

<https://doi.org/10.26565/2075-1893-2026-43-07>
УДК: 528.8:504.064:502.4

Софія Іваненко*

провідний інженер, НДУ «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»
e-mail: sofiyuuu@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-4104-3378>

Борис Шуліка**

кандидат географічних наук, доцент кафедри фізичної географії та картографії факультету геології, географії, рекреації і туризму e-mail: b.o.shulika@karazin.ua; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2427-4124>

*НДУ «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем», вул. Єніна Євгенія (Бакуліна), 6, м. Харків, 61165, Україна

**Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022, Україна

Геопросторовий аналіз впливу бойових дій на стан лісових заказників «Дібрівський» та «Новопавлівський» (за даними 2024-2025 рр.)

Метою статті є геопросторовий аналіз та комплексна оцінка екологічних наслідків воєнного впливу на лісові екосистеми заказників «Дібрівський» та «Новопавлівський» (Дніпропетровська область). Дослідження спрямоване на визначення ступеня пошкодження та деградації лісового покриву в період 2024–2025 рр. із застосуванням методів дистанційного зондування Землі, які наразі є єдиним безпечним джерелом об'єктивних даних про стан територій, де ведуться активні бойові дії.

Основний матеріал. У рамках дослідження застосовано методіку порівняльного аналізу мультиспектральних космічних знімків супутника Sentinel-2 за жовтень 2024 та 2025 років. Для ідентифікації змін обраховано та класифіковано різниці значення спектральних індексів: нормалізованого коефіцієнта вигорання (NBR) для виявлення пірогенних пошкоджень та нормалізованого вегетаційного індексу (NDVI) для оцінки біомаси. Валідацію результатів здійснено через зіставлення з архівними даними теплових аномалій NASA FIRMS та картами бойових дій DeepStateMAP. Геоінформаційний аналіз дозволив встановити, що станом на кінець 2025 року 66,5% площі лісових масивів перебуває у стані критичного екологічного стресу. Виявлено специфіку пошкоджень: індекс NBR зафіксував відсутність зон повного вигорання (клас 5 склав 0%) та переважання низького ступеня пошкодження (49,5%), що свідчить про локальний характер низових пожеж. Водночас індекс NDVI відобразив масштабне пригнічення фізіологічного стану рослинності. Встановлено, що площа зон фізичного знищення біоценозу (вирви, фортифікації, епіцентри вибухів) становить лише 1,2% від загальної території.

Висновки. Результати дослідження підтвердили, що ключовим чинником деградації досліджуваних об'єктів ПЗФ є накопичувальний ефект впливу бойових дій (дія ударних хвиль, пошкодження кори дерев уламками, рух важкої техніки), а не лише прямий пірогенний вплив. Відсутність тотального знищення деревостану вказує на наявність потенціалу до природного відновлення екосистем після демілітаризації територій. Використання комбінації спектральних індексів NBR та NDVI довело свою ефективність для дистанційної фіксації екологічних збитків та моніторингу біорізноманіття в умовах воєнних дій.

Ключові слова: лісові заказники, бойові дії, геопросторовий аналіз, Sentinel-2, спектральні індекси (NBR, NDVI), екологічний моніторинг, деградація лісів.

Як цитувати: С. Іваненко, Б. Шуліка. Геопросторовий аналіз впливу бойових дій на стан лісових заказників «Дібрівський» та «Новопавлівський» (за даними 2024-2025 рр.). *Проблеми безперервної географічної освіти і картографії*. 2026. Вип. 43. С. 62–69. <https://doi.org/10.26565/2075-1893-2026-43-07>

In cites: S. Ivanenko, B. Shulika. (2026). Geospatial analysis of the impact of hostilities on the condition of the Dibrivsky and Novopavlivsky forest reserves (based on data from 2024-2025). *The problems of continuous geographical education and cartography*, (43), 62–69. <https://doi.org/10.26565/2075-1893-2026-43-07> (in Ukrainian)

Вступ. Лісові заказники «Дібрівський» та «Новопапавлівський» розташовані приблизно в 17 км на схід від с. Покровське в Дніпропетровській області. На заході заказник «Дібрівський» межує з населеним пунктом Великомихайлівське, на сході – з н.п. Лісне, а на півдні його обтікає русло річки Вовча. Заказник «Новопапавлівський» на сході також межує з річкою Вовчою, по якій проходить кордон Дніпропетровщини з Донецькою областю, а на заході – з р. Кам'янка. На півдні від цього заказника знаходяться багаторічні насадження, що мають лісогосподарське призначення. На північ від обох заказників розташовані сільськогосподарські угіддя, які представлені ріллям, пасовищами та перелогами.

Дані заказники мають природоохоронний статус та входять у склад екологічної мережі Дніпропетровського регіону. Зокрема, лісовий заказник загальнодержавного значення «Дібрівський» був створений ще у 1974 році (площа 1079 га), а заказник «Новопапавлівський» (площа 650 га) отримав свій статус у 1990 році [4]. Згідно з планами розвитку екомережі Дніпропетровської області, на базі цих територій передбачалося створення Національного природного парку «Дібрівський ліс» [1].

