

Методика та практична реалізація оцінки масштабів і наслідків пожеж в межах об'єктів Смарагдової мережі Волинського та Житомирського Полісся методами ДЗЗ

*Василь Фесюк*¹

д. геогр. н., професор, кафедра фізичної географії,

¹ Волинський національний університет ім. Лесі Українки, Луцьк, Україна,

e-mail: fesyuk@ukr.net,  <https://orcid.org/0000-0003-3954-9917>;

*Микола Федонюк*²

к. геогр. н., доцент, кафедра екології,

² Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна,

e-mail: m.fedoniuk@lntu.edu.ua,  <https://orcid.org/0000-0002-4034-3695>;

*Ірина Мороз*²

к. хім. н., доцент, кафедра харчових технологій та хімії,

e-mail: moroz.iryнал@gmail.com,  <https://orcid.org/0000-0001-9167-4876>;

*Віталіна Федонюк*²

к. геогр. н., доцент, кафедра екології,

e-mail: v.fedoniuk@lutsk-ntu.com.ua,  <https://orcid.org/0000-0002-1880-6710>

Зміни клімату, антропогенне навантаження, природні пожежі є ключовими загрозами для екосистем, в т.ч., унікальних природоохоронних територій. Об'єкти Смарагдової мережі Волинського та Житомирського Полісся мають важливе значення для збереження біорізноманіття на національному та європейському рівнях, але в той же час зазнають негативних наслідків пожеж. Метою статті є розробка та апробація методики оцінки масштабів і наслідків пожеж в межах об'єктів Смарагдової мережі Волинського та Житомирського Полісся з використанням даних ДЗЗ, з урахуванням особливостей природних умов регіону та специфіки природоохоронного статусу територій. Об'єктом дослідження є природні комплекси територій Смарагдової мережі Волинського та Житомирського Полісся, які зазнають впливу пожеж. Предметом дослідження є закономірності поширення та просторового розподілу пожеж в межах об'єктів Смарагдової мережі Волинського та Житомирського Полісся. Для отримання вихідних даних використано сервіс European Forest Fire Information System (EFFIS). Звідти завантажено масив даних про термальні аномалії, зафіксовані супутниками MODIS Aqua і MODIS Terra протягом 2012-24 рр. Здійснено вибірку даних для території Волинської, Рівненської та Житомирської областей України. Розраховано основні статистичні показники виникнення пожеж за цей період. Створено відповідний векторний шар даних у QGIS. Розраховано щільність термоточок за коірками регулярної сітки. Створено шар контурів об'єктів Смарагдової мережі на території області інтересу за даними порталу Emerald Network by European Environment Agency. Обчислено кількість термоточок у межах кожної з територій Смарагдової мережі. Встановлено, що найчастіше уражались пожежами лучні екосистеми. Це свідчить про їх невисоку стійкість та необхідність дотримання правил запобігання виникненню пожеж. Не дивлячись на різну структуру та статус охорони, території мережі Emerald забезпечують крашу збереженість біотопів від загроз пожеж. Запропоновано інтегрований підхід до виявлення осередків пожеж, оцінки уражених територій та класифікації ступеня впливу на природні екосистеми, зокрема, на охоронювані оселища та види. Запропонована методика дозволяє оптимізувати використання супутникових даних для оцінки ризиків та відновлення порушених екосистем.

Ключові слова: пожежі в екосистемах, масштаби і наслідки пожеж, осередки горіння, термоточки, термальні аномалії; щільність пожеж, частота пожеж, території Смарагдової мережі.

Як цитувати: Фесюк Василь, Федонюк Микола, Мороз Ірина, Федонюк Віталіна (2025). Методика та практична реалізація оцінки масштабів і наслідків пожеж в межах об'єктів Смарагдової мережі Волинського та Житомирського Полісся методами ДЗЗ. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія»*, (63), 451-467. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2025-63-33>

In cites: Fesyuk Vasyl, Fedonyuk Mykola, Moroz Iryna, Fedonyuk Vitalina (2025). Methodology and practical implementation of assessing the scale and consequences of fires within the Emerald network of Volyn and Zhytomyr Polissya using remote sensing. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series Geology. Geography. Ecology*, (63), 451-467. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2025-63-33> [in Ukrainian]

