

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет біології, географії та екології
Кафедра географії та екології

**МОНІТОРИНГ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ ДИСТАНЦІЙНИМИ
МЕТОДАМИ (НА ПРИКЛАДІ КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ)**

Кваліфікаційна робота (проект)
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

Виконала: здобувачка 4 курсу 05-415 групи
Спеціальності 106 Географії
Освітньо-професійної програми «Географія»
Шарафан Анна Русланівна

Керівник к. геогр. н., доцент Давидов О.В.
Рецензент експерт з екологічних і
соціальних питань ТОВ "ЕЖІС Україна,
Зінченко М.О.

ЗМІСТ

Вступ.....	3
Розділ 1. Поняття про природні пожежі.....	7
1.1. Пожежі в природному середовищі та їх причини.....	7
1.2. Різноманіття пожеж та їх класифікація.....	8
1.3. Наслідки та особливості відновлення середовища після пожеж.....	10
Розділ 2. Природні умови навколишнього середовища Київської області.....	14
2.1. Просторове поширення та загальна характеристика.....	14
2.2. Умови геологічного середовища.....	16
2.3. Умови гідро-метеорологічного середовища.....	17
2.4. Умови біологічного середовища.....	19
Розділ 3. Методика проведення дослідження.....	23
3.1. Бази даних для дистанційного моніторингу.....	23
3.2. Функціональні особливості обраної бази даних.....	24
Розділ 4. Результати дистанційного моніторингу пожеж в Київській області за період з 2019 по 2024 рр.....	26
4.1. Лісові пожежі та динаміка відновлення лісів.....	26
4.2. Пожежі у торф'яниках та динаміка їх відновлення.....	34
Висновки.....	40
Список використаних джерел.....	41

ВСТУП

Актуальність дослідження

Лісові пожежі є однією з найнебезпечніших і наймасштабнішою загрозою для природного середовища, особливо в умовах кліматичних змін та активної антропогенної діяльності. У багатьох регіонах України, зокрема в Київській області, в останні роки спостерігається зростання частоти та площ лісових пожеж. Такі явища завдають значної шкоди біорізноманіттю, погіршують якість ґрунтів, призводять до деградації екосистем та спричиняють викиди парникових газів в атмосферу. Зокрема, лісові пожежі, що сталися в Київській області в серпні–вересні 2020 року, мали серйозні екологічні наслідки, знищивши сотні гектарів лісу та викликавши ланцюгову реакцію змін у навколишньому середовищі.

Однак не менш важливим за вивчення самих пожеж є моніторинг процесів відновлення лісових екосистем після вогню. Відновлення може відбуватись як природним шляхом — за рахунок самосіву, розростання кореневих систем та природної сукцесії, так і штучним — за рахунок лісовідновлювальних робіт, здійснених лісогосподарськими підприємствами. Аналіз темпів та характеру відновлення дозволяє робити висновки щодо стійкості екосистем, ефективності заходів з лісовідновлення, а також прогнозувати майбутній стан лісового фонду.

Сучасні технології дистанційного зондування Землі, зокрема використання платформи EO Browser з доступом до супутникових даних Sentinel, відкривають нові можливості для дослідження цих процесів. Вони дозволяють фіксувати зміни в рослинному покриві з високою просторовою та часовою роздільною здатністю, що робить можливим проведення комплексного аналізу динаміки лісовідновлення після пожеж у реальному часі. Саме тому дослідження, присвячене вивченню лісових пожеж та процесів відновлення

лісів Київської області за допомогою EO Browser, є надзвичайно актуальним і практично значущим.

Мета та завдання дослідження

Метою даної роботи є вивчення масштабів лісових пожеж у Київській області та аналіз динаміки відновлення лісів після пожеж шляхом обробки та інтерпретації супутникових знімків за допомогою інструментів дистанційного зондування.

Для досягнення поставленої мети в роботі визначено наступні завдання:

1. Проаналізувати літературні джерела з питань лісових пожеж, їх причин, наслідків та особливостей відновлення лісових екосистем.
2. Виявити найбільш значущі випадки лісових пожеж у Київській області протягом останніх років.
3. Зібрати та проаналізувати супутникові знімки територій, що постраждали від пожеж.
4. Визначити зміни в рослинному покриві до, під час та після пожеж.
5. Проаналізувати особливості природного та штучного лісовідновлення.
6. Оцінити просторову динаміку змін NDVI та інших індексів впродовж 1–3 років після пожежі.
7. Розробити рекомендації щодо покращення моніторингу та планування лісо відновлювальних заходів.

Об'єкт та предмет дослідження

Об'єктом дослідження є лісові екосистеми Київської області, що зазнали впливу лісових пожеж.

Предметом дослідження виступають просторово-часові зміни у стані рослинного покриву після пожеж, зокрема процеси природного та штучного лісовідновлення, які фіксуються за допомогою супутникових знімків.

Практичне значення дослідження

Результати дослідження мають велике значення для практичного природокористування. Зокрема:

- Вони можуть бути використані лісовими господарствами при плануванні лісо відновлювальних заходів.
- Досвід супутникового моніторингу можна застосовувати для раннього виявлення пожеж та оцінки їх наслідків.
- Дані дослідження можуть бути включені в регіональні та національні екологічні звіти.
- Матеріали роботи є корисними для навчальних закладів як приклад міждисциплінарного підходу до дослідження екологічних процесів.

Методи дослідження

Для реалізації завдань дослідження застосовано такі методи:

- Аналіз літературних джерел з проблем лісових пожеж та лісовідновлення;
- Методи дистанційного зондування Землі (використання платформи EO Browser, супутникові знімки Sentinel-2);
- Геоінформаційний аналіз, включаючи розрахунок NDVI та інших вегетаційних індексів;
- Порівняльний аналіз стану лісів до та після пожеж;

- Картографування та візуалізація просторових змін у лісових масивах;
- Описово-аналітичний підхід для узагальнення результатів.

Структура роботи

Дипломна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків.

- У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету, завдання, об'єкт і предмет дослідження.

- Перший розділ присвячено теоретичному аналізу лісових пожеж, їх причин та впливу на екосистеми, а також сучасним методам дистанційного зондування Землі.

- У другому розділі описано природно-географічну характеристику Київської області, а також зібрано інформацію про наймасштабніші пожежі останніх років.

- Третій розділ містить практичний аналіз супутникових знімків, визначення площ ураження, а також оцінку динаміки лісовідновлення на прикладі окремих ділянок.

- У висновках подано підсумки дослідження та рекомендації для подальшого моніторингу й планування лісо відновлювальних заходів.

РОЗДІЛ 1

ПОНЯТТЯ ПРО ПРИРОДНІ ПОЖЕЖІ

1.1 Пожежі в природних середовищах та їх причини

Пожежі в природному середовищі є серйозною екологічною проблемою, що може мати негативний вплив на флору, фауну, клімат та здоров'я людей. Вони можуть виникати в лісах, степах, болотах та інших природних екосистемах, і мають різноманітні причини.

Основними причинами численних пожеж у природних екосистемах є необережне поводження з вогнем людей, спалювання сміття та сухої рослинності поблизу житлових будинків і на територіях, прилеглих до лісів, блискавки, самозаймання промаслених матеріалів, а також ефект фокусування сонячних променів через скло та консервні бляшанки, залишені на природі. Окрім того, зміни клімату, зокрема підвищення температури та зниження вологості, збільшують ризик виникнення пожеж. Висока температура створює ідеальні умови для поширення вогню, а людська безвідповідальність, наприклад, недотримання правил пожежної безпеки під час відпочинку, може призвести до великих руйнувань. Глобальне потепління лише посилює ці процеси, роблячи пожежі все більш частими та масштабними. [1].

Пожежі в природних екосистемах призводять до знищення рослинності та тварин, втрати біорізноманіття і порушення екосистем. Вони сприяють викиду парникових газів, що посилює глобальне потепління. Економічно це викликає збитки для сільського господарства і пошкодження інфраструктури. Для здоров'я людей дим може викликати респіраторні захворювання, а психологічний стрес — через втрату майна. [2].