Унікальність цих ландшафтів також полягає у поєднанні широкої лісової заплави зі скелястими відслоненнями Українського щита вздовж берегів річки Вовча та гирла її притоки Кам'янки. Завдяки специфічним ґрунтовим утворенням (від алювіальних пісків до чорноземів на плато) тут сформувався складний рослинний покрив. Він представлений як природними віковими дібровами та березово-осиковим гаєм у низинах (наприклад, «Чорний бір»), так і масивами штучних соснових насаджень на підвищеннях («Червоний бір»), закладення яких розпочалося ще у другій половині XIX століття [1; 3].

Заказники мають велике біорізноманіття. З представників флори налічується понад 600 видів тільки судинних рослин, серед яких присутні рідкісні види (астрагал дніпровський, сон чорніючий, ковила дніпровська) та фауністичним світом з близько 1500 видами безхребетних. На території заказників фіксується висока щільність гніздування хижих птахів та наявність колоній сірих чапель [1]. Окрім біологічної, заказники мають і історико-культурну цінність, адже на їхніх територіях зберігаються пам'ятки природи (вікові дуби) та історичні топоніми.

Вихідні передумови. У зв'язку з активними наступальними діями російських окупаційних військ на Дніпропетровщину, територія області, зокрема і досліджувані заказники як важливі компоненти Природно-заповідного фонду України (ПЗФ), зазнають значного воєнного впливу [2; 6]. Такі природні території більше не виконують функцію охорони певних природних комплексів чи їх компонентів, а також не дозволяють вести обмежене господарське

використання. У цьому контексті актуальність дослідження полягає у виявленні змін на територіях об'єктів ПЗФ внаслідок воєнних дій для подальшого фіксування збитків та побудови плану відновлення українських природоохоронних територій.

Варто зазначити, що ці об'єкти почали зазнавати сильного впливу з липня 2025 року, коли лінія фронту наблизилася до адміністративних меж області. Наразі частина лісів заказника «Дібрівський» перебуває в сірій зоні можливої окупації, а територія селища Новоселівка зазнала окупаційних дій. В умовах прямого впливу воєнних дій та високих безпекових ризиків проведення класичної верифікації даних шляхом польових обстежень є неможливим. Лісові масиви на лінії зіткнення часто замінуються та містять значну кількість нерозірваних боєприпасів, що унеможлиблює фізичний доступ дослідників. Водночас дистанційне зондування Землі залишається єдиним безпечним та ефективним інструментом для оцінки екологічного стану територій, де ведуться активні бойові дії. Зокрема, використання знімків супутника Sentinel-2 дозволяє провести оцінювання масштабів пошкоджень та чітко виділити зони ураження [10]. Для інтерпретації знімків та проведення кількісного аналізу втрат територій ПЗФ доцільним є виконання класифікації різницевого індексу, а саме – нормалізованого вегетаційного індексу NDVI та нормалізованого коефіцієнту вигорання NBR. Відтак, у даній роботі здійснюється оцінка ступеня пошкодження та деградації лісових екосистем об'єктів ПЗФ внаслідок прямого та опосередкованого впливу бойових дій.

Мета статті полягає у виявленні та просторово-кількісному аналізі змін стану лісового покриву заказників «Дібрівський» та «Новопапавлівський» із використанням методів геоінформаційного аналізу та даних супутникового моніторингу Sentinel-2. Для досягнення цієї мети необхідно дослідити трансформації, які відбулися на цих природоохоронних територіях внаслідок воєнних дій, провести оцінювання масштабів пошкоджень за допомогою мультиспектральних знімків, а також виконати класифікацію різницевого індексу для визначення ступеня деградації лісових екосистем.

Методика дослідження. Для реалізації поставлених завдань застосовано методику порівняльного просторово-часового аналізу даних дистанційного зондування Землі. Інформаційною базою дослідження слугували мультиспектральні космічні знімки супутника Sentinel-2 (рівень обробки Level-2A) за 22 жовтня 2024 р. та 29 жовтня 2025 р., отримані з відкритого репозитарію Copernicus Open Access Hub. Вибір дат зйомки обумовлений необхідністю аналізу рослинного покриву в ідентичні фенологічні фази для мінімізації сезонних похибок.

Цифрова обробка зображень, розрахунок спектральних індексів та геопросторовий аналіз виконувалися у середовищі геоінформаційної системи

ArcGIS. Алгоритм дослідження включав такі етапи, як розрахунок спектральних індексів за допомогою інструментарію Raster Calculator (Map Algebra) (Нормалізований вегетаційний індекс (NDVI) та Нормалізований коефіцієнт вигорання (NBR)), співставлення змін (Change Detection) шляхом віднімання значень 2025 року від значень 2024 року, класифікація методом порогової класифікації (threshold classification). Градація ступенів пошкодження для різницевого індексу NBR базувалася на стандартизованій шкалі Геологічної служби США (USGS), адаптованій для оцінки наслідків пожеж. Пікселі растру було перекласифіковано (Reclassify) у 5 дискретних класів, що відповідають рівням від «відновлення/не горіло» до «високого ступеня вигорання». Для індексу NDVI застосовано аналогічний підхід із виділенням зон «екологічного стресу» та фізичного знищення біомаси.