Постановка проблеми. У сучасних умовах зміни клімату та зростання антропогенного навантаження природні пожежі стають однією з ключових загроз для екосистем, зокрема, унікальних природоохоронних територій. Об'єкти Смарагдової мережі Волинського та Житомирського Полісся, які мають важливе значення для збереження біорізноманіття на національному та європейському рівнях, теж зазнають значних

негативних наслідків пожеж. Водночас, існує необхідність поліпшення доступу до актуальної, просторово точної та систематизованої інформації про масштаби і наслідки цих пожеж. Традиційні методи моніторингу виявляються недостатньо ефективними для оперативної оцінки таких явищ на великих площах. Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) є перспективним інструментом комплексного аналізу динаміки пожеж і їх

впливу на природні комплекси.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Пожежі в екосистемах давно є об'єктом численних наукових досліджень. Значна їх частина присвячена вивченню чинників розвитку і поширення лісових пожеж, а також кореляції ризику і частоти виникнення пожеж із кліматичними умовами та глобальними змінами. Починаючи з 90-х рр. минулого століття вплив кліматичних змін на виникнення пожеж активно обговорювався [29, 10], хоч оцінки не були однозначними. Так, наприклад, у роботі [9] наведені прогнози, згідно яких у багатьох районах Північної півкулі кількість пожеж в екосистемах повинна знизитись, навіть при зростанні температури повітря. З часом такі прогнози були переглянуті й самими авторами [23]. Деякі пізніші дослідження кліматичних умов, зокрема, [12], показували зростання тривалості пожежонебезпечного періоду у більшості регіонів світу. Але при цьому, наприклад, територія Заходу України відносилась до районів із зменшенням пожежної небезпеки [12]. Після проаналізованого періоду ця територія вже зазнала кілька хвиль екстремальних пожеж (2015 р., 2020 р.), яких раніше не було.

На сьогодні у переважній більшості дослідників вже існує консенсус щодо однозначно суттєвого впливу глобальної зміни клімату на збільшення тривалості пожежонебезпечних періодів, частоти пожеж та їх наслідків. При цьому, як слушно зазначається у роботі [21], власне потепління не є безпосередньою причиною пожеж, але воно сприяє зниженню (та частішому перетинанню) порогів інших трьох основних чинників – запалювання (ignition), запасу палива (fuel load) та посухи (drought), а також швидшому поширенню пожеж на більші площі. При цьому важливо враховувати не тільки прямі чинники, але й опосередковані, такі як поведінка людини, зміна типу землекористування, відмирання рослин від посухи і т.п.

Територія України є регіоном із одним з найшвидших темпів прояву глобального потепління і, відповідно, з підвищеним ризиком розвитку пожеж в екосистемах [15, 3, 2].

Пожежі в екосистемах Українського Полісся досліджуються кількома колективами авторів, в тому числі з активним використанням дистанційних методів. Більшість таких досліджень виконувались у розрізі окремих областей.

Частоту і щільність пожеж у Волинській області оцінено у роботі [14]. Детально проаналізовано виникнення пожеж на торфовищах Волинської області протягом 2015-19 рр. у статті [6].

У праці [30] проаналізовано пожежі в Рівненській області протягом 2001-18 рр. за даними MODIS, встановлено сезонну динаміку (за кіль-

кістю – максимуми у серпні, за площею – у березні), виділено роки найбільших пожеж (2002, 2012, 2015) та найбільш уражені райони (Рокитнівський, Дубровицький). У матеріалах [22, 32] досліджено виникнення та розвиток пожеж в межах ділянок Рівненського природного заповідника. У роботі [28] на матеріалах Рівненської та Київської областей оцінено кількість горючих матеріалів у соснових лісах Українського Полісся.

Пожежі на Житомирському Поліссі вивчались у багатьох працях науковців Національного університету біоресурсів та природокористування (О. Зібцев, О. Сошенський, В. Гуменюк), Малинського лісового коледжу (В. Левченко, А. Романюк, М. Ткаченко). Це, зокрема, роботи [11, 19, 26, 30-32]. В них оцінено рівні пожежної небезпеки, рівні запасів горючої сировини в основних типах лісів, постпірогенне відновлення окремих ділянок, проведено пірологічний моніторинг в окремих частинах Поліського заповідника та Овруцького лісництва.