1.2 Різноманіття пожеж та їх класифікація

Розуміння їх різновидів є важливим для ефективного запобігання та гасіння. матеріалів, що сприяє вибору найбільш підходящих методів гасіння та забезпечує безпеку як для рятувальників, так і для оточ. Існує кілька підходів до класифікації пожеж. Один із найбільш розповсюджених — поділ за місцем виникнення та типом горючих матеріалів «Пожежна безпека. Терміни та визначення» ;за класифікацією FAO [3].

Таблиця 1.1 – Основні типи природних пожеж та їх характеристика

Тип пожежі	Характеристика	Приклади середовища виникнення
Поверхнева пожежа	Горить підстилка, суха трава, молоді дерева. Рух швидкий, полум'я невисоке.	Лісова підстилка, степи, поля
Верхова пожежа	Горять крони дерев, вогонь поширюється через верхівки.	Хвойні ліси, соснові бори
Підземна пожежа	Горять торф'яники або органічні шари ґрунту. Повільна, важко виявляється.	Торфовища, заболочені ліси

Продовження табл. 1.1

Лісова пожежа	Комплексна: охоплює декілька ярусів лісу, включаючи підстилку та крони.	Змішані або хвойні ліси
Степова пожежа	Швидке поширення по сухій трав'янистій рослинності.	Степові та лугові екосистеми
Сільськогосподарська	Пожежа, пов'язана з діяльністю людини (спалювання стерні, залишків тощо).	Поля, сільгоспугіддя

Також пожежі поділяються за походженням:

- Природні (викликані блискавкою, високою температурою тощо);
- Антропогенні (через необережне поводження з вогнем, підпали, діяльність транспорту або промисловості) .[4].

Класифікація за інтенсивністю та площею ураження.

Крім типології за місцем виникнення, у міжнародній практиці також використовують класифікацію за інтенсивністю та площею поширення:

- Низької інтенсивності – до 10 га;
- Середньої інтенсивності – від 10 до 100 га;
- Високої інтенсивності – понад 100 га [5].

Оцінювання інтенсивності пожеж також проводиться за температурою горіння, швидкістю поширення, висотою полум'я та впливом на екосистеми.

Значення класифікації пожеж.

Знання класифікації пожеж є основою для:

- вибору стратегії гасіння та попередження;
- моніторингу та моделювання динаміки поширення вогню;
- оцінки збитків і розробки планів лісовідновлення;
- формування державної екологічної політики та природоохоронних заходів[6].

Таким чином, систематизація пожеж за типами, інтенсивністю та походженням дозволяє краще аналізувати їх причини, масштаби впливу та прогнозувати подальші наслідки для природного середовища.

1.3 Наслідки та особливості відновлення середовища після пожеж

Лісові пожежі – це потужні природні катаклізми, які можуть кардинально змінити екологічний ландшафт регіону. Вони руйнують екосистеми, призводять до втрати біорізноманіття, знищення природного середовища проживання численних видів флори та фауни, а також спричиняють значне порушення кліматичного балансу [7]. Пожежі, як правило, мають як природне походження (удари блискавки, природні самозаймання), так і антропогенне (недбале поводження з вогнем, спалювання відходів, несанкціоноване підпалювання), що робить їх багатогранною проблемою для сучасного суспільства . Крім того, через глобальне потепління інтенсивність та частота пожеж збільшуються, що лише посилює негативний вплив на довкілля [8].

Наслідки пожеж для навколишнього середовища

1. Втрати біорізноманіття.

Пожежі ведуть до загибелі значної кількості рослин і тварин, що може викликати зменшення популяцій або повне зникнення деяких видів, особливо

якщо йдеться про рідкісні та ендемічні види. Це має довготривалі наслідки для екосистем, оскільки зниження біорізноманіття може послабити стійкість природних систем до подальших впливів, що призводить до латентних екологічних проблем [9].

2. Зміни в ґрунтовому покриві.

Вогонь руйнує структуру ґрунту, спричиняючи ерозію, зниження його родючості та порушення водопоглинання. Зниження якості ґрунту утруднює ріст нової рослинності, що в перспективі може привести до погіршення стабільності екосистеми, а також до підвищеного ризику повеней через зменшення здатності ґрунту утримувати воду. Такі зміни можна спостерігати й через супутникові дослідження ґрунтових характеристик [10].

3. Забруднення атмосфери.

Під час пожеж виділяються значні кількості диму та токсичних речовин, серед яких оксиди азоту, соляна кислота та продукти піролізу органічних матеріалів. Це погіршує якість повітря, що негативно позначається на здоров'ї людей та може спричиняти респіраторні захворювання. Довготривалий вплив таких забруднень може призвести до хронічних проблем із здоров'ям населення і, в цілому, вплинути на клімат регіону [11].

4. Зміни гідрологічного режиму.

Пожежі можуть змінювати властивості ґрунту, що впливає на його здатність утримувати вологу. Це, у свою чергу, відображається на водному балансі території: погіршується водопоглинання, що може призвести до посилення повеней або сприяти появі зон посухи. Дані супутникових досліджень підтверджують, що після великих пожеж спостерігаються значні зміни в гідрологічних характеристиках регіону [12].

Особливості відновлення середовища після пожеж:

Відновлення природного середовища після пожеж є багатофакторним процесом, який залежить як від природних, так і антропогенних чинників. Основні стратегії відновлення включають:

1. Природна регенерація.

Багато екосистем мають власну здатність до самовідновлення. Наприклад, лісові масиви можуть відновлюватися через проростання насіння, що залишається в ґрунті або на деревах. Однак швидкість природної регенерації залежить від інтенсивності пожежі, кліматичних умов та типу екосистеми. Іноколи природна регенерація може бути недостатньою для повного відновлення первісного екологічного стану [13].

3. Відновлення дикої природи.

Після пожеж багато видів тварин тимчасово покидають постраждалу територію, що може призводити до змін у популяціях і навіть до генетичного виродження через інбридинг

Створення природних коридорів та забезпечення умов для повернення фауни є ключовими для відновлення екологічного балансу [15].

4. Відновлення ґрунту.

Ґрунт після пожежі часто втрачає свою родючість через руйнування структури. Заходи з контролю ерозії, внесення органічних добрив та посів рослин, що здатні швидко стабілізувати ґрунтовий покрив, є надзвичайно важливими для відновлення екосистеми [16].

5. Управління водними ресурсами.

Забезпечення стабільності гідрологічного режиму шляхом відновлення /водозбірних басейнів, створення водозахисних смуг та відновлення природних водотоків допомагає зберегти водний баланс, що є критично важливим після пожеж [17].

6. Моніторинг та дослідження.

Постійний моніторинг стану екосистем допомагає оцінити ефективність відновлювальних заходів і своєчасно виявляти потенційні проблеми. Сучасні технології дистанційного зондування, зокрема аналіз NDVI за допомогою супутникових знімків Sentinel-2, дозволяють оперативно відстежувати зміни у рослинному покриві та прогнозувати розвиток екосистем. [18].

Висновки до розділу 1

У даному розділі було розглянуто основні чинники виникнення лісових пожеж у Київській області, а також їхній вплив на екосистеми. Дослідження показало, що основними причинами лісових пожеж є як природні фактори (наприклад, удари блискавки), так і антропогенні (недотримання правил безпеки, несанкціоновані підпали). Найбільше постраждали хвойні ліси, де вогонь спричинив серйозні зміни у рослинному покриві. Пожежі також призвели до деградації ґрунтів і забруднення атмосфери викидами парникових газів.

Також було зазначено, що у Київській області лісові пожежі мали сезонний характер, переважно відбуваючись у літні місяці, під час високих температур і низької вологості. Використання супутникових технологій допомогло отримати точні дані щодо розмірів пошкоджених територій і сприяло кращому розумінню динаміки поширення вогню.

Окрему увагу приділено класифікації пожеж. Пожежі можуть класифікуватися за різними критеріями: за типом рослинності (лісові, торф'яні, степові), за глибиною прогорання (поверхневі, підземні, верхові), за походженням (природні та антропогенні), а також за інтенсивністю. Така класифікація дозволяє краще розуміти механізми їхнього виникнення та поширення, а також

обирати найбільш ефективні стратегії для їхнього гасіння та відновлення середовища після них.