Верифікація отриманих зон пошкодження здійснювалася шляхом зіставлення класифікованих растрів із векторними даними локалізації пожеж архіву NASA FIRMS (сенсори VIIRS/MODIS) за період серпень – вересень 2025 року та даними інтерактивної мапи бойових дій DeepStateMAP.

Виклад основного матеріалу. Лісові заказники «Дібрівський» та «Новопавлівський» являють собою території лісгосподарського призначення. Відомо, що ці об'єкти почали зазнавати сильного воєнного впливу з липня 2025 року, коли російські війська знаходилися менше ніж за 3 км від адміністративних меж Дніпропетровської області. На грудень 2025 року частина лісів заказника «Дібрівський» знаходиться в сірій зоні можливої окупації російською армією. Так, близько 50 % території селища Новоселівка, що розташоване на південь від цього заказника, зазнала окупаційних дій наприкінці жовтня 2025 року. Напрямок наступальних дій збройних сил росії від цього населеного пункту йде на захід, відповідно, у сторону с. Великомихайлівка. Як вже було зазначено, ліси заказників обмежуються на півдні річкою Вовча, яка виступає природним бар'єром та запобігає швидкому просуванню РОВ до цих об'єктів.

Для дослідження змін на даних територіях було взято знімки за 22 та 29 жовтня 2024 та 2025 років відповідно. Аналіз відбувався за допомогою інструментів геоінформаційних систем (ГІС) з паралель-

ним відслідковуванням змін лінії фронту з використанням інтерактивної мапи бойових дій в Україні «DeepStateMAP». За допомогою знімків з супутника Sentinel-2 було проведено оцінювання масштабів пошкодження, що також дозволило чітко виділити зони ураження лісів. Зокрема, валідація вигорілих ділянок відбувалася за допомогою архівних даних пожеж NASA FIRMS (VIIRS/MODIS) за 29.07.2025 (фіксація перших уражень лісового покриву) та в період з 31.08 по 30.09.2025 (31 день) [5; 7].

Після того, як територія заказників зазнала прямого впливу воєнних дій, і оцінюючи високі безпечні ризики, на кінець 2025 року проведення класичної верифікації даних шляхом польових обстежень є неможливою. Згідно з даними моніторингу, лісові масиви, що перебувають на лінії зіткнення ЗСУ та РОВ або у «сірій зоні», часто замінуються, а також містять значну кількість нерозірваних боеприпасів. Тому дистанційне зондування Землі залишається єдиним безпечним та ефективним інструментом для оцінки екологічного стану територій, де ведуться активні бойові дії [8; 9].

З метою інтерпретації знімків та проведення кількісного аналізу втрат територій ПЗФ було виконано класифікацію різницевих індексів, а саме – нормалізованого вегетаційного індексу NDVI та нормалізованого коефіцієнту вигорання NBR.

За результатами аналізу було виявлено відмінність у чутливості індексів. Так зони безпосередніх пожеж та сильного теплового впливу краще ідентифікував індекс NBR, а за індексом NDVI було виявлено значні площини лісового покриву, які класифікуються як «зони екологічного стресу». Тобто результати за вегетаційним індексом свідчать про деградацію біоценозу внаслідок впливу вибухових хвиль від бойових уражень досліджуваної місцевості. Це дозволило виділити категорії ділянок для подальшого обчислення їхніх площ ураження, а також для аналізу змін характеру впливу бойових дій в заказниках (рис. 1).

Для верифікації результатів та уніфікації шкали оцінювання безпосередньо для даного дослідження було використано порогові значення NBR, які рекомендовані Геологічною службою США (USGS) для моніторингу змін територій після пожеж.

Аналізом охоплено територію загальною площею 437,27 га, що відповідає контурам основних лі-

Таблиця 1 / Table 1

Розподіл площ та ступенів пошкодження лісового покриву за класифікацією NBR
Distribution of areas and degrees of damage to forest cover according to the NBR classification

Клас NBR	Значення NBR	Ступінь пошкодження	Площа (га)	Частка (%)*
Клас 1	< 0.1	Не горіло / Відновлення	204,26	46,7%
Клас 2	0.1 – 0.27	Низький ступінь пошкодження	216,22	49,5%
Клас 3	0.27 – 0.44	Помірно-низький ступінь	15,56	3,5%
Клас 4	0.44 – 0.66	Помірно-високий ступінь	1,23	0,3%
Клас 5	> 0.66	Високий ступінь (повне вигорання)	0	0%

*Розрахунок часток виконано відносно загальної площі аналізованих лісових масивів заказників.

