відносно підвищених ділянках алювіальних відкладів і виконують важливу екологічну функцію, зокрема у закріпленні ґрунтів та зменшенні ерозійних процесів.

Характерною особливістю рослинного покриву є наявність піонерних угруповань на молодих алювіальних відкладах, які формуються в процесі дельтоутворення. Такі угруповання відзначаються низькою видовою

насиченістю, але високою адаптивністю до нестабільних умов середовища (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Масове заростання ділянок Єрмакова в червні-липні 2025 року
(фото Олександра Волошкевича)

Окрему категорію становлять прибережно-водні рослинні комплекси, які розвиваються в мілководних ділянках проток, заток і внутрішніх водойм. Вони представлені угрупованнями зануреної та плаваючої рослинності, що відіграють важливу роль у самоочищенні водних екосистем та підтриманні гідрологічної рівноваги.

У межах заповідника також виявлено значну кількість рідкісних та зникаючих видів рослин, занесених до Червоної книги України. Їх поширення пов'язане з унікальними мікрооселищами, які формуються в умовах дельтової динаміки та обмеженого антропогенного впливу.

Важливою проблемою сучасного стану рослинного покриву є поширення інвазійних видів, які можуть змінювати структуру природних угруповань та впливати на конкурентні взаємодії в екосистемах. Такі процеси

є особливо актуальними в контексті змін клімату та порушення гідрологічного режиму.

У контексті даної роботи рослинний покрив розглядається як основний індикатор змін екологічного стану території, зокрема впливу пожеж. Саме тому його просторово-часовий аналіз із використанням ГІС-технологій та даних дистанційного зондування Землі є ключовим етапом оцінки наслідків термічного впливу на екосистеми дельти Дунаю.

1.6 Висновки до розділу

У першому розділі розглянуто природні умови, історію формування та сучасні особливості території Дунайський біосферний заповідник, які визначають специфіку функціонування його екосистем та є базою для подальшого геоінформаційного аналізу впливу пожеж на рослинний покрив.

Встановлено, що територія заповідника сформована в межах активної дельтової системи річки Дунай та характеризується високою динамічністю геоморфологічних процесів. Постійне руслове переформування, акумуляція наносів та утворення нових ділянок суходолу зумовлюють мозаїчність ландшафтної структури та нестабільність природних комплексів у просторі й часі.

Гідрометеорологічні умови регіону визначаються поєднанням річкового стоку, впливу Чорного моря та континентальних кліматичних факторів. Періодичні паводки, сезонна нерівномірність опадів, високі літні температури та суховійні явища формують складний гідрологічний режим і суттєво впливають на стан рослинності, зокрема підвищують її вразливість до пожеж.

Рослинний покрив характеризується високим рівнем різноманітності та просторової неоднорідності. Домінують водно-болотні, лучні та заплавно-лісові угруповання, які перебувають у тісній залежності від гідрологічних умов. Водночас відзначається наявність рідкісних видів флори та поширення

інвазійних видів, що свідчить про складні сукцесійні процеси та різний ступінь антропогенного впливу.

Історія формування заповідника демонструє поступовий перехід від окремих природоохоронних ініціатив до створення біосферного резервату міжнародного значення. Розширення території та включення її до мережі біосферних резерватів ЮНЕСКО підкреслює глобальну цінність дельтових екосистем Дунаю.

Узагальнено, природні умови регіону характеризуються високою динамічністю та чутливістю до зовнішніх впливів, що робить територію особливо інформативною для застосування ГІС-технологій і дистанційного зондування Землі при дослідженні змін рослинного покриву, зокрема в контексті оцінки наслідків пожеж.

2 МЕТОДИКА ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ РОСЛИННОГО ПОКРИВУ ТЕРИТОРІЇ ДУНАЙСЬКОГО БІОСФЕРНОГО ЗАПОВІДНИКА

2.1 Онлайн-ресурси для проведення дистанційного моніторингу пожеж та рослинного покриву

Дистанційне зондування Землі є одним із найефективніших інструментів для моніторингу природних екосистем, оскільки дозволяє оперативно отримувати інформацію про зміни стану навколишнього середовища на значних територіях. Особливо актуальним використання супутникових даних є для дослідження наслідків пожеж, оцінювання ступеня пошкодження рослинності та аналізу процесів її відновлення. Для виконання даного дослідження використовувалися сучасні онлайн-ресурси EO Browser (Sentinel Hub), Copernicus Browser та Google Earth Engine, які забезпечують доступ до архівних і актуальних супутникових даних, а також інструментів їх візуалізації та аналізу.

Google Earth Engine [4] є веборієнтованою платформою, розробленою компанією Google у співпраці з програмою Copernicus та іншими. Сервіс надає можливість працювати з багаторічними архівами супутникових знімків без необхідності встановлення спеціалізованого програмного забезпечення. Платформа дозволяє виконувати візуальний аналіз територій, будувати часові ряди, застосовувати спектральні індекси та здійснювати порівняння стану природних об'єктів у різні періоди часу. Завдяки цим можливостям Google Earth Engine (рис. 2.1) широко використовується для екологічного моніторингу, оцінки наслідків природних катастроф та дослідження змін рослинного покриву.

Важливим джерелом даних є також Copernicus Browser [5], який забезпечує прямий доступ до супутникової інформації в межах європейської програми Copernicus (рис. 2.2). Ресурс дозволяє здійснювати пошук, перегляд

та завантаження супутникових знімків різних місій Sentinel, а також виконувати попередню обробку даних для подальшого аналізу.

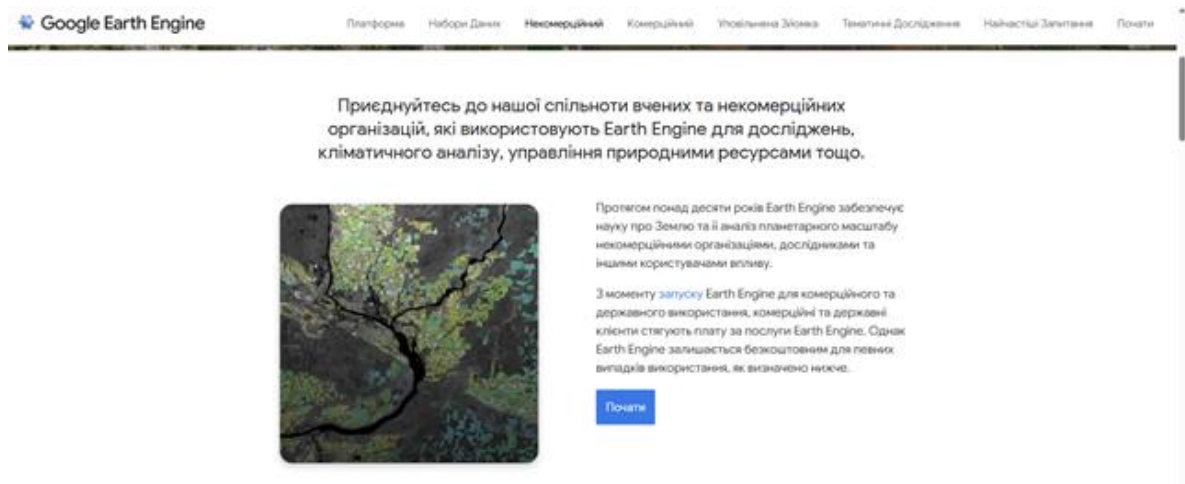


Рисунок 2.1 – Вікно Google Earth Engine

Для візуального контролю результатів та уточнення просторового положення досліджуваних ділянок було побудовано біотопічні зони в межах ДБЗ (рис. 2.3).



Рисунок 2.2 – Вікно Copernicus Browser

У межах програми Copernicus функціонує декілька супутникових місій, кожна з яких призначена для вирішення певних завдань моніторингу довкілля. Зокрема, супутники серії Sentinel-1 здійснюють радіолокаційне

спостереження земної поверхні та забезпечують отримання даних незалежно від погодних умов і часу доби. Sentinel-3 використовується для моніторингу океанів, атмосфери та поверхні суходолу середньої просторової роздільної здатності. Інші супутники серії Sentinel орієнтовані на дослідження атмосферних процесів, кліматичних змін та коливань рівня Світового океану.



Рисунок 2.3 – Біотопічні зони в межах ДБЗ

Основним джерелом даних для виконання даного дослідження стали матеріали супутника Sentinel-2. Його мультиспектральна камера забезпечує зйомку у видимому, ближньому інфрачервоному та короткохвильовому інфрачервоному діапазонах спектра з просторовою роздільною здатністю до 10 м. Такі характеристики роблять Sentinel-2 одним із найбільш ефективних інструментів для оцінки стану рослинного покриву, виявлення згаріщ та аналізу післяпожежних змін у природних екосистемах.

Для дослідження території Дунайського біосферного заповідника використовувалися атмосферно скориговані знімки рівня обробки Level-2A (L2A), які містять відбиття земної поверхні та придатні для кількісного аналізу спектральних характеристик рослинності. На основі цих даних проводився

розрахунок вегетаційних індексів, зокрема Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), а також індексів, призначених для виявлення та оцінки наслідків пожеж.

Застосування онлайн-ресурсів Google Earth Engine та Copernicus Browser дозволило оперативно отримати необхідні супутникові дані, виконати аналіз змін рослинного покриву до та після пожеж, а також сформувати картографічні матеріали, що відображають просторовий розподіл пошкоджених ділянок на території Дунайського біосферного заповідника. Це забезпечило можливість комплексного оцінювання впливу пожеж на природні екосистеми із використанням сучасних геоінформаційних технологій.

2.2 Дослідження впливу пожеж на рослинний покрив Дунайського біосферного заповідника

Дослідження впливу пожеж на рослинний покрив Дунайського біосферного заповідника виконувалося на основі аналізу супутникових даних місії Sentinel-2. Використання знімків рівня обробки Level-2A забезпечує атмосферну корекцію та дозволяє отримувати більш точні спектральні характеристики земної поверхні, що є важливим для оцінювання стану рослинності та виявлення територій, пошкоджених вогнем.

Для проведення аналізу використовувалися функціональні можливості платформи Google Earth Engine, які надають доступ до набору спеціалізованих інструментів дистанційного моніторингу. Застосування цих ресурсів дозволяє не лише здійснювати візуальний аналіз супутникових знімків, а й використовувати спектральні індекси для оцінювання змін екосистем під впливом пожеж.

Спочатку в Google Earth Engine необхідно зареєструватися. Реєстрація в Google Earth Engine складається зі створення облікового запису Google і прив'язки хмарного проєкту. Платформа безкоштовна для дослідників і

студентів, а також доступна для комерційного використання. Вікно програми після реєстрації показано на рисунку 2.4.