РОЗДІЛ 2

ПРИРОДНІ УМОВИ ТА АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ТЕРИТОРІЇ

ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Просторове поширення та загальна характеристика

Київська область розташована в північній частині України і охоплює площу близько 28,1 тис. км². Територія області є важливим географічним та екологічним регіоном, що відзначається значним біорізноманіттям і складною природною структурою. Рельєф області переважно рівнинний, з незначними підвищеннями та зниженнями, які формують хвилясту рівнину, характерну для Полісько-лісостепової зони [19]. Найвищі підняття сягають близько 270 м над рівнем моря, переважно на південному заході області.

Центральну частину перетинає річка Дніпро — одна з найбільших річок Європи, яка є важливою водною артерією не лише для Київської області, а й для усієї України. Вона поділяє область на дві частини — правобережну та лівобережну. Крім Дніпра, в області протікає низка менших річок — Тетерів, Ірпінь, Десна, Рось, які формують густу гідрографічну сітку [20]. Водні ресурси відіграють важливу роль у формуванні місцевого клімату, збереженні біорізноманіття та функціонуванні природних екосистем.

Клімат Київської області помірно континентальний із чітко вираженими сезонами. Середньорічна температура повітря становить +7...+8°C, що характерно для регіонів з м'якими зимами та теплим літом. Найхолоднішим місяцем є січень (середня температура –5°C), найтеплішим — липень (понад

+19°C). Кількість опадів становить у середньому 550–650 мм на рік, причому більшість випадає влітку у вигляді дощів. Такі кліматичні умови сприяють розвитку мішаних лісів і сільськогосподарського виробництва[21].

Ґрунтовий покрив області надзвичайно різноманітний. У північній частині переважають дерново-підзолисті ґрунти, властиві поліським районам, які характеризуються низькою родючістю. У центральних і південних районах зустрічаються переважно чорноземні ґрунти, які є одними з найродючіших у світі й активно використовуються в аграрному секторі [22]. Також присутні торфовища, особливо у заболочених ділянках півночі.

Значна частина території Київської області вкрита лісами, які займають близько 25% площі регіону. Найпоширенішими є соснові, дубові та змішані ліси. Лісові масиви виконують важливу екологічну функцію — забезпечують кисень, захищають ґрунти від ерозії, регулюють мікроклімат і є середовищем існування численних видів флори та фауни. В умовах змін клімату та збільшення кількості лісових пожеж їх роль стає ще важливішою. Саме ці території є об'єктом дослідження в межах даної роботи, оскільки вони є найбільш вразливими до дії природних та антропогенних чинників.

Таким чином, Київська область характеризується різноманітністю природних умов: рівнинним рельєфом, розгалуженою мережею річок, помірно-континентальним кліматом, мозаїчністю ґрунтового покриву та значними лісовими площами. Сукупність цих чинників зумовлює унікальність природного середовища регіону, що потребує постійного моніторингу та збереження.

2.2 Умови геологічного середовища

Геологічне середовище — це природне утворення, яке складається з гірських порід, ґрунтів, підземних вод і різних геологічних процесів. Воно безпосередньо впливає на життя людей, оскільки визначає умови для будівництва, сільського господарства, видобутку корисних копалин та інших видів діяльності.

Крім того, геологічне середовище постійно змінюється під впливом природних процесів (ерозії, зсувів, землетрусів) і діяльності людини (видобуток ресурсів, будівництво, меліорація). Вивчення його властивостей є необхідним для попередження потенційних геологічних ризиків, забезпечення екологічної безпеки, а також раціонального використання ресурсів.

Геологічна будова Київської області є складною, оскільки регіон розташований на межі двох основних тектонічних структур — Українського кристалічного щита та Дніпровсько-Донецької западини. Ця межа створює складне поєднання різнотипних гірських порід, включаючи як метаморфічні та магматичні, так і осадові формації. Подібна структура сприяє формуванню різноманітних форм рельєфу та типів ґрунтів [23].

У західній частині області зустрічаються виходи давніх кристалічних порід — гранітів, гнейсів, кварцитів, які є основою Українського щита. Ці породи характеризуються високою стійкістю до вивітрювання і мають велике інженерно-геологічне значення. Найбільш часто вони проявляються у прибережних ділянках долин річок Ірпінь, Тетерів та Рось [24].

На сході та північному сході області домінують молодші осадові утворення, характерні для Дніпровсько-Донецької западини. Тут поширені піски, супіски,

глини, пісковики та лесі. Такі породи мають неоднорідні фізико-механічні властивості, що слід враховувати під час проєктування будівництва або проведення меліоративних робіт .

З геоекологічної точки зору важливо враховувати карстові явища, зсуви, а також підтоплення, які трапляються на певних територіях, зокрема у прибережних зонах великих річок. Для безпечного природокористування необхідно здійснювати постійний моніторинг геологічного середовища та враховувати його динаміку в умовах антропогенного навантаження та кліматичних змін [25].

2.3 Умови гідро-метеорологічного середовища

Гідрометеорологічне середовище відіграє ключову роль у формуванні природних процесів, що відбуваються в екосистемах Київської області. Зокрема, саме кліматичні чинники визначають тривалість, інтенсивність та просторове поширення лісових пожеж. Умови середовища формуються під впливом як глобальних кліматичних тенденцій, так і локальних особливостей території.

Київська область розташована в зоні помірно континентального клімату. Сезонна динаміка температур і кількості опадів тут добре виражена: тепле вологе літо та помірно холодна зима зі сніговим покривом. Середньорічна температура повітря становить $+7...+8^{\circ}\text{C}$, середньорічна кількість опадів — 550–650 мм, з яких значна частина припадає на літні місяці[26].

Пожежонебезпечні періоди. Найбільшу небезпеку становлять весняно-літній та літньо-осінній сезони. У квітні-травні починається активне підвищення

температур, при цьому вологість повітря і ґрунтів ще не відновлена після зими. Це створює ідеальні умови для загоряння сухої рослинності. У червні–серпні пожежна небезпека зростає ще більше через високу температуру повітря, відсутність тривалих опадів і посилення вітру.

У цей період рослинність сильно пересихає, що робить її вкрай вразливою до займання. Особливо небезпечні хвойні ліси, де суха хвоя на поверхні швидко спалахує навіть від іскри. Вітер додатково посилює поширення вогню, переносить іскри на значні відстані, сприяючи утворенню нових осередків пожеж.

У вересні–жовтні, хоча кількість загорянь зменшується, небезпека залишається через наявність сухої трави, опалого листя та недостатній рівень опадів. Восени можуть виникати т.зв. «низові» пожежі, що повільно розповсюджуються підстилкою, і часто залишаються непоміченими тривалий час.

Кліматичні зміни. Упродовж останніх десятиліть на території Київської області спостерігається вплив глобальної зміни клімату. За даними Укргідрометцентру, середньорічна температура зросла приблизно на 1–1,5°C, що призвело до подовження пожежонебезпечного періоду з ранньої весни (березень) до пізньої осені (листопад) [27]. Зростає кількість днів із температурою понад +30°C, зменшується кількість ефективних опадів.

Крім того, замість рівномірного розподілу опадів спостерігається їхнє випадіння у вигляді короткочасних, але сильних злив, які не встигають наситити ґрунт вологою. У результаті рослинність продовжує пересихати, підвищуючи ризик виникнення пожеж навіть у нетрадиційно безпечних періодах.

Отже, гідрометеорологічні умови відіграють визначальну роль у формуванні пожежонебезпечної ситуації в Київській області. У зв'язку зі змінами клімату важливо впроваджувати системи моніторингу, прогнозування та превентивного управління для зниження ризиків виникнення лісових пожеж.

2.4 Умови біологічного середовища

Київська область, розташована на межі Поліської та Лісостепової природних зон, вирізняється значним біорізноманіттям і широким спектром екосистем. Поєднання лісових, водно-болотних, лугових і степових угідь створює сприятливі умови для існування великої кількості видів рослин, тварин, грибів і мікроорганізмів. Біологічне середовище регіону є важливим компонентом природного капіталу, що забезпечує екологічну рівновагу, продукування кисню, очищення води, стабілізацію клімату та підтримку ґрунтової родючості[28].

Рослинність області змінюється залежно від природно-кліматичних умов. У північній частині Київщини переважають ліси Полісся, які представлені переважно сосновими борами з домішками берези, вільхи та осики. У центральній і південній частинах області — в умовах Лісостепу — поширені широколистяні ліси з домінуванням дуба звичайного, граба, клена, липи. Значні площі займають лісосмуги, луки, заболочені території, які слугують середовищем існування для багатьох видів птахів, комах та амфібій.