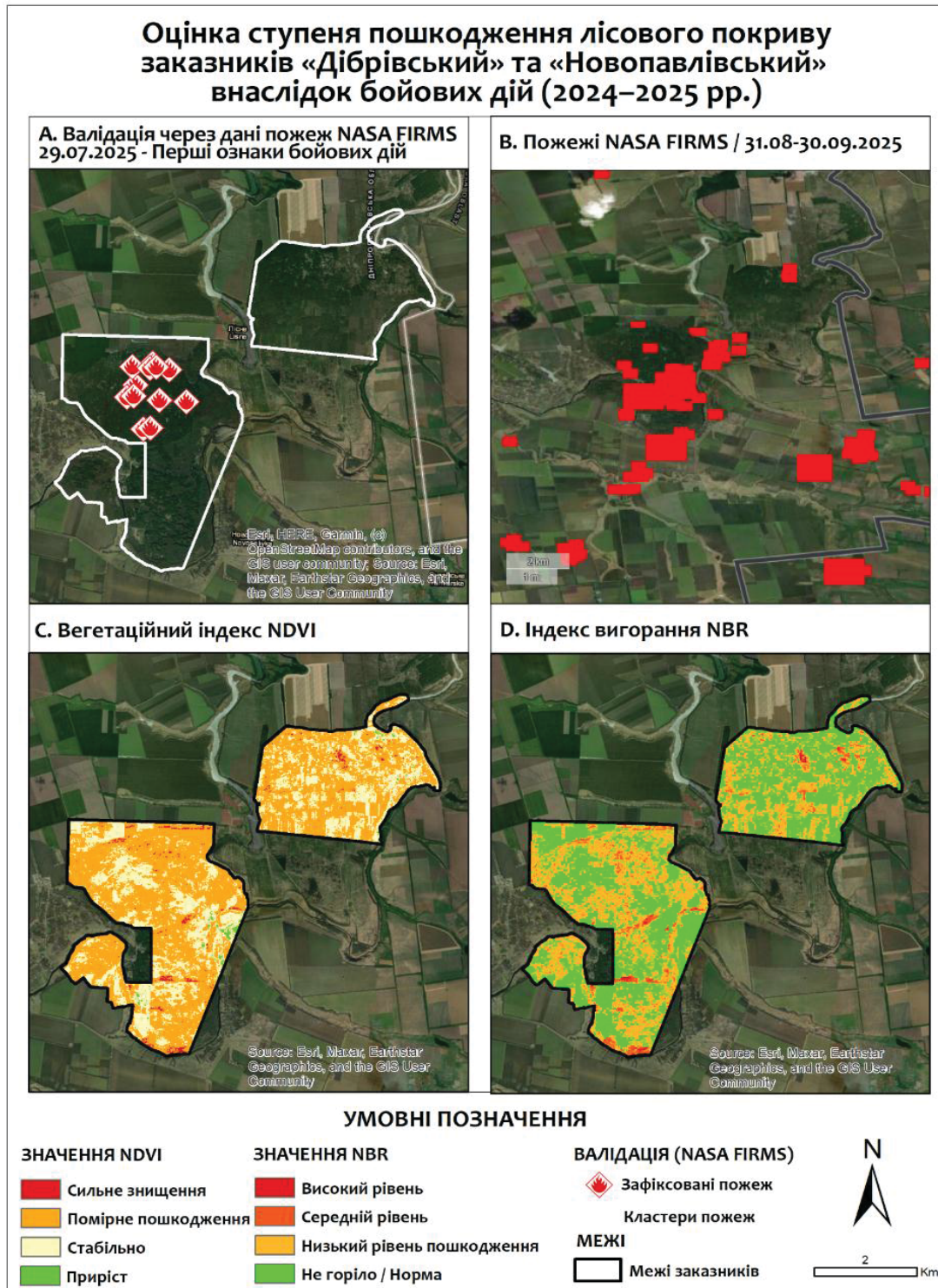


Рис. 1. Карта оцінки ступеня пошкодження лісового покриву заказників «Дібрівський» та «Новопавлівський» внаслідок бойових дій (за даними 2024-2025 рр.)
 Fig. 1. Map assessing the extent of damage to the forest cover of the Dibrivsky and Novopavlivsky nature reserves as a result of hostilities (based on data from 2024-2025)

сових масивів заказників (без урахування степових ділянок, сільськогосподарських угідь на території заказників та частин русел річок, якими також проходять їхні межі) [1]. Просторовий розподіл класів пошкодження та їх частка від загальної площі дослідження наведені у таблиці 1.

На побудованій карті оцінки ступеня пошкодження лісового покриву заказників можна виділити наступне просторове розподілення площ класів змін за індексом NBR:

Клас 1 – ділянки, які не були пошкоджені пожежами (46,7% від загальної площі дослідження).

Просторова диференціація цього класу є нерівномірною, оскільки він формує майже цілу ділянку лісового покриву у центральній та північній частинах заказника «Новопавлівський», тоді як у заказнику «Дібрівський» ці зони є фрагментованими та розірваними по всій території. Збереження майже половини лісового масиву свідчить про те, що попри близькість фронту, значна частина лісів (особливо у віддалених північних частинах заказників від основних доріг та населеного пункту Новоселівка) уникла прямих вогневих уражень або проходжень територію заказників важкої техніки.