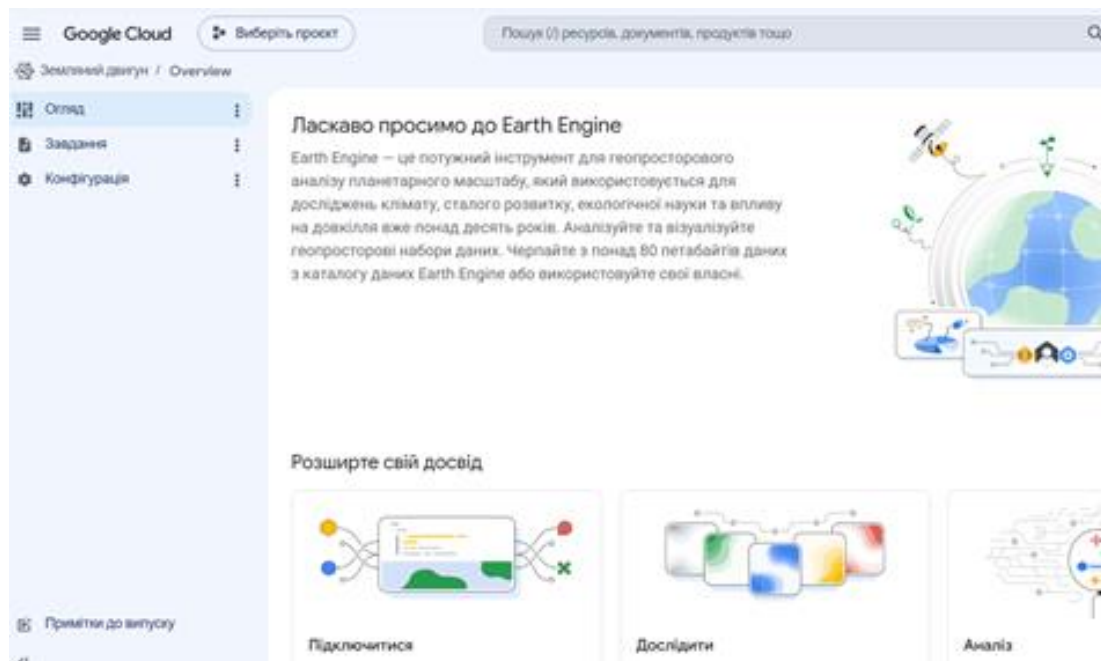


Рисунок 2.4 – Вікно Earth Engine після реєстрації

Далі розпишемо докладний алгоритм (за етапами) аналізу результатів пожежі в Google Earth Engine.

Аналіз пройдених вогнем територій (гарей) у Google Earth Engine (GEE) – це класичне та дуже ефективне завдання для ДЗЗ. В основі більшості алгоритмів лежить розрахунок спектрального індексу NBR (Normalized Burn Ratio) до та після пожежі, а також обчислення їх різниці - dNBR. Нижче наведено детальний покроковий алгоритм реалізації цього аналізу на мові JavaScript в GEE.

Першим етапом є визначення галузі та часу дослідження:

Насамперед, потрібно вказати системі, де і коли сталася пожежа.

Завдання геометрії (ROI). Малюємо полігон на карті (рис. 2.5) або імпортуємо шейп-файл (Asset) області, що нас цікавить.

Часові рамки. Нам знадобляться два періоди:

- Pre-fire. Знімок «до» (бажано за той самий сезон минулого року або безпосередньо перед пожежею, щоб рослинність була у схожій фазі);
- Post-fire. Знімок «після» (відразу після ліквідації пожежі або наступного сезону для оцінки відновлення).

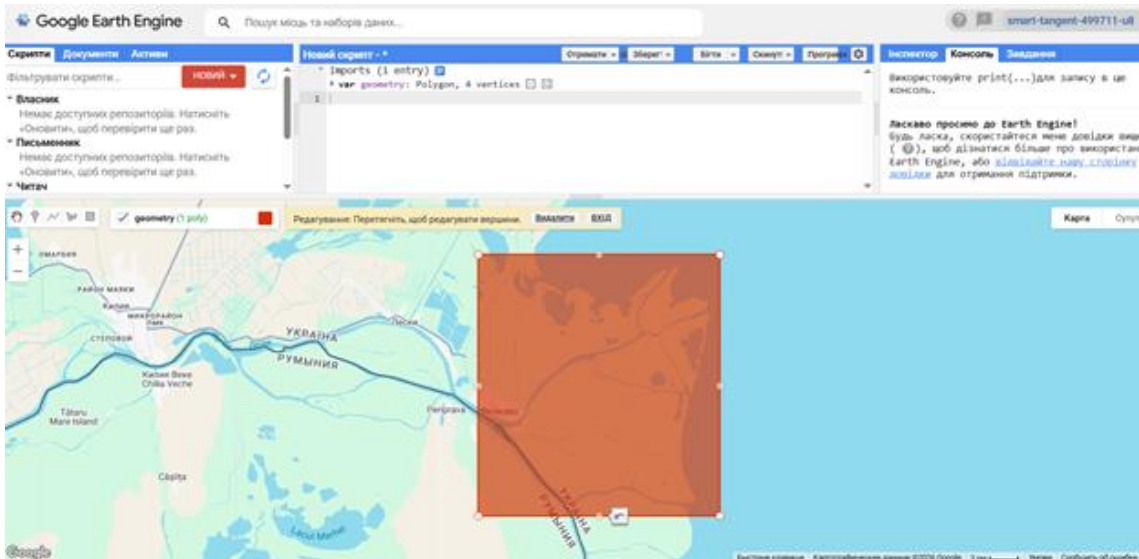


Рисунок 2.5 – Малюємо полігон на карті

Заходимо у редактор коду в Earth Engine (рис. 2.6).

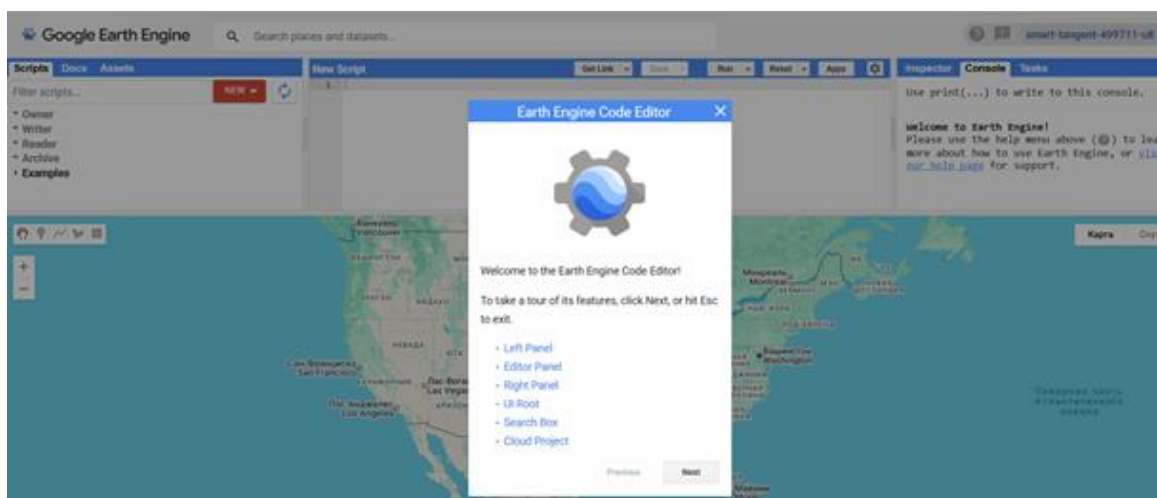


Рисунок 2.6 – Редактор коду в Earth Engine

Код:

```
var roi = /** @type {ee.Geometry} */ (geometry); // ДБЗ
```

```

var preFireStart = '2025-05-01';
var preFireEnd   = '2025-06-15';
var postFireStart = '2025-12-01';
var postFireEnd   = '2026-03-15'.

```

Етап 2. Вибір та фільтрація супутникових даних. Для аналізу пожеж ідеально підходять супутники Sentinel-2 або Landsat 8/9, тому що у них є необхідні канали: ближній інфрачервоний (NIR) та короткохвильовий інфрачервоний (SWIR). Візьмемо для прикладу Sentinel-2:

- завантажуюємо колекцію знімків;
- фільтруємо за координатами (filterBounds) та датами (filterDate);
- фільтруємо по хмарності (CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE), щоб виключити закриті хмарами кадри;
- створюємо композити (наприклад, медіа значення), щоб отримати одне чисте зображення для кожного періоду.

Отримали:

```

– function getCleanImage(startDate, endDate, roi) {;
–   return ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED');
–   .filterBounds (roi);
–   .filterDate(startDate, endDate);
–   .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 15)) // Менш
ніж 15% хмар;
–   .median() // Об'єднуємо в один знімок за медіаною;
–   .clip(roi);
– };
– var preImage = getCleanImage(preFireStart, preFireEnd, roi);
– var postImage = getCleanImage(postFireStart, postFireEnd, roi).

```

Етап 3. Розрахунок індексу NBR (Normalized Burn Ratio). Індекс NBR використовує канали NIR (чутливий до здорової рослинності) та SWIR (чутливий до сухого ґрунту та вугілля). Формула розрахунку:

$$NBR = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}, \quad (2.1)$$

де NIR – B8, SWIR-2 – B12 для Sentinel-2;

NIR – B5, SWIR-2 – B7 для Landsat 8/9.

Код:

```
– function calculateNBR(image) {;
– return image.normalizedDifference(['B8', 'B12']).rename('nbr');
– };
– var preNBR = calculateNBR(preImage);
– var postNBR = calculateNBR(postImage).
```

Етап 4. Обчислення різниці dNBR до пожежі та dNBR після пожежі.

Різниця індексів (dNBR) показує ступінь ушкодження рослинності:

$$dNBR = NBR_{\text{до пожежі}} - NBR_{\text{після пожежі}}. \quad (2.2)$$

Код:

```
– ar dNBR = preNBR.subtract(postNBR).rename('dnbr').
```

Етап 5. Класифікація ступеня ушкодження (Burn Severity). Згідно з класифікацією USGS (Геологічної служби США), значення dNBR (помножені на 1000 для зручності) поділяються на зони. Нам потрібно перекласти безперервну карту dNBR у дискретні класи.