Тваринний світ Київської області також багатий і включає понад 60 видів ссавців, 250 видів птахів, 10 видів земноводних і 7 видів плазунів. У лісах мешкають лось, кабан, козуля, лисиця, борсук, куниця, їжак, білка. Серед птахів — сови, яструби, дятли, синиці, жайворонки. У водно-болотних угіддях часто

зустрічаються чаплі, качки, лебеді, а також рідкісні види, занесені до Червоної книги України[29].

Водні ресурси області представлені річками, озерами, болотами та водосховищами. Найбільші річки — Дніпро, Прип'ять, Ірпінь, Тетерів — виконують не лише гідрологічну функцію, а й є осередками біорізноманіття. Утім, екологічний стан малих річок області залишається критичним через забруднення стічними водами, надмірне водозабезпечення для сільського господарства, порушення природного русла. Існуючі очисні споруди у багатьох населених пунктах не забезпечують належного очищення — рівень вилучення неорганічних речовин становить лише 10–40%, а солі важких металів практично не усуваються.

Екологічні проблеми, що впливають на біологічне середовище Київщини, включають фрагментацію середовищ існування, інвазію чужорідних видів, забруднення повітря та ґрунтів, зміни у гідрологічному режимі територій. Інсуляризація природних біотопів призводить до втрати генетичної різноманітності в популяціях тварин і рослин, а також ускладнює їх міграцію, що особливо критично для великих ссавців і перелітних птахів[30].

Особливої уваги заслуговує Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник, створений у 2016 році на території зони відчуження. Цей унікальний природний комплекс площею понад 226 тис. га слугує осередком вивчення дії радіації на біоту, а також територією, де природа самостійно відновлюється без активного втручання людини.

У регіоні також функціонують численні національні природні парки, заказники, пам'ятки природи. Зокрема, слід відзначити такі об'єкти як Національний

природний парк “Залісся”, ландшафтний заказник “Жуків острів”, дендропарк “Олександрія” та інші. Всі вони відіграють важливу роль у збереженні рідкісних і зникаючих видів, а також у формуванні екологічної культури населення[31].

Для збереження біологічного середовища необхідно впроваджувати інтегровані стратегії охорони природи, включаючи розвиток екологічної мережі, біоіндикаторний моніторинг, просвітницьку роботу та обмеження антропогенного впливу на чутливі екосистеми.

Висновки до розділу 2

У результаті аналізу природних умов навколишнього середовища Київської області було встановлено, що територія регіону характеризується значним природним різноманіттям, яке суттєво впливає на екологічну ситуацію, формування середовищ існування, а також ризики виникнення надзвичайних ситуацій, зокрема лісових пожеж.

Просторове положення Київщини, розташованої у зоні мішаних лісів та лісостепу, зумовлює наявність розмаїтих ландшафтів, включаючи річкові долини, хвилясті рівнини та лісові масиви. Гідро-метеорологічні умови, а саме — помірно континентальний клімат, часті літні посухи та збільшення середніх температур — створюють передумови для підвищеного ризику виникнення пожеж у весняно-літній період. Зміни клімату посилюють ці ризики, подовжуючи пожежонебезпечний сезон.

Геологічна будова області складна та різноманітна: поєднання Українського щита і Дніпровсько-Донецької западини формує різні типи ґрунтів і рельєфу, що впливає на умови ведення господарства, лісовідновлення та вразливість

територій до антропогенних впливів. Біологічне середовище області, зокрема її ліси, водно-болотні угіддя та природно-заповідні об'єкти, мають високу екологічну цінність, але перебувають під загрозою внаслідок фрагментації природних екосистем, забруднення та інтенсивної господарської діяльності.

Таким чином, для ефективного моніторингу та управління природними ресурсами Київської області необхідно враховувати сукупність географічних, кліматичних, геологічних і біологічних чинників. Особливо важливим є комплексний підхід до оцінки природних ризиків, включаючи ризики лісових пожеж, що є актуальними для регіону в умовах зміни клімату.

РОЗДІЛ 3.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Бази даних для дистанційного моніторингу

Дослідження базується на використанні методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), які дозволяють оцінити масштаби поширення пожеж, їх наслідки, а також динаміку відновлення рослинності. Для аналізу були застосовані супутникові знімки, що оброблялись у хмарному середовищі EO Browser, а також використовувалися інші офіційні джерела просторових даних.

У ході дослідження було використано низку відкритих міжнародних та європейських баз даних, що спеціалізуються на моніторингу природних катастроф і, зокрема, пожеж.

- EO Browser – інтерактивна платформа для перегляду супутникових знімків із програм Copernicus (Sentinel-2), Landsat та інших. Дозволяє обирати часові зрізи, застосовувати візуалізації (наприклад, NDVI) та порівнювати зміни у рослинності [32].

- FIRMS (Fire Information for Resource Management System) – глобальна система від NASA, яка надає актуальні карти термічних аномалій, що фіксують осередки пожеж у режимі майже реального часу [33].

- EFFIS (European Forest Fire Information System) – система Європейської комісії, яка забезпечує моніторинг, оцінку ризиків та аналітику щодо пожеж у лісових масивах Європи [34].

- Copernicus EMS (Emergency Management Service) – служба екстреного реагування, яка надає карти зон ураження пожежами, повеннями, землетрусами тощо [35].

Зазначені бази даних використовувалися для:

- виявлення територій, які постраждали від пожеж;
- отримання супутникових зображень до, під час і після пожеж;
- просторового аналізу змін рослинного покриву;
- розрахунку індексу NDVI для моніторингу стану екосистем;
- виявлення динаміки лісовідновлення на постраждалих ділянках.

3.2. Функціональні особливості обраної бази даних

EO Browser – це сучасний веб-ресурс, який забезпечує доступ до супутникових знімків та дозволяє проводити їх детальний аналіз. Основними функціональними характеристиками системи є:

1. Зрозумілий інтерфейс.

Інтерфейс програми дуже простий. Система організована так, що навіть новачок легко може знайти потрібні супутникові знімки. Завдяки простій навігації, користувач швидко отримує доступ до інформації, навіть якщо він не дуже добре розбирається в дистанційному зондуванні.

2. Геопросторовий пошук та фільтрація даних.

Завдяки інтерактивній карті користувач може легко обрати область, що його цікавить, просто вказавши координати або вибравши регіон. Система дозволяє також швидко відфільтрувати супутникові знімки за датою, рівнем хмарності та типом даних.

3. Різноманітні режими візуалізації.

EO Browser має декілька режимів перегляду знімків – натуральний, хибний колір, NDVI та ін. Також можна налаштувати канали для створення власних композитних зображень, що допомагає адаптувати візуалізацію під ваші завдання.

4. Інтерактивний аналіз та порівняння даних.

Система включає інструменти для порівняння знімків, створення анімацій (time-lapse) та проведення базового статистичного аналізу. Такий функціонал дозволяє відстежувати зміни у часі та проводити комплексний аналіз поверхневих характеристик.

Крім того, можна легко завантажувати знімки у форматах PNG, JPEG або TIFF. Це дозволяє зберігати дані для подальшого аналізу чи використання в інших проектах.

Додатково EO Browser дає можливість створювати власні скрипти та налаштовувати відображення даних. Це означає, що користувач може пристосувати інтерфейс до своїх потреб і додати додатковий функціонал [32].

Висновки до розділу 3

У процесі дослідження було встановлено, що ефективне вивчення природних пожеж, їх масштабів, наслідків та динаміки відновлення екосистем неможливе без використання сучасних баз даних та систем дистанційного моніторингу. У цьому підрозділі було розглянуто ключові джерела супутникової інформації, зокрема EO Browser, FIRMS, EFFIS та Copernicus EMS, кожна з яких відіграє унікальну роль у системі екологічного спостереження.