Клас 2 – ділянки з низьким ступенем пошкодження (49,5 %). Даний клас змін є домінуючим. Він пов'язаний з особливостями просторового розміщення ділянок внаслідок антропогенного навантаження воєнного часу на територіях заказників. Так у «Новопавлівському» заказнику вони обтинають лісовий масив по периметру (узлісся), що характерно для впливу від руху військової техніки та пилової хмари від її руху, а в «Дібрівському» – покривають майже всю територію рваними ділянками. Такий перехід більшої частини лісів у стан стресу пояснюється не тільки прямими пожежами, а й дією ударних хвиль від постійного обстрілу територій заказників. Внаслідок цього кора дерев зазнає пошкоджень уламками боєприпасів. Також впливають можливі низові загоряння, які пошкоджують підлісок, але не знищують верхній ярус деревостану.

Клас 3 – середній рівень пошкодження, який показаний на карті локальними плямами та лінійними кластерами темно-помаранчевого кольору. На цей клас припадає 3,5 % від загальної території дослідження. Більша частина фрагментів територій цього ступеня пошкодження зосереджені переважно у Дібрівському лісі, менша – в північній та північно-східній частинах Новопавлівського лісу. Форма цих зон має вигляд діагональних смуг та скупчень, що може корелювати з місцями розміщення та облаштування фортифікаційних споруд, де було частково знято ґрунтовий покрив та пошкоджено кореневу систему, або ж з зонам артилерійських обстрілів середньої інтенсивності. Тому, цей клас є безпосередньо перехідною зоною, де рослинність зазнала суттєвих ушкоджень і має високий ризик подальшої деградації у наступному вегетаційному сезоні.

Клас 4 – ділянки з помірно-високим ступенем пошкодження (лише 0,3 % від загальної площі дослідження). На карті цей клас відображається у вигляді точкових об'єктів червоного кольору, розташованих всередині зон пошкодження 2-го і 3-го класів. Найбільша кількість таких ділянок лісів зосереджена у центральній частині обох заказників, а також на південь від центру заказника «Дібрівський» та у північно-східній частині заказника «Новопавлівський», що зумовлено близькістю фронту з активним веденням бойових дій. Таке

розташування ділянок цього класу свідчить про те, що вони є епіцентрами вибухів (місцями прильотів снарядів) або осередками локальних інтенсивних пожеж, де вогонь пошкодив значну частину біомаси. Незначна частка площі цього класу свідчить про те, що станом на жовтень 2025 року масштабних верхових пожеж, які мали б значний характер поширення, не було зафіксовано.

Клас 5 – зони з високим ступенем пошкодження, які характеризуються повним вигоранням лісу. На фінальній карті розподілу по території заказників цей клас візуально не відображений. Варто зазначити важливий технічний аспект обробки даних: первинна класифікація різницевого зображення (dNBR) виконувалася для всієї території супутникового знімка, де осередки 5-го класу були зафіксовані (переважно на прилеглих відкритих агроландшафтах). Однак, після процедури «обрізання» (Clip) класифікованого растру по масці меж досліджуваних заказників, пікселі даної категорії до фінальної вибірки не потрапили. З точки зору спектрального аналізу, відсутність значень dNBR > 0.66 безпосередньо в межах заказників пояснюється специфікою відгуку поверхні у короткохвильовому інфрачервоному діапазоні (SWIR). Для 5-го класу характерне різке зростання відбиття у SWIR (через наявність вугілля, попелу та сухого ґрунту) при мінімальному відбитті у ближньому інфрачервоному спектрі (NIR).

Вірогідно, у досліджуваних лісових масивах, навіть у найбільш пошкоджених зонах, сенсори Sentinel-2 зафіксували залишкову наявність вологи у біомасі, що не дозволило індексу перевищити порогове значення 0,66. Це підтверджує, що попри інтенсивні бойові дії, в межах заказників не відбулося катастрофічних верхових пожеж із повним вигоранням деревостану. Ситуація пояснюється переважанням локальних низових загорянь та механічних пошкоджень, а також захисними властивостями рельєфу та більш вологостійким складом заплавлених лісів, які запобігли поширенню вогню до критичних масштабів.

Достовірність отриманих результатів даного аналізу за індексом NBR підтверджується зіставленням із даними супутникового моніторингу пожеж NASA FIRMS. Так було простежено наявність чіткої кореляції між кластерами пожеж, які фіксувалися в перші періоди зазнавання територіями заказників бойових уражень (серпень-вересень 2025 року (Карта В)), та зонами пошкодження 2-го та 3-го класів на карті NBR (Карта D) [5]. Отже, виявлений індексом NBR вплив на лісовий покрив заказників доводить, що пошкодження середнього та помірно-високого ступенів є наслідком пірогенного впливу воєнного походження, що було зафіксовано у попередні місяці.