Код:

```
– var dNBR_scaled = dNBR.multiply(1000);
– var severity = ee.Image(0);
– .where(dNBR_scaled.lt(-100), 1);
– .where(dNBR_scaled.gte(-100).and(dNBR_scaled.lt(100)), 2);
– .where(dNBR_scaled.gte(100).and(dNBR_scaled.lt(270)), 3);
– .where(dNBR_scaled.gte(270).and(dNBR_scaled.lt(440)), 4);
– .where(dNBR_scaled.gte(440).and(dNBR_scaled.lt(660)), 5);
```

- .where(dNBR_scaled.gte(660), 6);
- severity = severity.clip(roi).

Етап 6: Візуалізація результатів. Виводимо на карту вихідні знімки в штучних кольорах (SWIR2-NIR-Red), на них гарі видно яскраво-червоним або коричневим кольором, а також отриману карту класифікації.

Код:

- var sPal = ['#79ca6e', '#ffffff', '#aaef9e', '#ffff00', '#fa9856', '#b30000'];
- Map.centerObject(roi, 11);
- Map.addLayer(postImage, {bands: ['B12', 'B8', 'B4'], min: 0, max: 3000}, 'Post-Fire False Color');
- Map.addLayer(severity, {min: 1, max: 6, palette: sPal}, 'Burn Severity Map');

Етап 7: Статистика та підрахунок площі. Щоб аналіз мав практичну цінність, потрібно порахувати площу кожного класу ушкодження (наприклад, скільки гектарів згоріло повністю).

Код:

- var burnedMask = severity.gte(3);
- var areaImage = burnedMask.multiply(ee.Image.pixelArea());
- var stats = areaImage.reduceRegion({
- reducer: ee.Reducer.sum();
- geometry: roi;
- scale: 10;
- maxPixels: 1e9;
- });
- var burnedAreaHa = ee.Number(stats.get('constant')).divide(10000);
- print('Общая площадь пожара (га):', burnedAreaHa).

Етап 8: Експорт даних. Готову карту класифікації або маску гару можна експортувати до Google Drive для подальшої роботи в QGIS.

Етап 9: Збираємо код разом. Вставляємо у центральне (найбільше) текстове вікно редактора готовий скрипт (рис. 2.7).

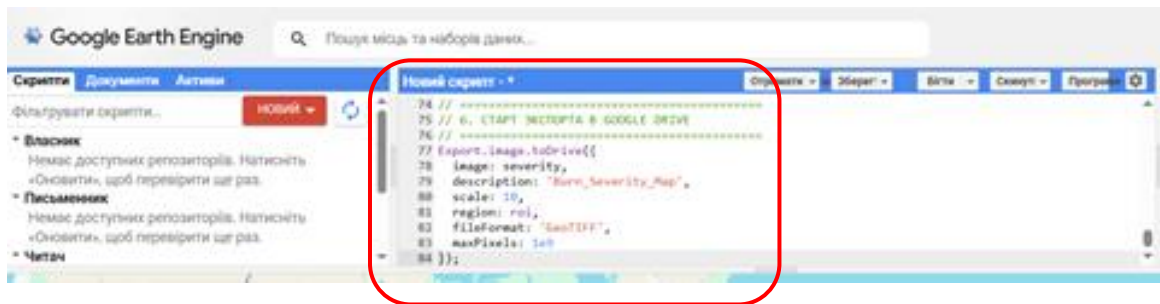


Рисунок 2.7 – Центральне текстове вікно редактора

Етап 10: Запуск та аналіз результатів. Натискаємо кнопку Run над вікном з кодом. У правій панелі у вкладці Console (Консоль) з'явиться обчислена площа пожежі в гектарах (рис. 2.8).

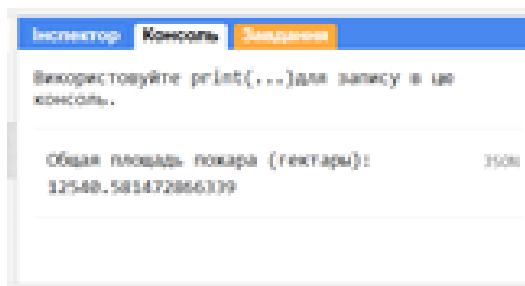


Рисунок 2.8 – Обчислена площа пожежі в гектарах дорівнює 12540 Га

На карті знизу з'являться шари. Можна регулювати їх прозорість або відключати у вкладці Layers (у правому верхньому куті карти), щоб порівняти супутниковий знімок і маску пожежі (рис. 2.9).

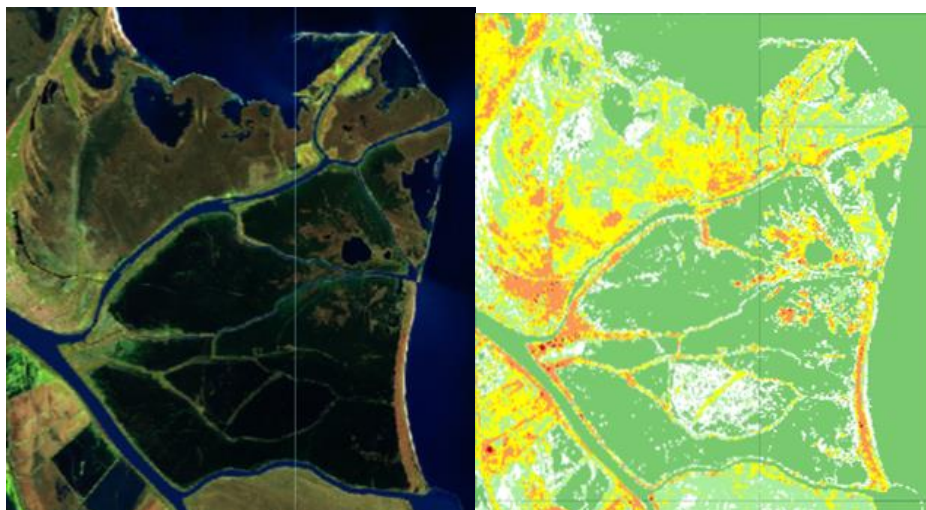


Рисунок 2.9 – Супутниковий знімок і маска пожежі

Етап 10: Для завантаження карти у QGIS у форматі GeoTIFF, переходимо у вкладку Tasks. Там з'явиться рядок Burn_Severity_Map. Натискаємо напроти неї кнопку Run, підтверджуємо параметри, і файл збережеться на наш Google Диск. Відкриваємо у QGIS.

Після експорту результатів аналізу растрові дані відображалися у відтінках сірого кольору (рис. 2.10), тому для коректної інтерпретації було необхідно налаштувати відповідну кольорову палітру для індексу dNBR.

Для того щоб налаштувати кольорову палітру для растру dNBR у QGIS і перетворити сіре зображення на інформативну кольорову карту, виконуємо такі кроки:

Крок 1. Відкриття властивостей шару. У лівій панелі QGIS (Шари / Layers) знаходимо наш завантажений растровий шар. Клікаємо на нього правою кнопкою миші та оберяємо Властивості... (Properties). Також можна просто двічі клацнути лівою кнопкою миші по назві шару.

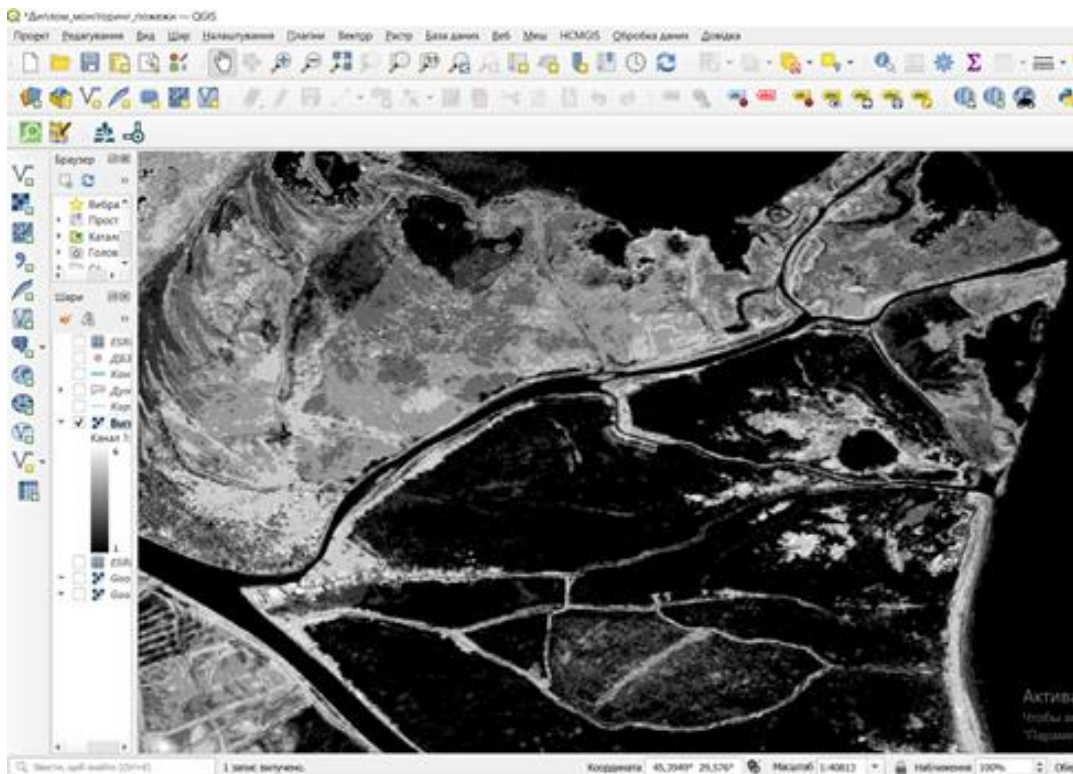


Рисунок 2.10 – Растрові дані у відтінках сірого кольору

Крок 2. Перехід до налаштувань символіки. У лівій колонці вікна властивостей, що відкрилося, обираємо вкладку Символіка (Symbology).

Зверху ми побачимо випадające меню Тип рендерингу (Render type). За замовчуванням там стоїть Одноканальне сіре (Singleband gray). Потрібно змінити його залежно від того, як ми рахували індекс. Обираємо тип рендерингу Палітра / Унікальні значення (Paletted / Unique values). Натискаємо кнопку Класифікувати (Classify) внизу вікна. QGIS автоматично знайде всі унікальні цифри-класи (1, 2, 3 тощо). Двічі клацаємо на кольоровий квадрат навпроти кожного значення, щоб задати йому логічний колір відповідно до класифікації USGS (рис. 2.11):

- 1 (Регенерація) – Темно-зелений;
- 2 (Не постраждало) – Світло-зелений або прозорий;
- 3 (Низька аномалія / Низька степінь) – Жовтий;
- 4 (Помірно-низька) – Світло-помаранчевий;
- 5 (Помірно-висока) – Помаранчевий;
- 6 (Висока ступінь пошкодження) – Яскраво-червоний.