Зокрема, платформа EO Browser дозволяє здійснювати гнучку роботу з супутниковими знімками Sentinel-2, візуалізувати зміни рослинного покриву за допомогою індексів, а також проводити порівняльний аналіз територій у різні періоди часу. Система FIRMS надає оперативні дані про термічні аномалії, що дозволяє фіксувати активні осередки займання в режимі майже реального часу. EFFIS, як європейська система моніторингу, дозволяє відслідковувати ризики виникнення пожеж, їх наслідки та сприяє статистичному аналізу. А Copernicus

EMS є важливим джерелом картографічної інформації в надзвичайних ситуаціях, включаючи пожежі.

Комплексне використання цих баз даних забезпечило якісну інформаційну основу для аналізу змін, викликаних пожежами у Київській області, та дозволило прослідкувати процес лісовідновлення у постраждалих районах. Застосування відкритих даних також підтвердило високий потенціал дистанційного зондування для екологічних досліджень.

РОЗДІЛ 4

РЕЗУЛЬТАТИ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ ПОЖЕЖ КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗА ПЕРІОД З 2019 ПО 2024

4.1 Лісові пожежі та динаміка відновлення лісів

Ліс — це не лише зелений покрив нашої планети, а й складна екосистема, яка відіграє критично важливу роль у підтриманні кліматичної рівноваги, збереженні біорізноманіття та забезпеченні природного балансу. Київська область, з її змішаними та хвойними лісами, є одним із ключових регіонів, де ліси виконують не лише екологічну, а й соціально-економічну функцію. Проте останні роки дедалі частіше приносять загрозу у вигляді лісових пожеж — як природного, так і антропогенного походження [36].

Особливої актуальності ця проблема набула після серії масштабних пожеж, що сталися в області у 2020 році. Вогонь за лічені години знищує те, що природа створювала десятиліттями. Проте ще більш складним є шлях, яким ліс повертається до життя. Саме динаміка відновлення лісів після пожеж є центральною темою цього розділу.

У рамках дослідження проведено аналіз супутникових знімків за допомогою платформи EO Browser, що дозволяє візуально простежити зміни в лісових масивах Київщини в динаміці — від моменту пожежі до перших ознак відновлення екосистем. Це відкриває нові можливості для глибшого розуміння процесів, що відбуваються в постраждалих лісах, та сприяє формуванню ефективних стратегій лісовідновлення.

1. Природне відновлення

Одним із найбільших лісових пожеж, зафіксованих у Київській області, була пожежа в Бородянському районі. Ця подія мала велике значення для екологічної ситуації в регіоні. Завдяки використанню EO Browser, можна проаналізувати, як змінювалася ситуація на цьому терені після пожежі [37].



Рисунок 3.1 - Супутниковий знімок лісової пожежі в Бородянському районі (31 серпня – 3 вересня 2020 року), отриманий за допомогою EO Browser. На знімку видно обширні ділянки, охоплені вогнем.

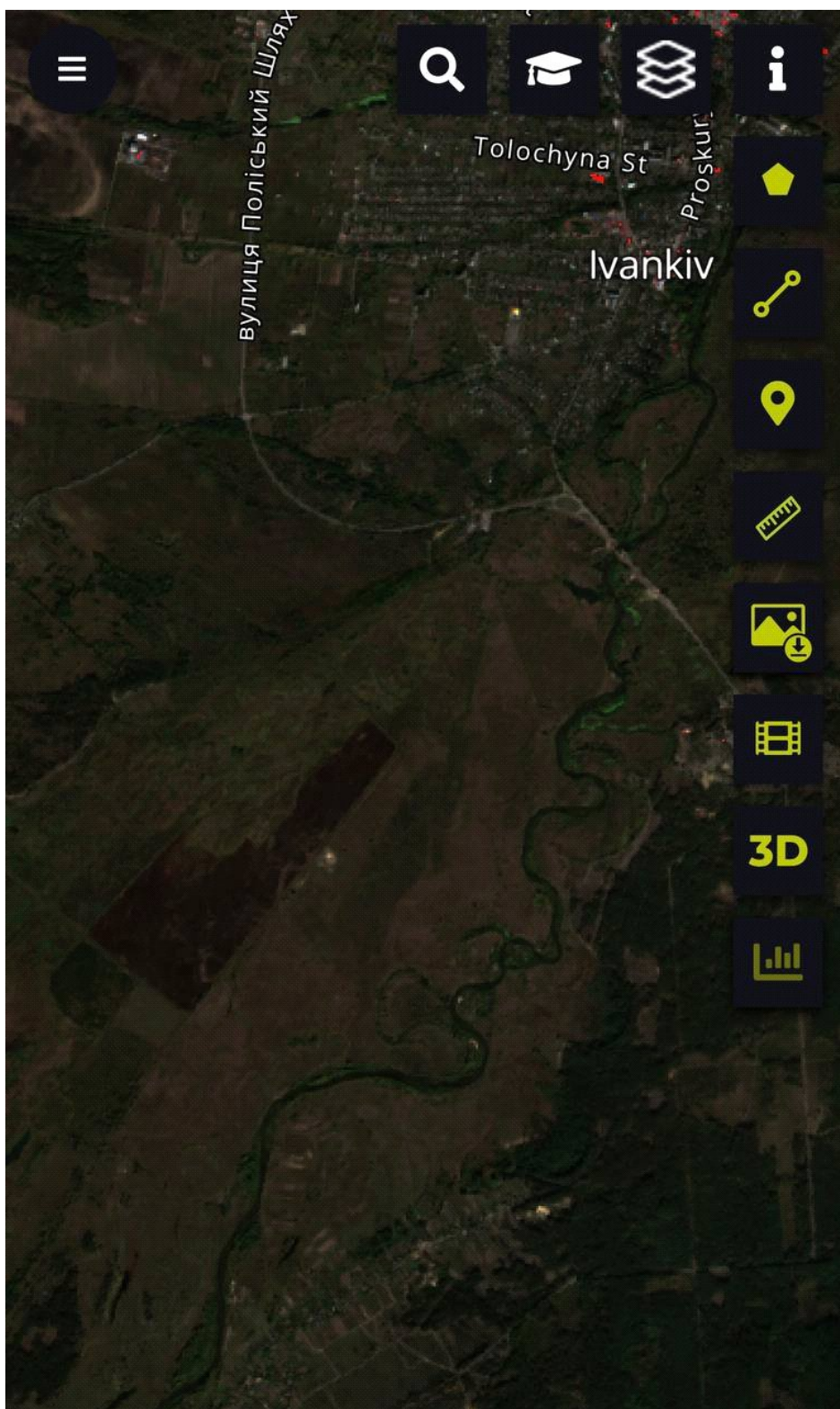


Рисунок 3.2 - Супутниковий знімок природного відновлення лісу в Бородянському районі після пожежі. На знімку видно перші ознаки росту нових дерев та відновлення підліску.

2. Штучне відновлення

Штучне відновлення лісів полягає в активній посадці нових дерев на місцях згорілих лісів. За допомогою EO Browser можна оцінити ефективність цих заходів, спостерігаючи за новими лісовими насадженнями. Знімки дозволяють точно визначити площі, на яких була проведена висадка.