Отже, аналіз результатів за індексом NBR показав, що на території заказників «Дібрівський»

та «Новопавлівський» переважають ділянки з відсутністю пошкоджень від пожеж та зони з пошкодженнями низького ступеня (46,7% та 49,5 % від загальної площі дослідження відповідно), що переважно пов'язано з характером бойових уражень та пошкодженням крон та стовбурів дерев вибуховими хвилями та уламками снарядів, аніж повним знищенням лісового покриву. Менший відсоток ділянок лісового покриву мають середній та помірно-високий ступінь пошкодження (3,5% та 0,3 % від загальної площі дослідження відповідно), що пов'язано з точковим характером ударами артилерії, які не є суцільними зонами знищення лісів. Натомість, зон повного знищення лісового покриву (клас 5) в межах досліджуваної території виявлено не було.

За вегетаційним індексом NDVI проведено аналіз загального фізіологічного стану рослинності та біомаси лісів досліджуваних заказників. Таким чином, за результатами різницевого значень індексу було виявлено не тільки зони знищення лісу, а й ділянки, де рослинність зазнала екологічного стресу внаслідок бойових дій.

Для інтерпретації отриманих даних було проведено класифікацію, внаслідок якої було виділено чотири класи змін. Порогові значення було підбрано так, щоб відфільтрувати природні фенологічні сезонні зміни і виділити лише суттєві антропогенні трансформації (табл. 2).

Аналіз карти та статистичних даних дозволяє зробити наступні висновки щодо стану екосистеми заказників:

Клас 1 – це зони сильного ураження та знищення лісу (1,2% від загальної площі дослідження). На карті ці ділянки показані локалізовано червоними плямами. Просторовий розподіл цих ділянок корелює з епіцентрами найбільших пожеж, виявлених при аналізі індексу NBR (відповідно до нього, це класи 3 та 4). Фізично ці ділянки представлені територіями знищення біоценозів, а саме: місцями прильотів важкої артилерії (вирвами), лініями окопів та бліндажів без рослинного покриву, а також локальними осередками сильних пожеж, де деревостан був повністю вигорівшим.

Клас 2 – представлений на карті зонами пошкодження рослинності (66,5% від загальної площі дослідження). Більша кількість територій заказників

належать саме до цього класу. Але значна різниця між проаналізованою площею цього класу при NDVI (1162 га) та аналогічним класом при аналізі NBR свідчить про те, що реальний вплив бойових дій на заказники є ширшим. Лісовий покрив на цих територіях не був винищений повністю, але перебуває у стані сильного «екологічного стресу».

Основними причинами такої масштабної деградації є:

- дія вибухових хвиль від снарядів та обстрілів (потужні вибухи призводять до передчасного опадання листя та обламування гілок, що супутник фіксує як різке падіння вегетаційного індексу);
- вплив військової техніки (проїзд важкої гусеничної техніки пошкоджує кореневу систему та кору дерев, що порушує життєдіяльність рослин);
- утворення пилової хмари (піднятий вибухами та технікою пил осідає на листі, що перешкоджає фотосинтезу рослин та, як наслідок, знижує спектральну яскравість у ближньому інфрачервоному діапазоні).

Клас 3 – до цього класу відносяться ділянки заказників, де зміни вегетаційного індексу не перевищили поріг природної норми (± 0.1) (31,6% від загальної площі дослідження). Наявність таких зон (переважно у глибині Новопавлівського лісу) підтверджує коректність підбору порогових значень, де виключено можливість похибок через сезонні фенологічні коливання і виділено саме ті ділянки, які зазнали антропогенного впливу.

Клас 4 – це ділянки з умовним приростом лісу (0,7% від загальної площі дослідження). На карті цей клас представлений зеленими ділянками, які зафіксовані переважно по периметру лісових масивів (з північної сторони заказника «Новопавлівського» та зі східної сторони заказника «Дібрівського»). На сході Дібрівських лісів межа заказника проходить по руслу річки Вовча, тому важливим аспектом такої локалізації є наявність вологолюбної прибережно-водної рослинності (очерет, рогоза, заплавні чагарники), яка в умовах жовтня зберігає вищу вегетаційну активність та біомасу порівняно з сухим лісом або степовими ділянками. На інших ділянках межування заказників (що не відносяться до заплави) фіксація цього класу може пояснюватися сходами озимих сільськогосподарських культур.

Таблиця 2 / Table 2

Розподіл площ та характеру змін рослинного покриву за індексом NDVI**
Distribution of areas and nature of changes in vegetation cover according to the NDVI index**

Клас NDVI	Значення NDVI	Ступінь пошкодження	Площа (га)	Частка (%)*
Клас 1	< -0.3	Сильне знищення	20,54	1,2%
Клас 2	-0.3 – (-0.1)	Пошкодження	1162,88	66,5%
Клас 3	-0.1 – 0.1	Стабільно / Без змін	553,10	31,6%
Клас 4	> 0.1	Умовний приріст	12,01	0,7%

*Розрахунок часток виконано відносно загальної площі аналізованих лісових масивів заказників.