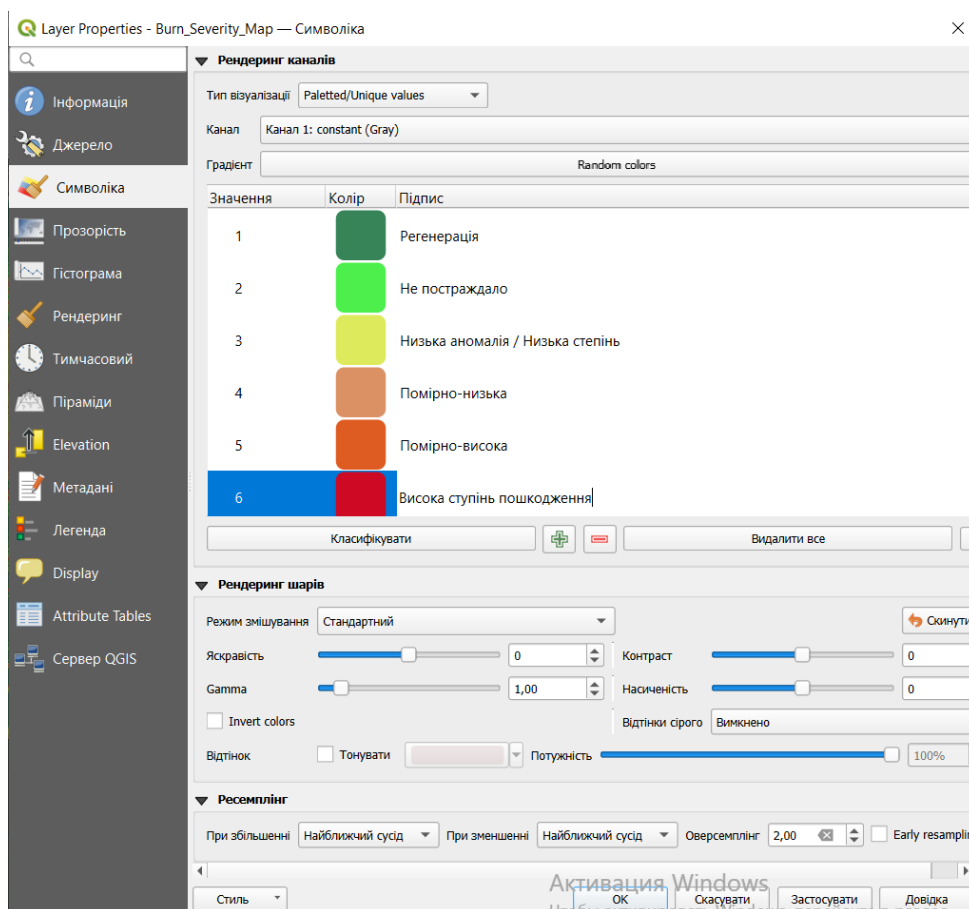


Рисунок 2.11 – Вкладка Символіка (Symbology) у QGIS

Після застосування градації кольорів стало можливим наочно оцінити просторовий розподіл ступеня пошкодження рослинного покриву внаслідок пожежі (рис. 2.12).

На візуалізованому шарі dNBR у середовищі QGIS чітко виділяються ділянки з різним рівнем термічного впливу. Центральна частина досліджуваної території характеризується переважанням червоних відтінків, що свідчить про значний ступінь вигорання рослинності та суттєві зміни стану екосистеми. Навколишні території представлені переважно жовтими та світло-зеленими кольорами, які відповідають зонам помірному пошкодження або часткового відновлення рослинного покриву. На периферійних ділянках переважають темно-зелені відтінки, що вказують на відсутність значного впливу пожежі та збереження природного стану рослинності. Отримана картографічна візуалізація підтверджує локалізований характер поширення пожежі та коректність відображення результатів у ГІС-середовищі.

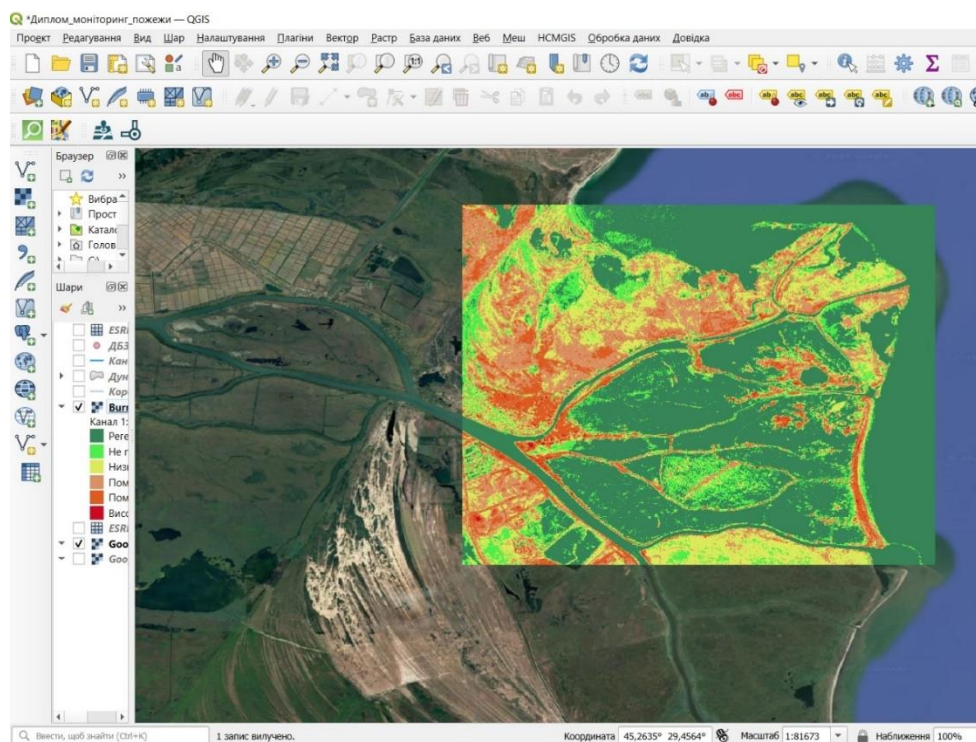


Рисунок 2.12 – Просторовий розподіл ступеня пошкодження рослинного покриву внаслідок пожежі

Можна побачити ділянки, що зазнали термічного впливу.

Використання платформи Google Earth Engine забезпечує оперативне отримання та візуалізацію результатів аналізу наслідків пожеж завдяки стандартизованим алгоритмам обробки супутникових даних, налаштованим палітрам відображення та високій точності класифікації пошкоджених територій. Водночас імпорт отриманих матеріалів до QGIS значно розширює можливості подальшого просторового аналізу, дозволяючи інтегрувати результати з іншими геопросторовими даними, створювати тематичні карти, виконувати додаткові розрахунки та готувати картографічні матеріали для наукових досліджень і звітної документації.

Для забезпечення однакової інтерпретації результатів у різних програмних середовищах важливо використовувати ідентичні параметри класифікації та кольорового оформлення шару dNBR як у Google Earth Engine, так і в QGIS. Дотримання цього підходу дозволяє уникнути помилок при візуальному аналізі даних, забезпечує порівнюваність результатів і підвищує достовірність оцінювання наслідків пожеж для рослинного покриву території дослідження.

На рисунку 2.13 показані додаткові векторні та растрові шари у QGIS, які було завантажено з відкритих джерел для додаткового аналізу.

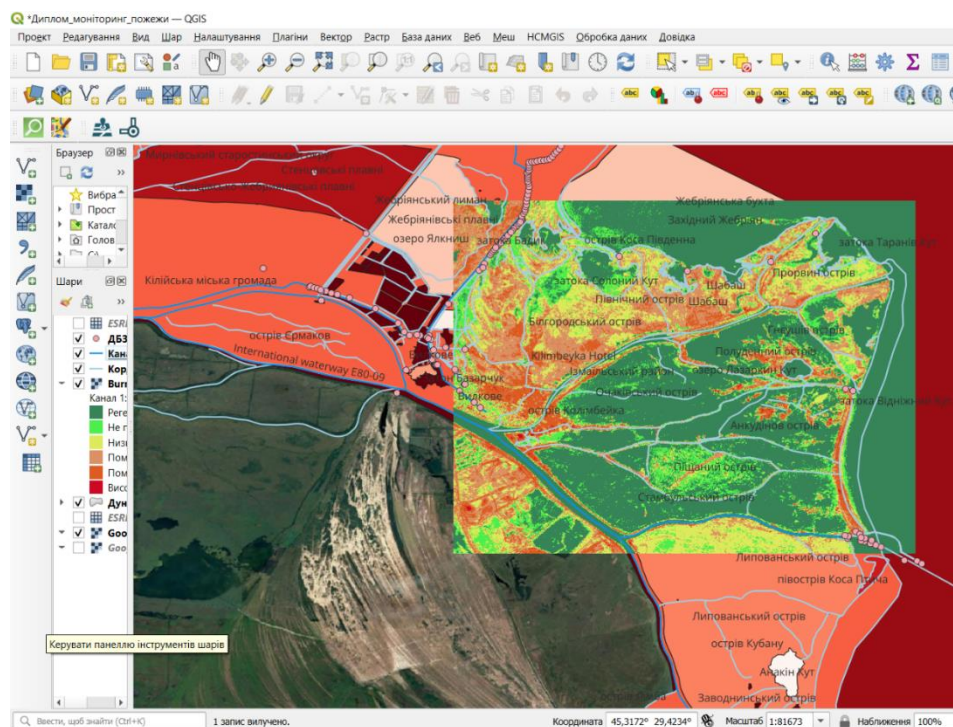


Рисунок 2.13 – Додаткові векторні та растрові шари у QGIS

Макет карти пошкодження рослинного покриву внаслідок пожежі наведено в Додатку А.

2.3 Аналіз супутникових даних: обробка та інтерпретація

Аналіз супутникових знімків Sentinel-2 L2A, отриманих у межах дистанційного зондування Землі, дозволяє ефективно оцінювати вплив пожеж на рослинний покрив території Дунайського біосферного заповідника, визначати просторові межі пошкоджених ділянок та досліджувати процеси їх подальшого відновлення. Використання багатоспектральних даних забезпечує можливість отримання об'єктивної інформації про зміни екосистем на значних територіях та проведення моніторингу в різні часові періоди.