Одним з важливих наслідків попередніх досліджень є створення геопорталу «Ландшафтні пожежі в Україні» (<https://wildfires.org.ua>), який інтегрує в єдиний комплекс багато геопросторових даних щодо пожеж в екосистемах, отриманих з різних джерел [20].

Також останніми роками з'явилось кілька узагальнюючих досліджень, що аналізують пожежі в екосистемах для всієї території Українського Полісся [2] чи України в цілому [16, 26, 27, 31].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Разом з цим, саме пожежі в природно-заповідних об'єктах поки що досліджені мало і фрагментарно. Крім того, найбільша увага приділялась лісовим пожежам. В той же ж час майже половина об'єктів Смарагдової мережі у Поліському регіоні представлені річковими заплавами із переважно лучними та болотними екосистемами, які теж потребують посиленої уваги. Дослідження саме територій Смарагдової мережі дозволить порівняти особливості виникнення пожеж у місцях із різним охоронним статусом, різним типом земельного покриття та землекористування тощо. Окремі аспекти дослідження опубліковані у матеріалах конференції «Моніторинг-2025» [5]. В даній роботі виконана спроба «звести» до єдиного знаменника різні за способами оцінки ураженості пожежами та тенденції їх зміни для територій Смарагдової мережі Волинського та Житомирського Полісся. Актуальність дослідження підвищується у зв'язку із трансформацією довкілля внаслідок розвитку промисловості, сільського господарства, транспорту та інфраструктури, глобальних змін клімату, необхідності адаптації природоохоронного законодавства та практики України до вимог ЄС.

Метою дослідження є розробка та апробація методики оцінки масштабів і наслідків пожеж в межах об'єктів Смарагдової мережі Волинського та Житомирського Полісся з використанням даних ДЗЗ, з урахуванням особливостей природних умов регіону та специфіки природоохоронного статусу територій.

Матеріали та методи. Для отримання вихідних даних використано сервіс European Forest Fire Information System (EFFIS), звідки завантажено масив даних про термальні аномалії, зафіксовані супутниками MODIS Aqua і MODIS Terra за період з лютого 2012 р. по грудень 2024 р. Цей масив містить дані про місце, час, інструменти фіксування термоточок та їх кількісні характеристики (frp – fire radiation power, brightness тощо) [24]. Через низьке просторове розрізнення термального сенсора (1 км на піксель) практично не фіксуються невеликі загоряння. Крім того, не всі виявлені термоточки відповідають пожегам в екосистемах, але масив можна відфільтрувати за показниками frp та confidence.

Здійснено вибірку даних для території Волинської, Рівненської та Житомирської областей України. За показником confidence відсіяно дані із значенням менше 40% (таких виявилось 13,2%). Розраховано основні статистичні показники виникнення пожеж за цей період. Створено відповідний векторний шар даних у QGIS. Розраховано щільність термоточок за комірками регулярної сітки.

Наступним етапом було формування шару контурів об'єктів Смарагдової мережі на території області інтересу, за даними порталу Emerald Network by European Environment Agency (emerald.eea.europa.eu).

Потім за допомогою інструментів просторового аналізу QGIS обчислено кількість термоточок у межах кожної з територій Смарагдової мережі. Здійснено порівняння об'єктів за отриманими результатами.

Конфігурація найбільших пожеж отримана з датасету EFFIS Burnt areas, алгоритми якого базуються на порівнянні стану рослинності на оптичних та мультиспектральних зображеннях супутників MODIS через визначені проміжки часу. При цьому впевнено виявляються площі горіння більше 30 га, менші – набагато рідше [5]. Отримані полігони обрізані за контурами об'єктів Смарагдової мережі векторними інструментами обробки даних QGIS.

Основні статистичні обчислення проведені інструментами MS Excel.

Просторова класифікація окремих об'єктів виконана за індексом NBR (Normalized Burn Ratio) у сервісах EOSDA LandViewer (за даними Sentinel-2) та GoogleEarthEngine (за даними зні-

мків Sentinel-2 та Landsat-8 при модифікації скрипту BurnSeverityMapping).

Виклад основного матеріалу дослідження. Результати.