**Загальна площа аналізу за NDVI є більшою за NBR через охоплення меж територій заказників.

Тому даний клас відображає специфіку ландшафту (наявність річкової долини) та сезонні агротехнічні процеси, а не відновлення пошкоджених лісових масивів, тому його площу доцільно виключити з оцінки лісовідновлення.

Отже, аналіз результатів за індексом NDVI показав, що виявлений масштабний «екологічний стрес» у рослин (переважання класу 2) створює загрози для майбутнього існування лісових екосистем заказників.

Висновки. За результатами дослідження трансформацій, які відбулися на природоохоронних територіях, підтверджено, що лісові заказники «Дібрівський» та «Новопапавлівський» зазнали суттєвого антропогенного навантаження внаслідок воєнних дій. Виконана класифікація різницевих індексів дозволила визначити ступінь деградації екосистем: станом на жовтень 2025 року значна частка лісового покриву (близько 66,5%) ідентифікована як така, що перебуває у стані «екологічного стресу».

Проведене оцінювання масштабів пошкодження за допомогою мультиспектральних знімків та порівняння спектральних індексів виявило, що домінуючим фактором руйнування виступає не тільки прямий пірогенний вплив, але також і механічний внаслідок дії вибухових хвиль, артилерійських обстрілів та руху важкої військової техніки. При цьому встановлено, що площа повного знищення лісових масивів є відносно незначною і становить 1,2 %, тоді як загальний масштаб поширення пошкодження деревостанів залишається критичним. Відсутність зон повного знищення лісу (клас 5 за індексом NBR) дає підстави сподіватися на можливе відновлення природних екосистем заказників після завершення ведення на їхніх територіях бойових дій. Водночас збереження біорізноманіття та рідкісних видів флори потребує подальшого моніторингу, оскільки тривалий стресовий вплив може спровокувати незворотні зміни у структурі місцевих біоценозів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Дібрівський ліс. Портал «ДніпроКультура». URL: https://www.dnipro.librdp.ua/Dnipropetrovshina_flora_Dibrivskiy_lis/ (дата звернення: 25.12.2025)
2. Екологічні наслідки війни в Україні: аналіт. огляд. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Київ, 2023. URL: <https://mep.gov.ua/wp-content/uploads/2023/05/DP-Harkivskiy-zavod-spetsialnyh-mashyn.pdf> (дата звернення: 25.12.2025)
3. Манюк В. В. Природна спадщина Дніпропетровщини. [Б. м. : б. в.], 2003. 18 с. : іл.
4. Природно-заповідний фонд. Дніпропетровська обласна універсальна наукова бібліотека. URL: <https://www.librdp.ua/region-prirodnoznav-zapovidnuku.html> (дата звернення: 20.12.2025)
5. Fire Information for Resource Management System (FIRMS). NASA. URL: <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/map/> (дата звернення: 12.12.2025)
6. Hodsman C., Petrenko V. Impacts of war on Ukrainian nature. *International Journal of Environmental Studies*. 2024. Vol. 81. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00207233.2024.2314856> (дата звернення: 18.12.2025)
7. Yailymov B., Yailymova H., Shelestov A., Shumilo L. Monitoring of Fires Caused by War in Ukraine Based on Satellite Data. *2023 13th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT)*. Athens, 2024. P. 1-5. DOI: 10.1109/DESSERT61349.2023.10416520
8. Myroniuk V. Remote assessment of shelterbelt conditions after military actions. *Ukrainian Journal of Remote Sensing*. 2025. Vol. 12. URL: <https://ujrs.org.ua/ujrs/article/view/281> (дата звернення: 21.12.2025)
9. Myroniuk O. The destruction of urban forests in Ukraine: potential social impacts, remote sensing-based monitoring. *Ecosystem Services*. 2024. URL: <https://ela.kpi.ua/bitstreams/fdc249f1-58ae-476f-943d-46011aa3a1b5/download> (дата звернення: 22.12.2025)
10. Waśniewski A., Stereńczak K. Impact of the war on forest ecosystem in Ukraine based on Sentinel-2 data. *Scientific Reports*. 2026. Vol. 16, No. 1. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/41530510/> (дата звернення: 24.12.2025)

Конфлікт інтересів: автори засвідчують, що, незважаючи на те, що один із авторів статті є членом редакційної колегії цього журналу, процес рецензування, прийняття рішення щодо публікації та редагування проводилися незалежно, без його участі чи впливу. Будь-які потенційні конфлікти інтересів були повністю усунені шляхом зовнішнього контролю процесу.