Особливу цінність супутникові дані мають для територій водно-болотних угідь, де традиційні польові дослідження часто ускладнюються через обмежену доступність окремих ділянок. Завдяки використанню знімків Sentinel-2 стає можливим своєчасне виявлення осередків пожеж, оцінка масштабів пошкодження рослинності та аналіз змін природних комплексів безпосередньо після виникнення надзвичайних ситуацій.

На першому етапі обробки супутникових даних здійснювалося виявлення територій, пошкоджених пожежами, із використанням інструменту Burned Area Detection та індексу NBR. Отримані результати дозволили визначити межі згарищ і встановити ступінь впливу вогню на різні типи рослинних угруповань. Найбільш інтенсивні зміни спектральних характеристик спостерігаються на ділянках очеретяника, які займають значну частину території Дунайського біосферного заповідника та характеризуються високою горючістю в посушливі періоди року (рис. 2.14-2.15).

Подальший аналіз був спрямований на оцінювання стану рослинного покриву до та після пожеж. Для цього використовувалися вегетаційні індекси NDVI та SAVI, які дозволяють кількісно оцінювати ступінь розвитку

рослинності та її зміни внаслідок термічного впливу. Порівняння значень індексів на різних часових зрізах дає можливість визначати як масштаби пошкодження рослинності, так і швидкість її природного відновлення.

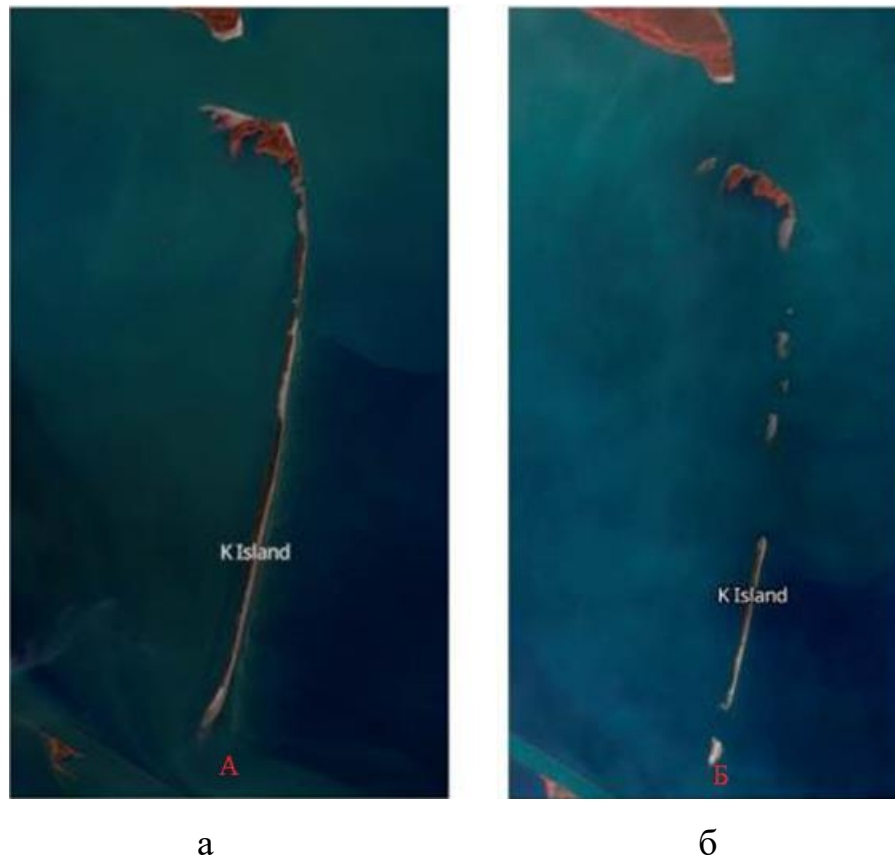


Рисунок 2.14 – Динаміка змін коси Нова Земля:
а) січень 2025 р.; б) травень 2025 р.

Для візуалізації результатів використовувалися багатоспектральні композиції Sentinel-2, зокрема комбінація каналів 8-4-3 (False Color), яка забезпечує чітке відображення рослинного покриву. На таких зображеннях здорова рослинність відображається яскраво-червоними відтінками, тоді як вигорілі або деградовані ділянки мають темніші кольори та характеризуються значно нижчими значеннями вегетаційних індексів.

Порівняння супутникових знімків, отриманих до та після пожеж, дозволяє встановити характер просторового поширення пошкоджень. У більшості випадків найбільших змін зазнають очеретяні та лучно-болотні угруповання, які формують основний рослинний покрив заповідника. Після

проходження пожежі на таких територіях спостерігається різке зниження значень NDVI та NBR, що свідчить про значну втрату біомаси та порушення структури рослинного покриву.



Рисунок 2.15 – Динаміка змін коси Нова Земля:

а) січень 2025 р.; б) травень 2025 р.

Водночас аналіз часових рядів супутникових даних дає можливість відстежувати процеси післяпожежного відновлення. Поступове збільшення значень NDVI на пошкоджених ділянках свідчить про відновлення рослинності та формування нових фітоценозів. Особливо інтенсивні процеси регенерації можуть спостерігатися в очеретяних угрупованнях, які характеризуються високою здатністю до природного поновлення після пожеж.

Систематичний аналіз супутникових даних також дозволяє відокремлювати наслідки пожеж від інших факторів, що впливають на стан екосистем заповідника. До таких факторів належать сезонні коливання рівня води в дельті Дунаю, паводкові процеси, посушливі періоди, зміни гідрологічного режиму та інші природні явища. Це забезпечує більш об'єктивну інтерпретацію результатів та підвищує достовірність оцінки впливу пожеж на рослинний покрив.

Таким чином, використання супутникових даних Sentinel-2 та сучасних інструментів геоінформаційного аналізу створює надійну основу для моніторингу пожеж, оцінювання їх наслідків і дослідження процесів відновлення рослинності на території Дунайського біосферного заповідника. Отримані результати можуть бути використані для підтримки природоохоронних заходів, планування екологічного моніторингу та вдосконалення системи управління територіями природно-заповідного фонду.

2.4 Висновки до розділу

У другому розділі розглянуто методичні основи дистанційного моніторингу пожеж та оцінювання їх впливу на рослинний покрив Дунайського біосферного заповідника із використанням сучасних ГІС-технологій та даних дистанційного зондування Землі.

Встановлено, що найбільш ефективними інструментами для оперативного аналізу природних процесів є онлайн-платформи EO Browser, Copernicus Browser та Google Earth, які забезпечують доступ до багаточасових супутникових даних і дозволяють виконувати як візуальний, так і аналітичний моніторинг території. Використання даних супутника Sentinel-2 L2A забезпечує високу просторову деталізацію та придатність знімків для кількісного аналізу стану рослинності.

Показано, що комплексне застосування спектральних індексів, зокрема Burned Area Detection та Normalized Burn Ratio (NBR), дає змогу ефективно

виявляти та оцінювати території, пошкоджені пожежами, а також визначати ступінь їх інтенсивності. У свою чергу, вегетаційні індекси NDVI та SAVI дозволяють здійснювати кількісну оцінку стану рослинного покриву та відстежувати процеси його відновлення після пожеж.

У ході дослідження встановлено, що використання комбінованого підходу, який включає аналіз багатоспектральних супутникових знімків, спектральних індексів та часових рядів даних, забезпечує найбільш повну та об'єктивну оцінку змін рослинного покриву. Особливо важливим є врахування сезонності вегетації, що дозволяє підвищити точність інтерпретації результатів.

Окремо відзначено, що застосування дистанційного зондування Землі дозволяє ефективно відокремлювати наслідки пожеж від інших природних факторів, таких як коливання рівня води, паводкові процеси та сезонні кліматичні зміни, що є критично важливим для коректного аналізу екосистем дельти Дунаю.

Таким чином, методика, представлена у розділі, формує надійну основу для подальшого геоінформаційного аналізу впливу пожеж на рослинний покрив Дунайського біосферного заповідника та може бути використана для екологічного моніторингу і природоохоронного управління територією.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ СТАНУ РОСЛИННОГО ПОКРИВУ ДУНАЙСЬКОГО БІОСФЕРНОГО ЗАПОВІДНИКА

3.1 Дослідження стану рослинного покриву

Територія Дунайський біосферний заповідник характеризується високою ландшафтною та біотичною різноманітністю, що зумовлено складною структурою дельтової системи Дунаю та постійною динамікою водного режиму. У межах заповідника поєднуються водно-болотні, лучні, прибережно-водні та заплавно-лісові угруповання, які формують мозаїчний рослинний покрив із високою екологічною цінністю.

Особливістю рослинності є наявність рідкісних та зникаючих видів, занесених до Червоної книги України, які приурочені до специфічних мікрооселищ дельти. Водночас ці екосистеми є чутливими до зовнішніх впливів, зокрема пожеж, які в посушливі періоди можуть охоплювати значні площі очеретяних та лучних угруповань.

У межах дослідження встановлено, що пожежі є одним із ключових факторів трансформації рослинного покриву заповідника. З 2023 року на окремих ділянках території було зафіксовано низку пожеж різного масштабу, які призвели до локального знищення рослинності та порушення структури природних фітоценозів. Просторовий аналіз дозволив виділити зони найбільш інтенсивного ураження та оцінити їх вплив на навколишні екосистеми.

Для детального аналізу наслідків пожеж було використано супутникові дані Sentinel-2 L2A та індекси Burned Area Detection і Normalized Burn Ratio (NBR), що дозволило ідентифікувати межі згарищ і визначити ступінь термічного впливу. Отримані результати показали, що найбільших змін зазнають очеретяні масиви та прибережно-болотні угруповання, які є найбільш вразливими до дії високих температур у посушливий період (рис. 3.1-3.3).