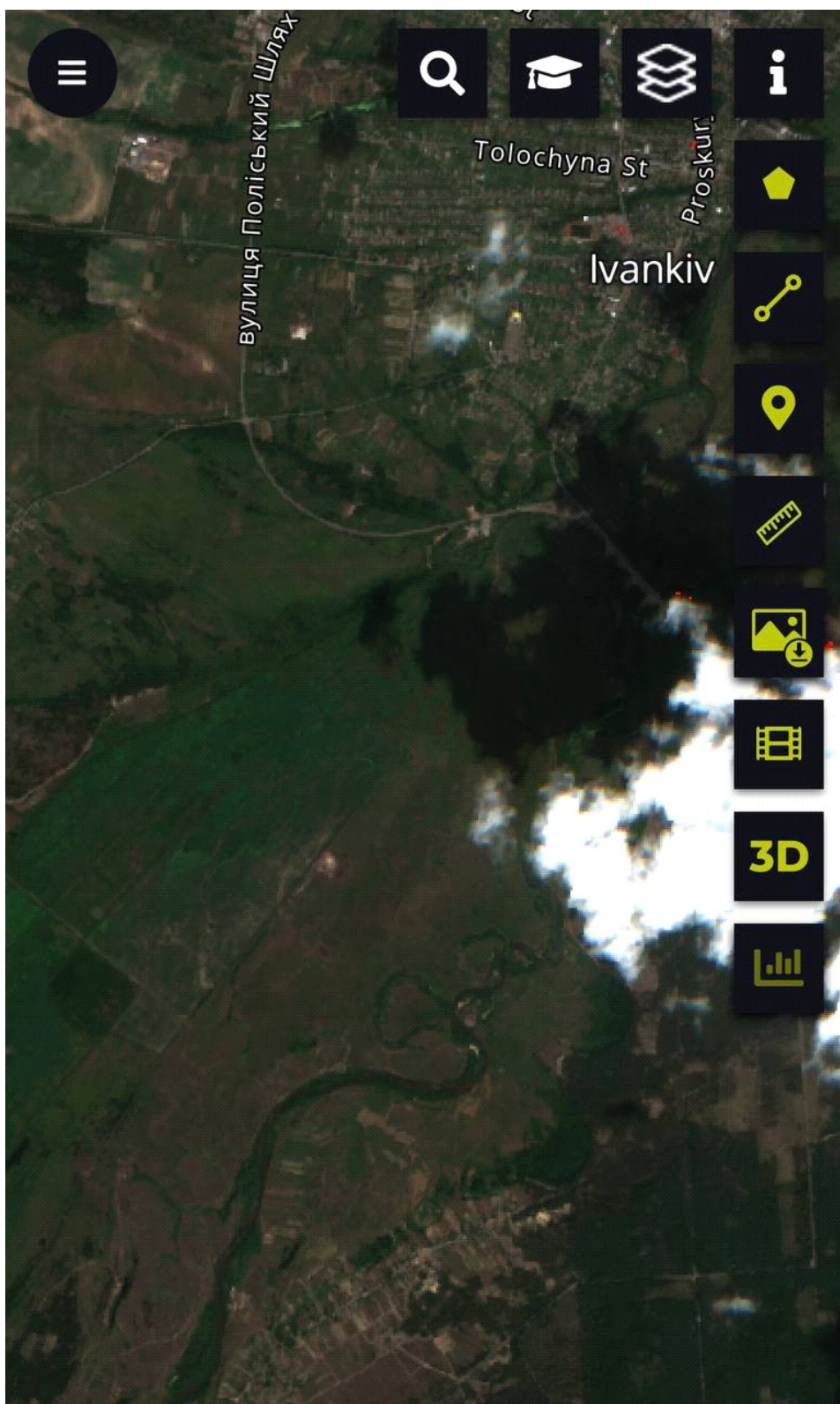


Рисунок 3.3 - Штучне відновлення лісу після пожежі в Бородянському районі. Знімок демонструє нові посадки, які були здійснені на місці згорілих лісів.

Моніторинг та оцінка відновлення лісів

Моніторинг стану лісів і контроль за процесом відновлення є важливою частиною цього процесу. EO Browser надає можливість моніторити зміни в лісовому покритті, визначати ступінь відновлення та порівнювати дані за різні роки.

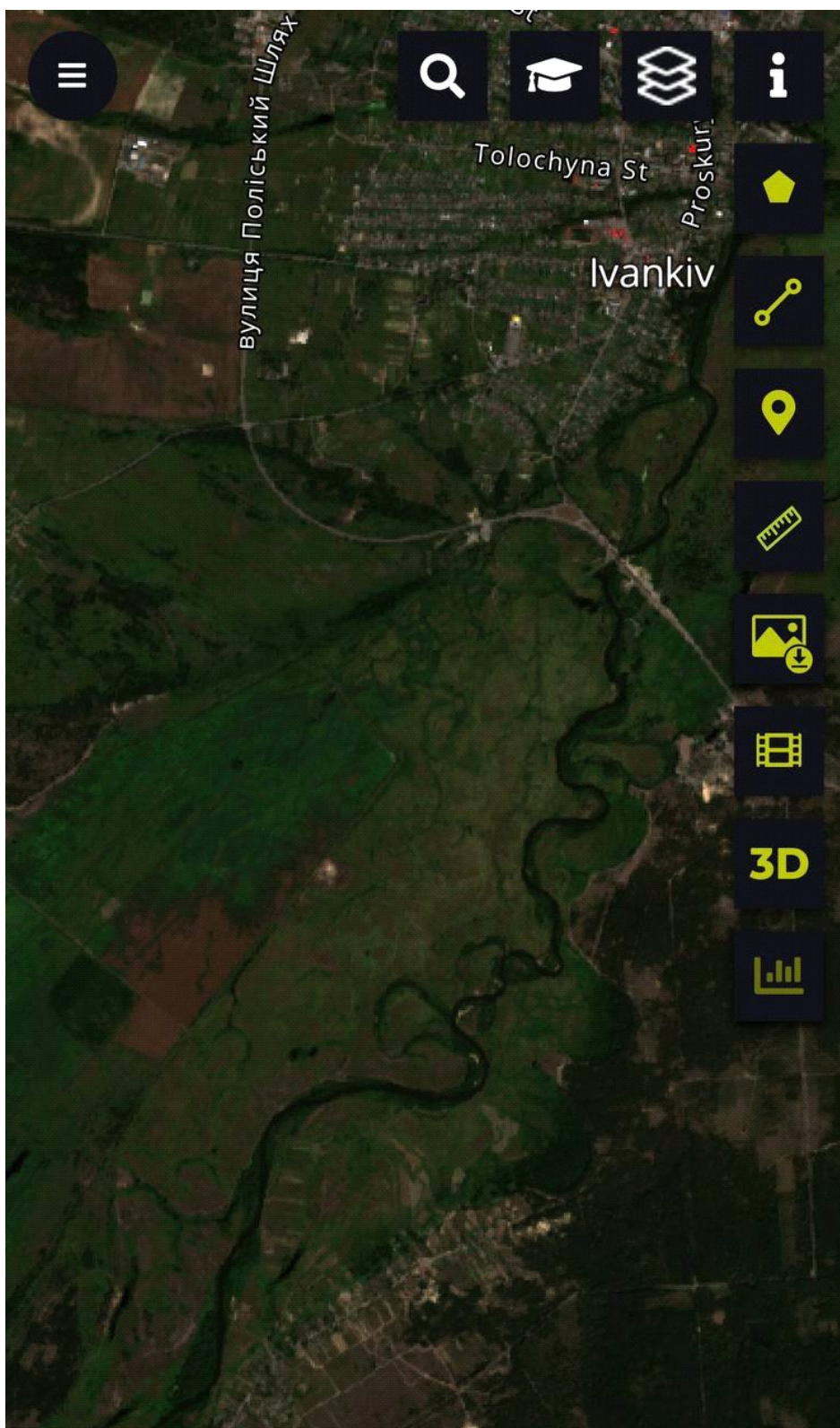


Рисунок 3.4 - Оцінка відновлених лісів в Бородянському районі за допомогою EO Browser на 2023 рік. Фото показує здоров'я та густоту нових насаджень.

4.2 Пожежі у торф'яниках та динаміка їх відновлення

Пожежі торфовищ – відзначається особливою важкістю локалізації та гасіння. Вони відбуваються через осушення болотистих територій, сприятливі погодні умови та інші фактори, що сприяють запалюванню торфу.

Завдяки сучасним засобам дистанційного зондування, зокрема супутниковим знімкам EO Browser із даними Sentinel-2 L2A, сьогодні можна не тільки своєчасно виявляти осередки пожеж, але й аналізувати процес відновлення рослинного покриву на постраждалих територіях.

У вересні 2019 року поблизу села Соболівка (Київська область) було зафіксовано масштабну пожежу на торфовищі. Горіння тривало кілька днів, охоплюючи осушені заболочені ділянки[38].. На супутникових знімках добре видно як зони активного горіння, так і наслідки для довкілля.