У європейських та українських наукових публікаціях природоохоронного напрямку значна увага зосереджується на дослідженні компонентів та локацій мережі Емеральд (Смарагдової мережі). Ця мережа формується на території країн-учасниць та держав-спостерігачів Бернської конвенції, до складу яких належать 28 країн-членів ЄС, 19 додаткових європейських держав та 4 африканські країни. Бернська Конвенція щодо збереження дикої флори і фауни та природних середовищ існування в Європі (Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats) була прийнята у 1979 р., вступила в силу 1.06.1982 р. Наша країна долучилася до цієї Конвенції згідно Закону України "Про приєднання до Конвенції 1979 р. про охорону дикої флори і фауни і природних середовищ існування в Європі" від 29.10.1996 р, протягом 1996-98 рр. мала статус спостерігача у роботі Конвенції, а з травня 1999 р. стала повноцінною учасницею.

Ключові цілі Бернської конвенції включають: визначення базового рівня охорони для видів рослин і тварин та їхніх середовищ існування, які перебувають у несприятливому становищі; підсилення їхнього захисту; створення та впровадження заходів для збереження територій поширення видів дикої флори і фауни, особливо тих, що перебувають під ризиком зникнення; підтримка та розвиток міжнародної співпраці у природоохоронній діяльності.

Смарагдова мережа функціонує як механізм для охорони територій з високою екологічною значущістю та створює підґрунтя для кооперації в межах єдиної мережі територій, що охоплює всю Європу. Присутність на конкретній території значної частини популяцій видів та площ оселищ, зазначених у Резолюціях №4 та №6, дає змогу встановити її відповідність критеріям ASCI (Areas of Special Conservation Interest, ASCI). У цьому проявляється принципова відмінність концепції, на якій базуються мережі Емеральд (Смарагдова мережа) та Натура-2000, від звичного підходу до створення природоохоронних територій, прийнятого в Україні. Кожна ASCI виокремлюється на підставі надійних даних про її роль у забезпеченні тривалого збереження визначених Резолюціями №4 та №6 видів і оселищ. Таким чином, до Мережі не може бути залучена будь-яка територія з вже наявним природоохоронним статусом, встановленим національним законодавством, якщо вона не задовольняє критерії, визначені для ASCI.

Станом на березень 2021 р. в Україні налі-

чу-валося 377 територій Смарагдової мережі площею близько 8 млн га. Найбільше їх у Житомирській, Чернігівській, Київській, Івано-Франківській та Закарпатській областях. Характерними особливостями просторового розподілу є: висока щільність територій у північних областях (Полісся), значна репрезентованість гірських територій, менша щільність у степових районах, особлива увага до прикордонних територій. Смарагдова мережа України забезпечує збереження рідкісних та зникаючих видів флори і фауни, підтримання екологічних коридорів для міграції тварин, охорону типових та унікальних природних комплексів, збереження ландшафтно-різноманіття.

Законопроект про Смарагдову мережу був підготовлений громадськими організаціями, пройшов необхідні етапи обговорення з експертами та зацікавленими сторонами, але так і не був прийнятий Верховною Радою України. Його чекала доля інших природоохоронних законопроектів, які технічно обґрунтовані та "застрягають" на різних етапах законодавчого процесу через різні політичні пріоритети та недостатність уваги до екологічних питань. У результаті Смарагдова мережа продовжує функціонувати у "правовому вакуумі", спираючись на загальні норми природоохоронного законодавства, що ускладнює її ефективний розвиток.

В той же ж час стан окремих територій продовжує погіршуватись внаслідок антропогенного впливу. Найбільшою мірою впливають на погіршення стану гідротехнічна трансформація, забруднення водних об'єктів, порушення гідрологічного режиму, рекреаційне навантаження, зміна клімату.

Пожежі становлять серйозну загрозу для територій Смарагдової мережі, як і для інших природних оселищ. Лісові пожежі загрожують лісовим масивам мережі, особливо хвойним лісам, які горять інтенсивніше. Торфові пожежі можуть тривати місяцями та завдавати непоправної шкоди унікальним болотним екосистемам чи осушеним торфовищам. Вони можуть привести до загибелі популяцій рідкісних та ендемічних видів рослин і тварин, для яких властиві обмежені ареали поширення та повільні темпи відновлення.