Стаття надійшла до редакції 10.01.2026

Стаття рекомендована до друку 20.02.2026

Опубліковано 30.05.2026

Ivanenko Sofia – Leading Engineer, Scientific and Research Institution «Ukrainian Scientific and Research Institute of Environmental Problems», 6 Yenina Yevheniya (Bakulina) St., Kharkiv, 61165, Ukraine; e-mail: sofiyuuu@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-4104-3378>

Shulika Borys – PhD of Sciences (Geography), Associate Professor of the Department of Physical Geography and Cartography. The Faculty of Geology, Geography, Recreation and Tourism; V. N. Karazin Kharkiv National University Svobody Square, 4, Kharkiv, 61022, Ukraine; e-mail: b.o.shulika@karazin.ua; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2427-4124>

GEOSPATIAL ANALYSIS OF THE IMPACT OF HOSTILITIES ON THE CONDITION OF THE DIBRIVSKY AND NOVOPAVLIVSKY FOREST RESERVES (BASED ON DATA FROM 2024-2025)

The purpose of the article is to conduct a geospatial analysis and comprehensive assessment of the environmental impact of military activity on the forest ecosystems of the Dibrivsky and Novopavlivsky nature reserves (Dnipropetrovsk region). The study aims to determine the extent of damage and degradation of forest cover in the period 2024–2025 using remote sensing methods, which are currently the only safe source of objective data on the state of territories where active hostilities are taking place.

Main content. The study used a method of comparative analysis of multispectral satellite images from Sentinel-2 for October 2024 and 2025. To identify changes, the difference values of spectral indices were calculated and classified: the normalised burn ratio (NBR) to detect pyrogenic damage and the normalised vegetation index (NDVI) to estimate biomass. The results were validated by comparing them with NASA FIRMS thermal anomaly archive data and DeepStateMAP combat maps. Geoinformation analysis showed that, as of the end of 2025, 66.5% of forest areas were in a state of critical ecological stress. The specifics of the damage were identified: the NBR index recorded the absence of areas of complete burnout (class 5 was 0%) and the predominance of low damage (49.5%), indicating the local nature of ground fires. At the same time, the NDVI index reflected a large-scale suppression of the physiological state of vegetation. It was established that the area of physical destruction of the biocenosis (craters, fortifications, epicentres of explosions) accounts for only 1.2% of the total territory.

Conclusions. The results of the study confirmed that the key factor in the degradation of the studied PZF objects is the cumulative effect of combat operations (the action of shock waves, damage to tree bark by debris, the movement of heavy equipment), and not just the direct pyrogenic effect. The absence of total destruction of the tree stand indicates the potential for natural restoration of ecosystems after the demilitarisation of territories. The use of a combination of NBR and NDVI spectral indices has proven effective for remote recording of environmental damage and monitoring of biodiversity in conditions of military action.

Keywords: forest reserves, combat operations, geospatial analysis, Sentinel-2, spectral indices (NBR, NDVI), environmental monitoring, forest degradation.

REFERENCES:

1. Portal «DniproCulture». (n.d.). Dibrivskiy forest. Available at: https://www.dnipro.lib.dp.ua/Dnipropetrovshina_flora_Dibrivskiy_lis/ [in Ukrainian]
2. Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine. (2023). Environmental consequences of the war in Ukraine: analytical review. Available at: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/05/DP-Harkivskiy-zavod-spetsialnyh-mashyn.pdf> [in Ukrainian]
3. Maniuk, V. V. (2003). Natural heritage of Dnipropetrovsk region. [s.n.], 18, dr. [in Ukrainian]
4. Dnipropetrovsk Regional Universal Scientific Library. (n.d.). Nature Reserve Fund. Available at: <https://www.lib.dp.ua/region-prirodoznav-zapovidnuku.html> [in Ukrainian]
5. NASA. (n.d.). Fire Information for Resource Management System (FIRMS). <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/map/> [in English]
6. Hodsman, C., Petrenko, V. (2024). Impacts of war on Ukrainian nature. International Journal of Environmental Studies, 81. Available at: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00207233.2024.2314856> [in English]
7. Yailymov, B., Yailymova, H., Shelestov, A., Shumilo, L. (2024). Monitoring of Fires Caused by War in Ukraine Based on Satellite Data. 2023 13th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT), 1–5. <https://doi.org/10.1109/DESSERT61349.2023.10416520> [in English]
8. Myroniuk, V. (2025). Remote assessment of shelterbelt conditions after military actions. Ukrainian Journal of Remote Sensing, 12. Available at: <https://ujrs.org.ua/ujrs/article/view/281> [in English]
9. Myroniuk, O. (2024). The destruction of urban forests in Ukraine: potential social impacts, remote sensing-based monitoring. Ecosystem Services. Available at: <https://ela.kpi.ua/bitstreams/fdc249f1-58ae-476f-943d-46011aa3a1b5/download> [in English]
10. Waśniewski, A., Stereńczak, K. (2026). Impact of the war on forest ecosystem in Ukraine based on Sentinel-2 data. Scientific Reports, 16(1). Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/41530510/> [in English]

Conflict of Interest: The authors certify that, although one of the authors of the article is a member of the editorial board of this journal, the peer review, publication decision, and editorial processes were conducted independently, without their participation or influence. Any potential conflicts of interest were fully mitigated through external oversight of the process.

The article was received by the editors 10.01.2026

The article is recommended for printing 20.02.2026

Published 30.05.2026