Рисунок 3.1 – Ландшафтна структура коси Нова земля, за даними аналізу фотознімків Sentinel-2 L2A

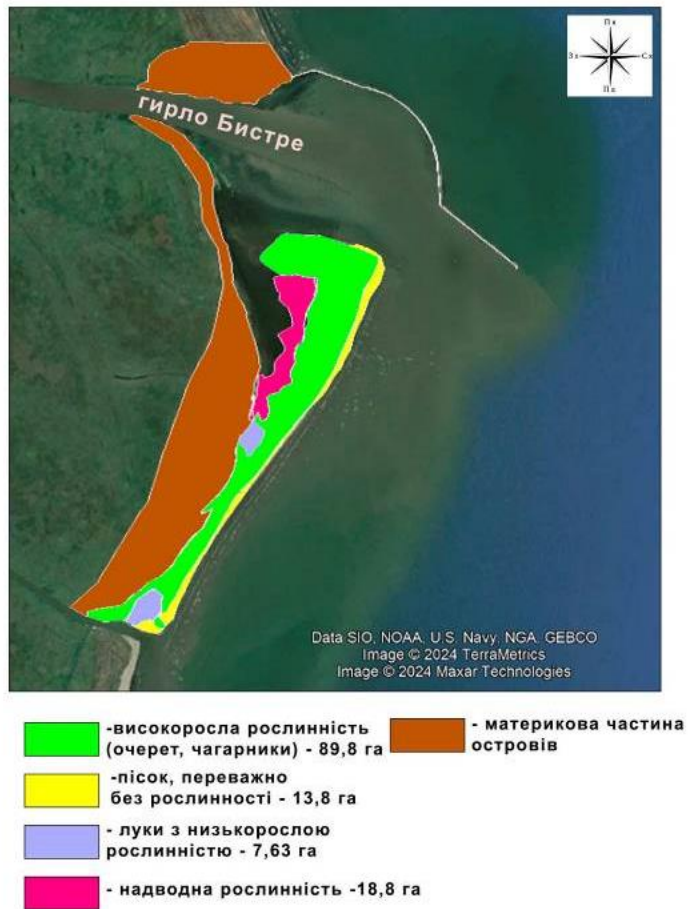


Рисунок 3.2 – Ландшафтна структура коси Пташина, за даними аналізу фотознімків Sentinel-2 L2A

З метою оцінювання змін рослинного покриву було проаналізовано вегетаційні індекси NDVI та SAVI за кілька часових періодів, що охоплюють стан екосистем до пожеж, під час їх виникнення та після проходження вогню. Такий підхід дозволив простежити як ступінь деградації рослинності, так і подальшу динаміку її відновлення.

Результати аналізу свідчать, що після пожеж спостерігається різке зниження значень NDVI та SAVI, що вказує на суттєве зменшення біомаси та порушення структури рослинного покриву. Найнижчі значення індексів відповідають безпосередньо періоду після проходження вогню, коли значні площі території втрачають рослинність або перебувають у стані сильного пошкодження.

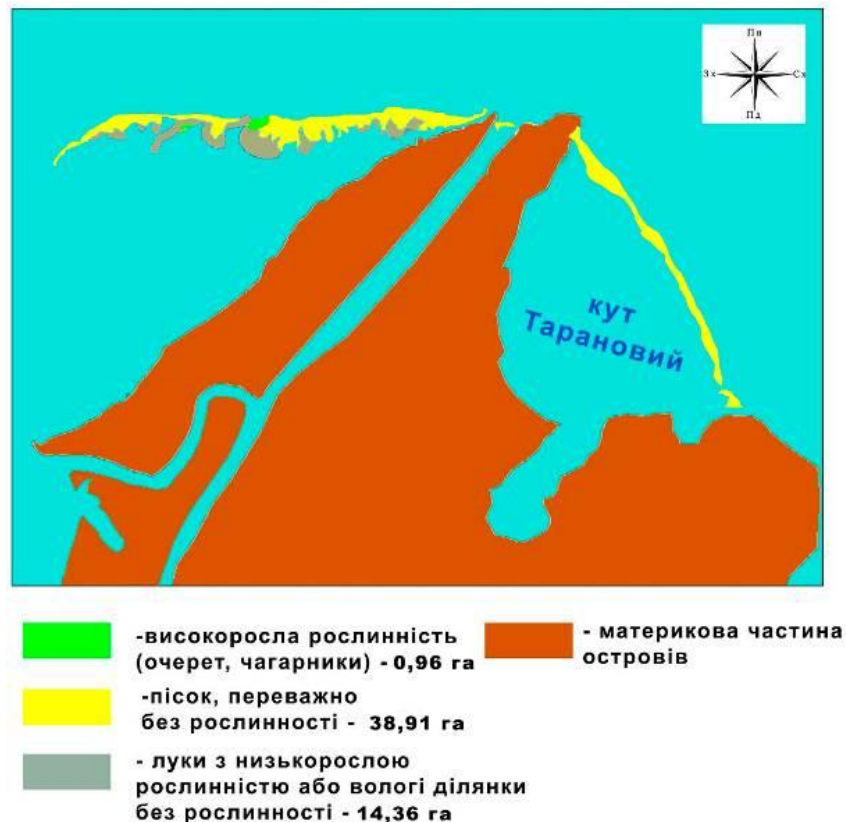


Рисунок 3.3 – Ландшафтна структура коси Таранової, за даними аналізу фотознімків Sentinel-2 L2A

У подальшому, за умови сприятливих гідрокліматичних умов, фіксується поступове відновлення рослинності, що відображається у зростанні

значень NDVI. Однак повного відновлення до довоєнного рівня у межах досліджуваних періодів не спостерігається, що свідчить про довготривалий характер впливу пожеж на екосистеми заповідника.

Таким чином, результати дистанційного моніторингу підтверджують, що пожежі є суттєвим фактором трансформації рослинного покриву Дунайського біосферного заповідника. Використання супутникових даних Sentinel-2 та спектральних індексів забезпечує можливість ефективного виявлення пошкоджених територій, оцінювання масштабів впливу та аналізу процесів відновлення природних екосистем.

3.2 Можливі ризики зникнення рідкісних видів рослин у межах Дунайського біосферного заповідника

Аналіз просторового розподілу територій, що зазнали впливу пожеж, є важливою складовою оцінювання екологічних ризиків, пов'язаних із збереженням рідкісних видів рослин у межах Дунайський біосферний заповідник. Пожежі у дельтових та прибережно-болотних екосистемах можуть призводити до різких змін структури рослинного покриву, фрагментації біотопів та втрати ключових оселищ для видів із вузькою екологічною амплітудою.

У межах дельти Дунаю зосереджена значна частина біорізноманіття регіону, включаючи численні види судинних рослин, занесених до Червоної книги України. Вони приурочені до специфічних умов існування — очеретяних масивів, вологих луків, солонцюватих понижень та прибережних ділянок із нестабільним гідрологічним режимом. Саме ці екосистеми є найбільш чутливими до пожеж, особливо у посушливі періоди року, коли вогонь швидко поширюється по надземній фітомасі.

Проведений просторовий аналіз накладання ареалів рідкісних видів на зони пожеж дозволив виявити потенційні ділянки ризику. У таких місцях спостерігається перетин осередків поширення рідкісної флори з територіями

термічного ураження, що створює безпосередню загрозу для локальних популяцій. Найбільш вразливими виявляються види, пов'язані з прибережно-болотними та лучними комплексами, зокрема представники родів *Cladium*, *Chrysopogon*, *Stipa*, *Anacamptis* та інших характерних елементів дельтової флори.

Окрему увагу слід приділити тому, що для частини цих видів характерна низька здатність до швидкого відновлення після пожеж. Це пов'язано як із біологічними особливостями (повільне відновлення кореневищ, обмежене насіннєве розмноження), так і зі специфікою середовища існування, яке після пожежі може зазнавати змін у вологості, структурі ґрунту та мікрорельєфі.

Крім окремих видів, суттєвому ризику піддаються й раритетні рослинні угруповання, включені до Зеленої книги України. Такі фітоценози мають високу природоохоронну цінність і формуються в умовах тривалої екологічної стабільності. До найбільш уразливих належать угруповання вологих луків та солонцюватих понижень, а також очеретяні формації, які займають значні площі в межах заповідника.

Просторове накладання цих угруповань на зони пожеж показує, що значна їх частина потенційно потрапляє в межі впливу вогню. Це означає не лише втрату окремих фітоценозів на локальному рівні, але й ризик порушення цілісності екосистем у ширшому масштабі. Повторні пожежі в одних і тих самих районах можуть призводити до кумулятивного ефекту деградації: виснаження ґрунтів, зниження відновлювальної здатності рослинності та поступової трансформації біотопів.

Важливим фактором ризику є також зміна гідрологічного режиму після пожеж, оскільки зменшення рослинного покриву впливає на випаровування, затримання вологи та стійкість ґрунтового шару. У результаті створюються умови, за яких відновлення первинних рослинних угруповань відбувається повільно або частково змінюється їх видовий склад.

Отже, результати просторового аналізу свідчать, що пожежі є одним із ключових чинників загрози для рідкісних видів рослин і раритетних

фітоценозів дельти Дунаю. Найбільш критичними є сценарії повторного або масштабного вигорання одних і тих самих територій, що значно підвищує ризик локального зникнення окремих популяцій. Це підкреслює необхідність постійного ГІС-моніторингу, картографування зон ризику та розробки превентивних природоохоронних заходів для збереження біорізноманіття заповідника.

3.3 Висновки до розділу

У третьому розділі виконано аналіз результатів дистанційного моніторингу рослинного покриву Дунайського біосферного заповідника із застосуванням даних супутникового зондування Sentinel-2 та сучасних геоінформаційних технологій. Проведені дослідження дозволили оцінити наслідки пожеж для природних екосистем заповідника, визначити масштаби пошкодження рослинності та проаналізувати особливості її подальшого відновлення.

На основі використання спеціалізованих спектральних індексів Burned Area Detection і Normalized Burn Ratio (NBR) було ідентифіковано території, що зазнали впливу пожеж, а також визначено ступінь пошкодження рослинного покриву. Встановлено, що найбільш уразливими до впливу вогню є очеретяні та лучно-болотні угруповання, які займають значну частину території дельти Дунаю.

Аналіз динаміки вегетаційних індексів NDVI та SAVI показав суттєве зниження показників після проходження пожеж, що свідчить про втрату біомаси та порушення структури рослинного покриву. Водночас результати багаточасового моніторингу підтвердили наявність процесів природного відновлення рослинності, які проявляються поступовим зростанням значень вегетаційних індексів у післяпожежний період. Проте темпи відновлення є нерівномірними та залежать від особливостей рослинних угруповань, гідрологічного режиму та кліматичних умов.

Проведений просторовий аналіз дозволив оцінити потенційні ризики для рідкісних видів рослин та раритетних рослинних угруповань. Встановлено, що окремі ділянки поширення видів, занесених до Червоної книги України, а також угруповання, включені до Зеленої книги України, частково збігаються із зонами пожежного впливу. Це створює додаткові загрози для збереження біорізноманіття заповідника та може негативно впливати на стабільність окремих природних комплексів.

Особливу небезпеку становлять повторні пожежі на одних і тих самих територіях, оскільки вони сприяють деградації ґрунтового покриву, порушенню природних процесів відновлення рослинності та зниженню стійкості екосистем до зовнішніх впливів. За несприятливих умов такі процеси можуть призвести до суттєвої трансформації природних біотопів та скорочення площ поширення окремих рідкісних видів рослин.