Аналізуючи території Смарагдової мережі в межах Волинського та Житомирського Полісся (рис. 1) слід відмітити, що найбільша площа припадає на них у Житомирській області – 408710,3 га, у Волинській дещо менше – 267021,4 га, у Рівненській ще менше – 183458,1 га. Дещо інша ситуація із розподілом типів оселищ: половина (50%) припадає на Волинську, 27% на Рівненську і лише 23% на Житомирську

з найбільшою площею територій Смарагдової мережі. За загальною кількістю біологічних видів також лідирує Волинська область (46%), у Рівненській та Житомирській – по 27%.

У Житомирській області (рис. 2) найбільшими за площею серед територій Смарагдової мережі є Словечанський кряж, Городницький та Долина р. Тетерів. Найбільша різноманітність птахів характерна для Овруцького, Городницького та Поліського, загальна кількість видів та кількість типів оселищ – Овруцького, Західно-Овруцького та Поліського об'єктів.

У Волинській області (рис. 3) найбільшими за площею серед територій Смарагдової мережі є Шацький, Цуманська Пуща та Стохід-Нобель. Найбільша різноманітність птахів характерна для таких об'єктів: Стохід-Нобель, Турійського та Заплава Турії – Прип'ять, загальна кількість видів – Шацького, Прип'ять-Стохід національний природний парк, Стохід-Нобель, кількість типів оселищ – Шацького, Прип'ять-Стохід національний природний парк, Стохід-Нобель та Черемський природний заповідник.

У Рівненській області (рис. 4) найбільшими за площею серед територій Смарагдової мережі є Рівненський природний заповідник, Дубровицький та Дубровицько-Сарнівський. Для них характерна найбільша різноманітність птахів, загальна кількість видів та кількість типів оселищ.

Щоб оцінити ураженість пожежами територій Смарагдової мережі, для початку було визначено відповідні показники в цілому для окреслених трьох адміністративних регіонів, а потім проведено порівняльну оцінку.

Протягом 2012-24 рр. на досліджуваній території зафіксовано понад 30 тис. термальних аномалій, які можна асоціювати з пожежами в екосистемах. Після фільтрування бази даних за показником confidence (більше 40%), це число склало біля 27,5 тис. пожеж. Найбільше пожеж зафіксовано у Житомирській (12 тис.), найменше – у Волинській (менше 6 тис.). По Рівненській області зафіксовано 9,5 тис. пожеж. За щільністю пожеж співвідношення дещо інше, адже територія Житомирської області майже у 1,5 рази більша за територію Волинської чи Рівненської.

Рис. 4 демонструє розподіл щільності пожеж за областями та за роками. Найвищі показники частіше спостерігались у Рівненській області (8 років з 13: 2013-2016 рр., 2018 р., 2019 р., 2021р., 2024 р.). У Волинській області найвища щільність пожеж була у 2012 р. і 2017 р, у Житомирській – у 2020 р., 2022 р. і 2023 р. Загалом по території середньорічна щільність пожеж склала 0,035/км², але в різні роки вона коливалась від 0,0032 до 0,124 (3,2-12,4/1000 км²). Середня



Площа по областях



Кількість типів оселищ по областях



Загальна кількість видів по областях

Рис. 1. Характеристика територій Смарагдової мережі Волинського та Житомирського Полісся / Fig. 1. Characteristics of the Emerald Network areas of Volyn and Zhytomyr Polissya