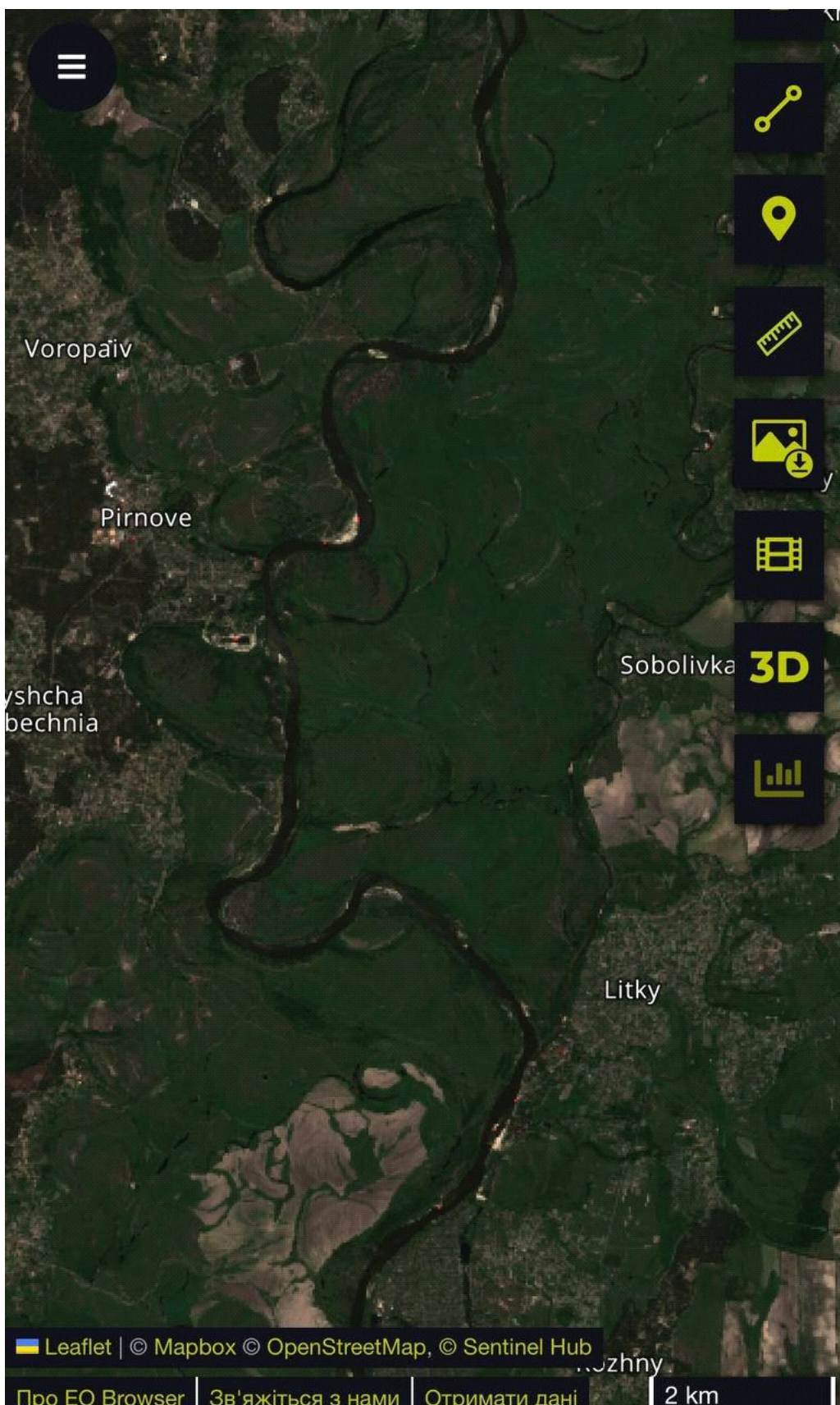


Рисунок 4.1- Територія поблизу с. Соболівка до пожежі(13.08.2019)



Рисунок 4.2 - Пожежа на (13.09.2019)

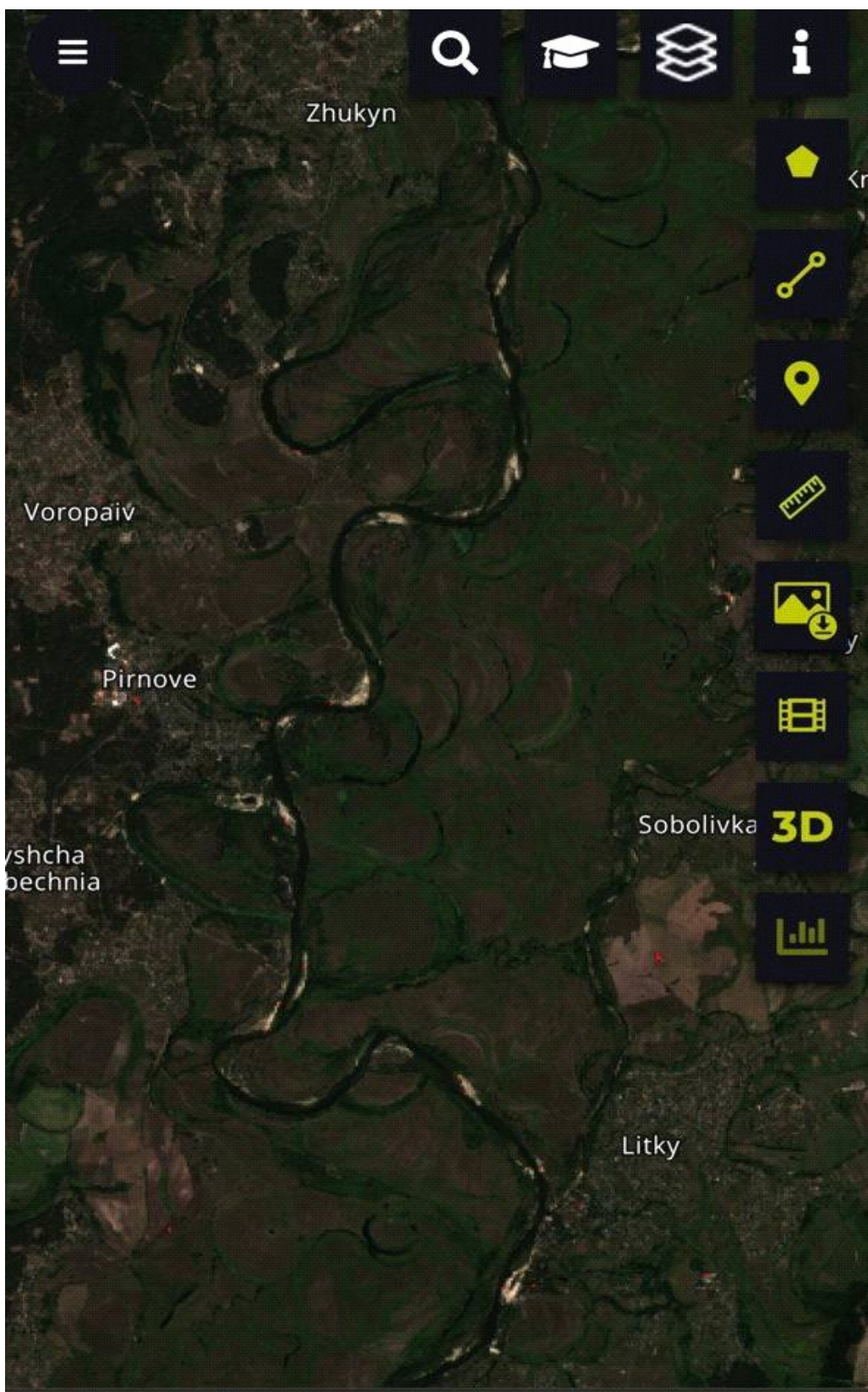


Рисунок 4.3 - Відновлення після пожежі (13.09.2021)

Моніторинг торфовищ за допомогою супутникових знімків дає можливість не лише оперативно виявляти осередки пожеж, а й ефективно відстежувати процес відновлення екосистем.

Випадок поблизу села Соболівка демонструє, що навіть після масштабної пожежі торф'яника, природні умови можуть сприяти досить швидкому відновленню рослинного покриву.

Висновки до розділу 4

У результаті дослідження динаміки відновлення лісів після пожеж у Київській області було виявлено значні зміни в ландшафтних структурах регіону. Процес відновлення лісів, який триває після великих пожеж, має дві основні форми: природне та штучне відновлення.

Проте, на деяких територіях, особливо в районах з високою антропогенною активністю, природне відновлення було недостатнім для забезпечення стійкості екосистеми. В таких випадках були застосовані методи штучного відновлення лісів, зокрема, через посадку нових дерев.

Це дозволило значно прискорити відновлення лісового покриву і повернення до природних екосистем.