Отримані результати підтверджують високу ефективність використання супутникових даних Sentinel-2 та ГІС-технологій для моніторингу наслідків пожеж на територіях природно-заповідного фонду. Запропонований підхід дозволяє оперативно виявляти зміни рослинного покриву, оцінювати масштаби екологічних порушень та формувати інформаційну основу для прийняття природоохоронних рішень щодо збереження унікальних екосистем Дунайського біосферного заповідника.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Охорона праці – це система заходів для збереження життя, здоров'я і працездатності працівників. Вона включає правові, соціальні, організаційні та санітарно-гігієнічні правила. Її головна мета – звести до мінімуму ризику травм та професійних захворювань, а також забезпечити безпечні умови [6].

4.1 Аналіз умов праці під час виконання геоінформаційних досліджень

Виконання досліджень, пов'язаних із аналізом впливу пожеж на рослинний покрив Дунайського біосферного заповідника засобами ГІС, здійснюється переважно в камеральних умовах із використанням персонального комп'ютера, спеціалізованого програмного забезпечення для обробки просторових даних та мережевих ресурсів дистанційного зондування Землі.

Робоче місце дослідника належить до категорії робіт, пов'язаних із розумовою працею та високим рівнем зорового навантаження. Основними технічними засобами є персональний комп'ютер, монітор, клавіатура, комп'ютерна миша та периферійні пристрої.

Під час виконання геоінформаційного аналізу працівник протягом тривалого часу працює з електронними картами, супутниковими знімками та базами геопросторових даних. Основними шкідливими виробничими факторами є статичне навантаження на опорно-руховий апарат, напруження органів зору, нервово-емоційне навантаження та вплив електромагнітного випромінювання від комп'ютерної техніки.

Для забезпечення безпечних умов праці робоче місце повинно відповідати вимогам чинних нормативних документів щодо організації робіт з використанням персональних електронно-обчислювальних машин. Особлива увага приділяється ергономічному розташуванню обладнання,

дотриманню режиму праці та відпочинку, а також підтриманню нормативних параметрів виробничого середовища.

4.2 Санітарно-гігієнічні умови праці в приміщенні

Під час виконання геоінформаційного аналізу впливу пожеж на рослинний покрив Дунайського біосферного заповідника основна частина робіт здійснюється в приміщенні з використанням персонального комп'ютера. Тому важливе значення мають санітарно-гігієнічні умови праці, які безпосередньо впливають на працездатність, стан здоров'я та ефективність роботи дослідника.

До основних факторів виробничого середовища належать параметри мікроклімату, освітлення, рівень шуму, вібрації та якість повітряного середовища. Для забезпечення комфортних умов праці необхідно підтримувати нормативні значення цих показників відповідно до вимог чинного законодавства України.

Робота з геоінформаційними системами належить до категорії легких робіт (категорія Ia), оскільки виконується у сидячому положенні та не потребує значних фізичних навантажень. Для такої категорії робіт оптимальні параметри мікроклімату наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Оптимальні параметри мікроклімату для робіт категорії Ia

| Період року | Температура повітря, °С | Відносна вологість, % | Швидкість руху повітря, м/с |
|-------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| Холодний | 22–24 | 40–60 | не більше 0,1 |
| Теплий | 23–25 | 40–60 | не більше 0,2 |

Підтримання зазначених параметрів забезпечується системами опалення, вентиляції та кондиціонування повітря. Недотримання нормативних значень може призводити до швидкої втоми, зниження концентрації уваги та погіршення самопочуття працівника.

Важливим фактором є якість освітлення робочого місця. Під час роботи з електронними картами, супутниковими знімками та геоінформаційними даними значне навантаження припадає на органи зору. Для приміщень, у яких здійснюється робота за комп'ютером, рекомендується поєднання природного та штучного освітлення.

Природне освітлення забезпечується через бічні світлові прорізи. Для штучного освітлення доцільно використовувати світлодіодні світильники з рівномірним розподілом світлового потоку. Відповідно до нормативних вимог освітленість робочої поверхні під час роботи з комп'ютером повинна становити не менше 300–500 лк.

Для запобігання появі відблисків екран монітора необхідно розташовувати перпендикулярно до віконних прорізів. Відстань від очей користувача до екрана монітора повинна становити 60–70 см, а верхня межа екрана має розташовуватися на рівні очей або трохи нижче.

Під час роботи комп'ютерної техніки також утворюється шум, джерелами якого є вентилятори системного блоку, блоки живлення, кондиціонери та інше обладнання. Для приміщень із персональними комп'ютерами допустимий рівень шуму не повинен перевищувати 50 дБА. Зниження шумового навантаження досягається використанням сучасного обладнання з низьким рівнем шуму та застосуванням оздоблювальних матеріалів із звукопоглинальними властивостями.

З метою профілактики професійної втоми під час роботи за комп'ютером необхідно дотримуватися регламентованих перерв. Рекомендується після кожних 60 хвилин безперервної роботи робити перерву тривалістю 5–10 хвилин для відпочинку очей та зміни положення тіла. Також доцільно виконувати вправи для очей та опорно-рухового апарату.

Таким чином, забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних умов праці під час виконання геоінформаційних досліджень сприяє збереженню здоров'я працівника, підвищенню продуктивності праці та зменшенню ризику виникнення професійних захворювань.

4.3 Електробезпека під час роботи з комп'ютерною технікою

Під час виконання досліджень, пов'язаних з аналізом впливу пожеж на рослинний покрив Дунайського біосферного заповідника засобами ГІС, використовується персональний комп'ютер, мережеве обладнання, периферійні пристрої та інші технічні засоби, які живляться від електричної мережі змінного струму напругою 220 В. Тому одним із важливих аспектів організації безпечних умов праці є забезпечення належного рівня електробезпеки.

Електричний струм є потенційно небезпечним виробничим фактором, дія якого може призвести до електротравм, опіків, порушення функціонування серцево-судинної та нервової систем людини. Ступінь ураження залежить від сили струму, тривалості його дії, шляху проходження через організм людини та індивідуальних особливостей організму.

Приміщення, у якому виконується робота з комп'ютерною технікою, за ступенем небезпеки ураження електричним струмом належить до приміщень без підвищеної небезпеки, оскільки характеризується нормальною температурою повітря, відсутністю струмопровідного пилу, агресивного середовища та надмірної вологості.

Основними причинами виникнення небезпечних ситуацій під час експлуатації електрообладнання можуть бути:

- пошкодження ізоляції електричних проводів;
- використання несправного обладнання;
- порушення правил експлуатації електроприладів;
- перевантаження електромережі;
- відсутність або несправність захисного заземлення;
- механічне пошкодження кабелів та розеток.

Для забезпечення електробезпеки робоче місце повинно відповідати таким вимогам:

- усі електроприлади повинні мати справну ізоляцію;

- обладнання повинно підключатися через справні розетки із заземлювальним контактом;
- електрична мережа має бути обладнана автоматичними вимикачами та пристроями захисного відключення;
- забороняється експлуатація обладнання з видимими пошкодженнями кабелів або корпусів;
- проведення ремонтних робіт допускається лише після повного відключення обладнання від електромережі.

Особливу увагу необхідно приділяти організації кабельних комунікацій. Кабелі живлення повинні бути розташовані таким чином, щоб виключити можливість їх пошкодження або створення небезпеки спотикання для працівника. Не допускається прокладання проводів поблизу нагрівальних приладів або джерел підвищеної вологості.

У разі виявлення несправності електрообладнання працівник повинен негайно припинити роботу, відключити обладнання від мережі та повідомити відповідальну особу. Забороняється самостійно виконувати ремонт електрообладнання без відповідної кваліфікації.

У випадку ураження людини електричним струмом необхідно першочергово припинити дію струму шляхом відключення живлення або відокремлення потерпілого від струмопровідних частин із використанням діелектричних засобів захисту. Після цього слід викликати швидку медичну допомогу та за необхідності надати домедичну допомогу, зокрема провести серцево-легеневу реанімацію.

Дотримання вимог електробезпеки під час роботи з комп'ютерною технікою дозволяє мінімізувати ризик виникнення аварійних ситуацій, запобігти травмуванню працівників та забезпечити безпечне виконання геоінформаційних досліджень.

Електробезпека під час роботи з комп'ютерною технікою передбачає використання виключно справних приладів, надійного заземлення та якісних мережевих фільтрів. Категорично забороняється торкатися оголених дротів,

експлуатувати пошкоджені кабелі та працювати вологими руками, щоб уникнути ураження струмом [7].

4.4 Пожежна безпека в приміщенні

Під час виконання робіт із використанням комп'ютерної техніки існує ймовірність виникнення пожеж, пов'язаних із несправністю електрообладнання, коротким замиканням електромережі, перевантаженням електричних ліній або порушенням правил експлуатації електроприладів. Тому забезпечення пожежної безпеки є важливою складовою організації безпечних умов праці.

За вибухопожежною та пожежною небезпекою приміщення, у якому здійснюються геоінформаційні дослідження, належить до категорії В (пожежонебезпечна категорія), оскільки в ньому знаходяться тверді горючі матеріали: меблі, папір, полімерні матеріали, ізоляція кабелів та елементи комп'ютерної техніки.

Основними причинами виникнення пожеж можуть бути:

- коротке замикання електропроводки;
- несправність електрообладнання;
- використання пошкоджених подовжувачів і розеток;
- перевантаження електромережі;
- недотримання правил експлуатації електроприладів;
- необережне поводження з відкритим вогнем.

Для попередження виникнення пожеж необхідно виконувати такі заходи:

- проводити регулярний огляд електромережі та обладнання;
- не допускати перевантаження електричних мереж;
- використовувати лише справні електроприлади;
- підтримувати вільний доступ до евакуаційних виходів;
- не захаращувати проходи та робочі місця сторонніми предметами;

– дотримуватися правил пожежної безпеки під час експлуатації обладнання.

Приміщення повинно бути обладнане первинними засобами пожежогасіння. Для гасіння загорянь електрообладнання найбільш доцільно використовувати вуглекислотні або порошкові вогнегасники, які не пошкоджують електронну техніку та можуть застосовуватися для гасіння електроустановок, що перебувають під напругою.

У разі виникнення пожежі необхідно:

- негайно повідомити пожежно-рятувальну службу за номером 101;
- відключити електроживлення приміщення;
- розпочати гасіння пожежі первинними засобами пожежогасіння за умови відсутності загрози життю;
- організувати евакуацію людей із небезпечної зони;
- зустріти пожежно-рятувальні підрозділи та надати інформацію про місце загоряння.