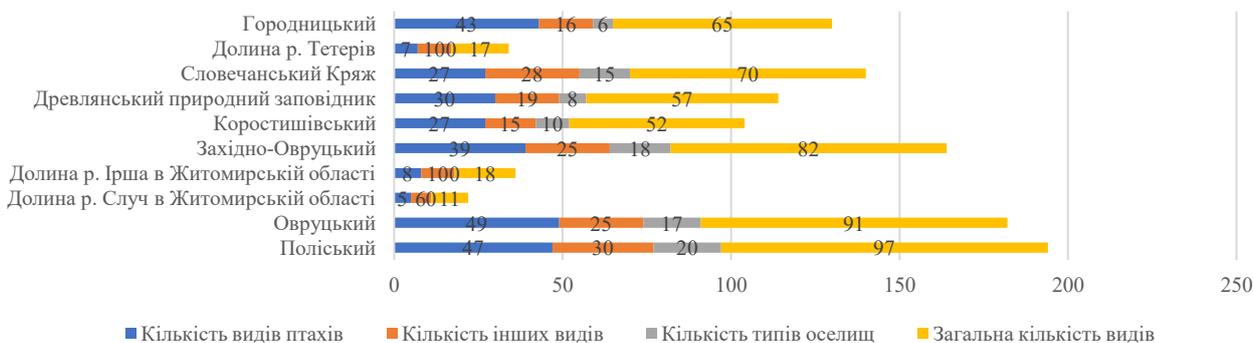
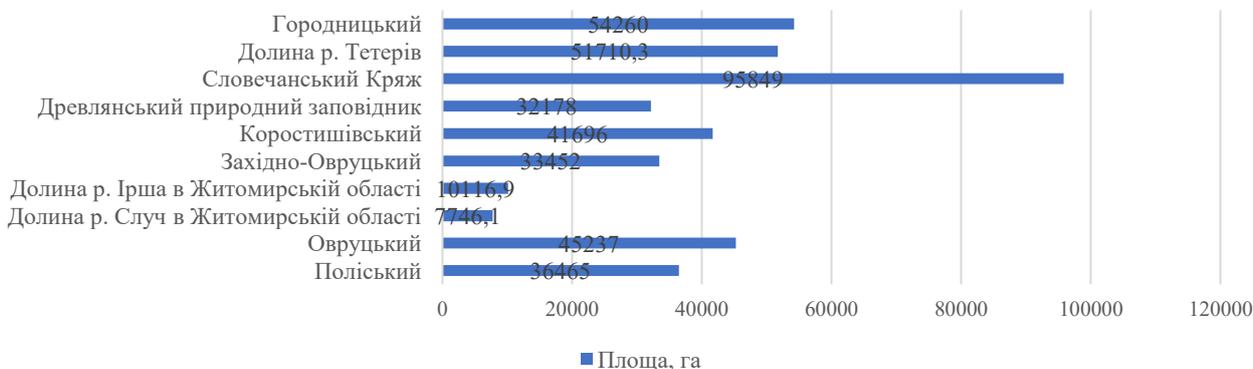


Рис. 2. Площа та характеристика територій Смарагдової мережі Житомирської області / Fig. 2. Area and characteristics of the territories of the Emerald Network in Zhytomyr region