Також, за допомогою супутникових знімків і методів дистанційного зондування Землі, вдалося оцінити ефективність відновлювальних процесів. Було виявлено, що в районах, де проводилися активні заходи з посадки нових дерев, таких як Бородянський район, відновлення лісів відбулося набагато швидше.

У той час як в місцях, де природне відновлення проходило без допомоги людини, цей процес тривав довше і був менш стабільним.

Особливу увагу слід приділяти моніторингу процесів відновлення, що здійснюється за допомогою супутникових технологій.

Це дозволяє точно оцінити площі, що потребують додаткових заходів, і своєчасно коригувати стратегії відновлення.

Таким чином, результати дослідження підтверджують, що для ефективного відновлення лісів необхідне поєднання природних та штучних методів відновлення.

Додатково, важливою є роль моніторингу і своєчасного реагування на зміни в екосистемі, щоб запобігти подальшим лісовим пожежам і забезпечити довгострокову стабільність лісових масивів Київської області.

ВИСНОВКИ

4. На основі отриманих результатів розроблено практичні рекомендації щодо удосконалення системи моніторингу та лісовідновлювальних заходів. Запропоновано ширше впровадження супутникових технологій у постійний екологічний контроль.
3. Дослідження дозволило розрізнити природне й штучне лісовідновлення. У районах з активним втручанням (штучна посадка) відновлення проходило швидше. Водночас природні процеси дають стабільні результати у довгостроковій перспективі.
2. За допомогою супутникових знімків Sentinel-2, оброблених у EO Browser, вдалося виявити осередки пожеж, оцінити рівень деградації рослинності та простежити процеси її відновлення. Індекс NDVI показав зниження після пожеж і поступове зростання в наступні роки.
1. Лісові пожежі залишають серйозний екологічний слід на території Київської області. Найбільші масштаби спостерігались у 2020 році в Бородянському, Вишгородському та Іванківському районах. Аналіз літературних джерел та відкритих даних підтвердив актуальність проблеми.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Лановенко О. Г., Остапішина О. О. (2013). *Словник-довідник з екології*. Херсон: ПП Вишемирський В. С.
2. Всесвітній фонд природи (WWF-Україна). (2024). Як пожежі шкодять екосистемам та здоров'ю людей: <https://wwf.ua/?15219941%2FPozhezhi-zagroza-dlya-pryrody-ta-zdorovya-lyudej=>
3. ДСТУ 2272:2006. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять.
4. Смирнов О. В., Ковальчук І. М., Петрова Л. Ю. (2022). Вплив пожеж на довкілля: природні та антропогенні фактори. Екологічний вісник: <https://ecovestnik.ua/archives/2022/3/5>
5. Класифікація пожеж. (2021). Техносектор-Сервіс : <https://ts.kiev.ua/klasyfikatsiia-pozhezh/>
6. Попович В., Гапало А. (2020). Температурний вплив ландшафтних пожеж на екологічний стан ґрунтів. : https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-1a1a9d4b-53ee-48b0-85f1-a547ec9888db/c/ZN_SGSP_76_Popovych_Hapalo.pdf
7. Сталий розвиток для України. (2022). Вплив пожеж на лісові екосистеми. Сталий розвиток для України: <https://sd4ua.org/vplyv-pozhezh-na-lisovi-ekosystemy/>
8. Смирнов О. В., Ковальчук І. М., Петрова Л. Ю. (2022). Вплив пожеж на довкілля: природні та антропогенні фактори: <https://ecovestnik.ua/archives/2022/3/5>
9. Мельник І. О., Левченко О. В., Шевченко Т. М. (2024). Вплив лісових пожеж на біорізноманіття. *Екологічний журнал України*. Доступно за адресою: <https://ecojournal.com.ua/vplyv-lisovyh-pozhezh-na-bioriznomanittya>
10. Екологічна ініціатива. (2023). Забруднення земель внаслідок агресії Росії проти України: <https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/zabrudnennia-zemel-vi-d-rossi-l.pdf>

11.Дударєва Г. Ф. (2021). Фактори забруднення навколишнього середовища.
Запорізький національний
університет

<https://moodle.znu.edu.ua/mod/resource/view.php?id=2819>

12.Львівська політехніка. (2024). СТАЛИЙ РОЗВИТОК: Захист навколишнього середовища, енергоощадність:

https://science.lpnu.ua/sites/default/files/attachments/2024/oct/36233/stalyy-rozvytok-zakhyst-navkolyshnoho-seredovyshcha-enerhooshchadnist-20241_1.pdf

13.Природна регенерація: <https://ukrayinska.libretexts.org>

14 Лук'янець В. А., Румянцев М. Г., Мусієнко С. І., Тарнопільська О. М., Кобець О. В., Бондаренко В. В. Досвід штучного лісовідновлення дубових насаджень різними методами та видами садивного матеріалу в Південно-Східному Лісостепу України // ResearchGate. – 2025. – URL: https://www.researchgate.net/publication/370284788_Dosvid_stucnogo_lisovidnovlennn_dubovih_nasadzen_riznimi_metodami_ta_vidami_sadivnogo_materialu_v_Pivdenno_Shidnomu_Lisostepu_Ukraini

15.WWF-Україна. Збереження біорізноманіття після лісових пожеж. URL: <https://wwf.ua/?15219>

16.Державна екологічна інспекція України. Наслідки пожеж для ґрунтів. URL: <https://sw.dei.gov.ua/post/3602>

17.Державне агентство водних ресурсів України. Управління водними ресурсами. URL: <https://www.davr.gov>.

18.Смирнов О. В., Ковальчук І. М., Петрова Л. Ю. (2022). Вплив пожеж на довкілля: природні та антропогенні фактори. <https://ecovestnik.ua/archives/2022/3/5>

19. Географія України: Підручник / О. Г. Стадник, Г. Д. Довгань. — Київ: Освіта, 2020.
20. Водні ресурси Київщини // Басейнове управління водних ресурсів середнього Дніпра. URL: <https://buvr.sd.gov.ua>
21. Клімат Київської області. Державна служба України з надзвичайних ситуацій. URL: <https://dsns.gov.ua>
22. Ґрунти України / Підручник за ред. В.В. Медведєва. — Київ: Аграрна освіта, 2018.
23. Геологічна карта України. — Державна служба геології та надр України. URL: <https://geo.gov.ua>
24. Інженерна геологія України / За ред. В.В. Привалова — Київ: Либідь, 2018.
25. Національний атлас України. URL: <https://atlas.gov.ua>
26. Климатичний атлас України / Укргідрометцентр. URL: <https://meteo.gov.ua>
27. ДСНС України: Пожежна небезпека в лісах. URL: <https://dsns.gov.ua>
28. Екологічний паспорт Київської області 2023 року. URL: <http://kiev.eco.gov.ua>
29. Національна стратегія збереження біорізноманіття України до 2030 року. URL: <https://mepr.gov.ua>
30. Дані Державного агентства водних ресурсів України. URL: <https://www.davr.gov.ua>
31. Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник. URL: <https://zapovidnyk.org.ua>
32. EO Browser — Платформа для перегляду супутникових знімків. URL: <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>

33. FIRMS – Fire Information for Resource Management System, NASA. URL: <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/>
34. EFFIS – European Forest Fire Information System. URL: <https://effis.jrc.ec.europa.eu/>
35. Copernicus EMS- https://emergency.copernicus.eu/?utm_source=chatgpt.com
36. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. (2023). Екологічний паспорт Київської області. Retrieved from <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/04/Ekologichnyj-pasport-Kyyivska-oblast.pdf>
37. Які висновки варто зробити у Київських пожеж? [Hromadske.radio](https://hromadske.radio/publications/naybrudnishe-povitria-u-sviti-iaki-vysnovky-varto-zrobyty-z-kyivs-kykh-pozhezh). Retrieved from <https://hromadske.radio/publications/naybrudnishe-povitria-u-sviti-iaki-vysnovky-varto-zrobyty-z-kyivs-kykh-pozhezh>
38. про сезон горіння торф'яників на Київщині. Суспільне. <https://suspilne.media/kyiv/565141-sukaut-pozezi-dronami-u-dsns-rozpovili-pro-sezon-gorinna-torfanikiv-na-kiivsini/>