Дотримання вимог пожежної безпеки сприяє зниженню ризику виникнення пожеж, збереженню матеріальних цінностей та забезпеченню безпеки працівників під час виконання геоінформаційних досліджень.

4.5 Висновки до розділу

У четвертому розділі дипломної роботи розглянуто питання охорони праці та безпеки життєдіяльності під час виконання геоінформаційних досліджень, пов'язаних з аналізом впливу пожеж на рослинний покрив Дунайського біосферного заповідника.

Встановлено, що основні роботи виконуються в умовах роботи за персональним комп'ютером і належать до категорії розумової праці з підвищеним зоровим та нервово-емоційним навантаженням. Основними шкідливими факторами є тривала статична поза, напруження зорового

аналізатора, вплив електромагнітного випромінювання та психоемоційне навантаження, пов'язане з обробкою великих обсягів просторових даних.

Проаналізовано санітарно-гігієнічні умови праці, зокрема параметри мікроклімату, освітлення та рівень шуму. Встановлено, що дотримання нормативних значень температури, вологості, швидкості руху повітря та освітленості є необхідною умовою для підтримання працездатності та запобігання перевтомі. Обґрунтовано важливість раціональної організації робочого місця та режиму праці й відпочинку під час роботи з ПС.

Окрему увагу приділено питанням електробезпеки. Визначено основні ризики, пов'язані з експлуатацією комп'ютерної техніки та електромережі, а також наведено комплекс заходів щодо їх запобігання, включаючи справність обладнання, захисне заземлення та використання автоматичних засобів захисту. Підкреслено необхідність дотримання правил безпечної експлуатації електроприладів.

Розглянуто також питання пожежної безпеки, встановлено основні причини виникнення пожеж у приміщеннях з комп'ютерною технікою та визначено категорію пожежної небезпеки приміщення. Обґрунтовано необхідність забезпечення приміщення первинними засобами пожежогасіння та дотримання алгоритму дій у разі виникнення надзвичайної ситуації.

Загалом встановлено, що дотримання вимог охорони праці та пожежної безпеки є обов'язковою умовою безпечного виконання геоінформаційних досліджень. Реалізація запропонованих заходів дозволяє мінімізувати виробничі ризики, зберегти здоров'я виконавця та забезпечити безперервність і ефективність наукової роботи.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання дипломної роботи на тему «Аналіз впливу пожеж на рослинний покрив Дунайського біосферного заповідника засобами ГІС» було досліджено особливості природних умов території заповідника, опрацьовано сучасні методи дистанційного моніторингу та проведено оцінку впливу пожеж на стан рослинного покриву із використанням геоінформаційних технологій і супутникових даних.

У ході дослідження встановлено, що Дунайський біосферний заповідник є одним із найцінніших природоохоронних об'єктів України та Європи, який характеризується високим рівнем біорізноманіття, значною площею водно-болотних угідь та наявністю великої кількості рідкісних видів рослин і тварин. Особливості природних умов дельти Дунаю формують унікальні екосистеми, які є надзвичайно чутливими до впливу природних і антропогенних факторів, зокрема пожеж.

Встановлено, що сучасні технології дистанційного зондування Землі та геоінформаційні системи є ефективним інструментом для моніторингу стану рослинного покриву. Для виконання дослідження було використано супутникові дані Sentinel-2, онлайн-платформи Google earth engine та Copernicus Browser, які забезпечують можливість отримання актуальної інформації про зміни природного середовища та їх просторовий аналіз.

У роботі обґрунтовано доцільність використання спектральних індексів Burned Area Detection, Normalized Burn Ratio (NBR), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) та Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) для виявлення територій, пошкоджених пожежами, оцінювання ступеня пошкодження рослинності та аналізу процесів її відновлення. Застосування зазначених індексів дозволило отримати кількісні характеристики стану рослинного покриву та простежити динаміку його змін у часі.

Результати дистанційного моніторингу показали, що пожежі спричиняють суттєві зміни структури рослинного покриву, насамперед у

межах очеретяних, лучних та болотних угруповань. Після проходження вогню спостерігається різке зниження значень вегетаційних індексів NDVI та SAVI, що свідчить про значну втрату біомаси та погіршення стану рослинності. Водночас аналіз багаточасових супутникових даних підтвердив наявність процесів природного відновлення рослинного покриву, хоча швидкість і повнота відновлення залежать від локальних природних умов та масштабів пошкодження.

Проведений просторовий аналіз дозволив оцінити ризики для рідкісних видів рослин та раритетних рослинних угруповань. Встановлено, що окремі осередки поширення видів, занесених до Червоної книги України, а також угруповання, включені до Зеленої книги України, можуть потрапляти в зони пожежного впливу. Це створює потенційну загрозу для збереження біорізноманіття та потребує постійного контролю за станом природних комплексів заповідника.

Важливим результатом дослідження є підтвердження ефективності використання ГС-технологій для автоматизованого аналізу та картографування наслідків пожеж. Поєднання супутникових даних із можливостями геоінформаційних систем забезпечує оперативне виявлення пошкоджених територій, оцінювання масштабів негативного впливу та створення тематичних карт для потреб природоохоронного управління.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання запропонованої методики для екологічного моніторингу територій природно-заповідного фонду України, прогнозування наслідків пожеж та підтримки прийняття управлінських рішень щодо збереження природних екосистем.

Таким чином, поставлену мету роботи досягнуто, а всі визначені завдання виконано. Проведене дослідження підтвердило, що застосування геоінформаційних технологій та даних дистанційного зондування Землі є дієвим інструментом для аналізу впливу пожеж на рослинний покрив Дунайського біосферного заповідника та забезпечення ефективного моніторингу стану його природних екосистем.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Сайт Міндовкілля [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://wownature.in.ua/parky-i-zapovidnyky/dunayskyy-biosfernyy-zapovidnyk/>
2. Сайт Дунайського біосферного заповідника [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.dbr.org.ua/>
3. Червона книга України [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://redbook-ua.org/>
4. Сайт Google Earth Engine [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://earthengine.google.com/>
5. Copernicus Browser [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://browser.dataspace.copernicus.eu/?zoom=13&lat=45.37725&lng=29.72197&themeId=DEFAULT-THEME&visualizationUrl=U2FsdGVkX1%2B4j4GpJd7oSIMIfd70kIN5PWkEuxZ23N2%2FwKLWEHr4rZNNkkJsIDQleonB1%2FbdDw9snQpGDCwfKsOvxNI%2FaJefUU8X5yG%2B6WI6bgjb3Q5sWQLtphUTLKik&datasetId=S2_L2A_CDAS&demSource3D=%22MAPZEN%22&cloudCoverage=30&dateMode=SINGLE
6. Закон України «Про охорону праці» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12/ed20110625/find?text=%CE%F5%EE%F0%EE%ED%E0+%EF%F0%E0%F6%B3#Text>
7. Вимоги з електробезпеки для фахівців сфери ІТ [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://oppb.com.ua/articles/vymogy-z-elektrobezpeky-dlya-fahivtsiv-sfery-it>

Додаток А
Макет карти

Просторовий розподіл ступеня пошкодження рослинного покриву внаслідок пожежі

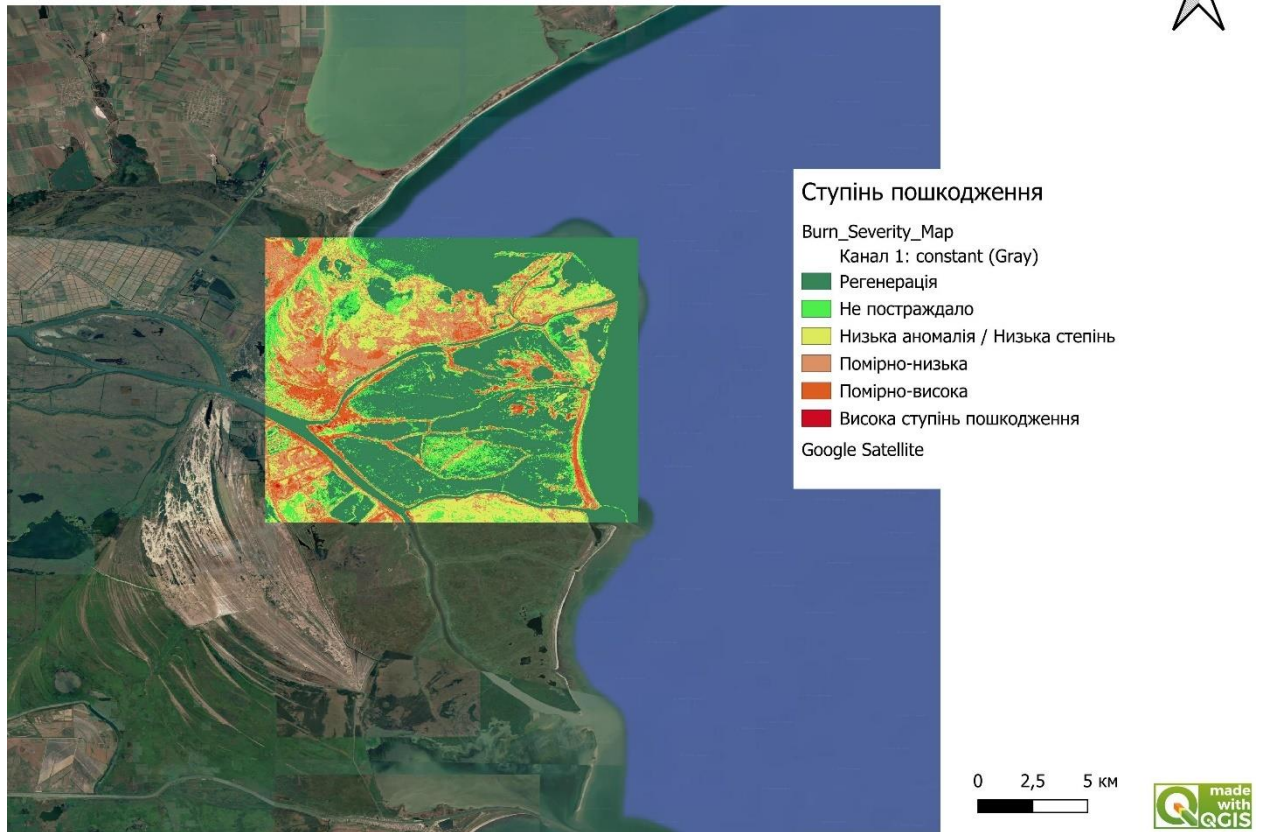


Рисунок А.1 – Просторовий розподіл ступеня пошкодження рослинного покриву внаслідок пожежі