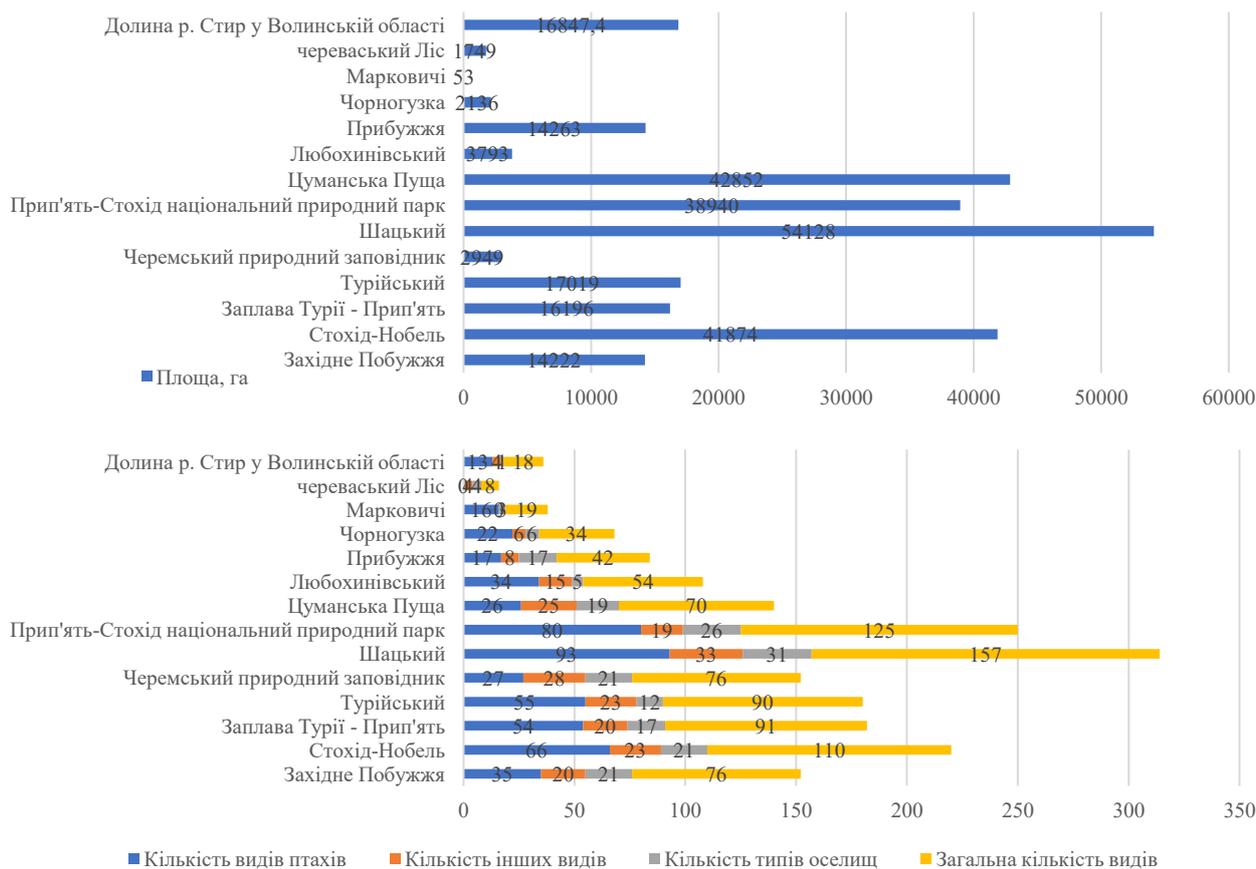


Рис. 3. Площа та характеристика територій Смарагдової мережі Волинської області /
Fig. 3. Area and characteristics of the Emerald Network territories in Volyn region

щільність пожеж за весь досліджуваний період склала 0,4/км².

Максимальна кількість пожеж характерна для 2015 р. і 2020 р., мінімальна – 2013 р., 2023 р. і 2024 р. Це добре узгоджується із відповідними кліматичними умовами (високі температури та тривалий бездощовий період у серпні-вересні 2015 р., критично мала кількість опадів під час зими-початку весни у 2015 р. та 2020 р., сильні весняні повені 2013 р., 2023 р. і 2024 р., які забезпечували достатні запаси вологи у ґрунті на наступні періоди).

Сезонний розподіл кількості пожеж також має виразні піки у березні-квітні (більше 62% від усього числа), а також у серпні-вересні-жовтні (31,3%).

В межах власне територій Смарагдової мережі протягом 2012-24 рр. зафіксовано сумарно біля 2,5 тис. термальних аномалій. Щільність пожеж становила 0,212/км². Це майже вдвічі менше середнього показника щільності пожеж для території досліджуваних областей (0,3398 – для Волинської, 0,5484 – Рівненської, 0,4675 – Житомирської). Це видно на картосхемі розрахованого показника щільності пожеж за комірками регулярної сітки (рис. 8).

Дані по кожній окремій території Смарагдової мережі, де виникали пожежі, наведені у табл. 1. Аналіз даних таблиці відображає чітку диференціацію об'єктів Смарагдової мережі за щільністю виникнення пожеж. У межах 11 територій цей показник навіть вищий середнього по регіону (Чорногузка, Познань-Блажове, Рівненський природний заповідник, Нижній Случ, Стохід-Нобель, Заплава Турії – Прип'ять, Долина р. Стир у Волинській області, Прип'ять-Стохід національний природний парк, Древланський природний заповідник, Овруцький, Дубровицько-Сарнівський). Але детальніший розгляд показує, що навіть у половини з цих об'єктів щільність пожеж все одно менша від щільності на прилягаючих ділянках. Це, зокрема, Дубровицько-Сарнівський, Рівненський природний заповідник, Познань-Блажове, Древланський природний заповідник (приклади на рис. 9).

Натомість на об'єктах: Чорногузка, Нижній Случ, Стохід-Нобель, Заплава Турії – Прип'ять, Долина р. Стир у Волинській області, Прип'ять-Стохід національний природний парк та Овруцький інтенсивність виникнення пожеж вища або співставна із аналогічною на прилеглих територіях. За винятком Овруцького, у межах усіх цих

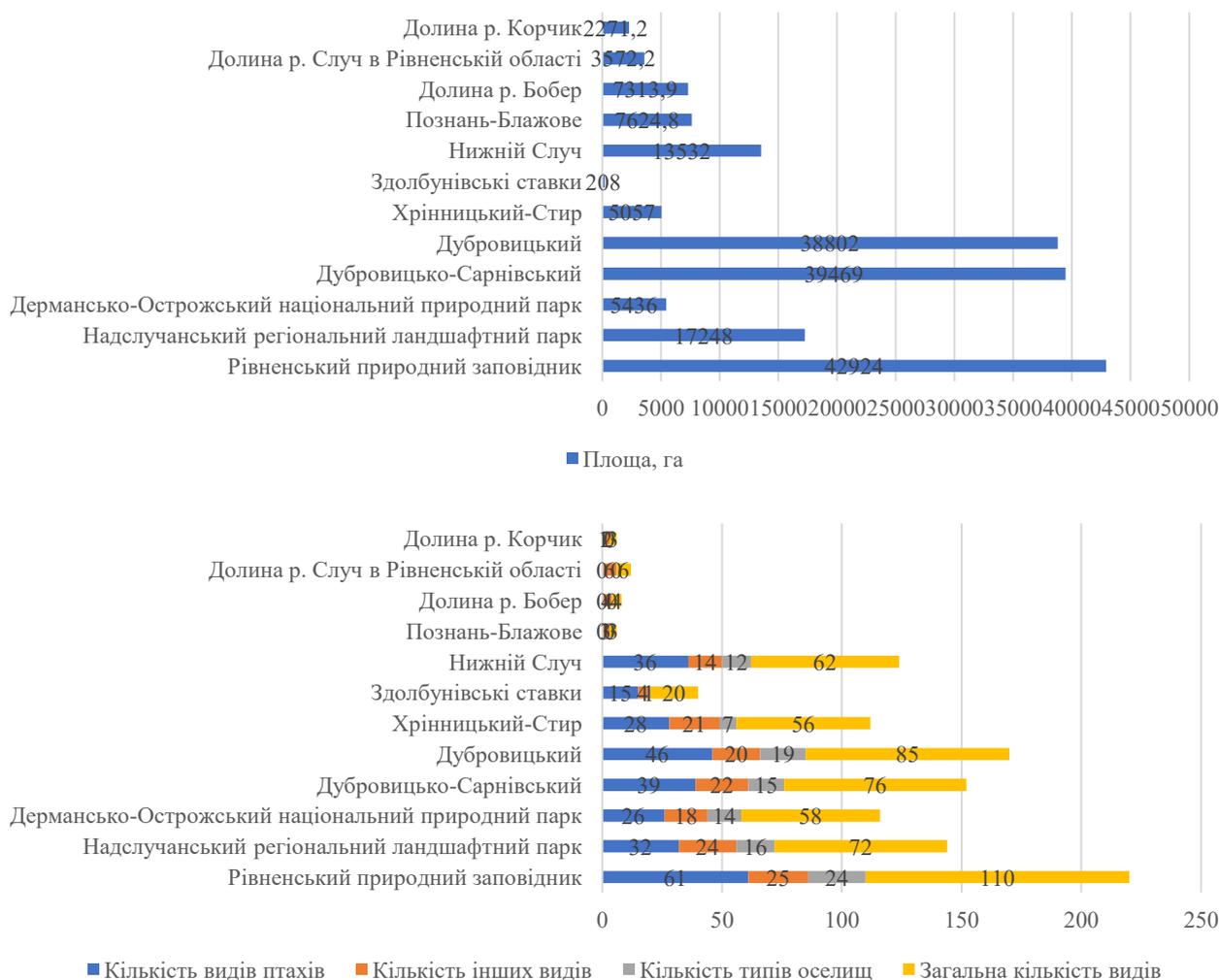


Рис. 4. Площа та характеристика територій Смарагдової мережі Рівненської області / Fig. 4. Area and characteristics of the Emerald Network territories in Rivne region

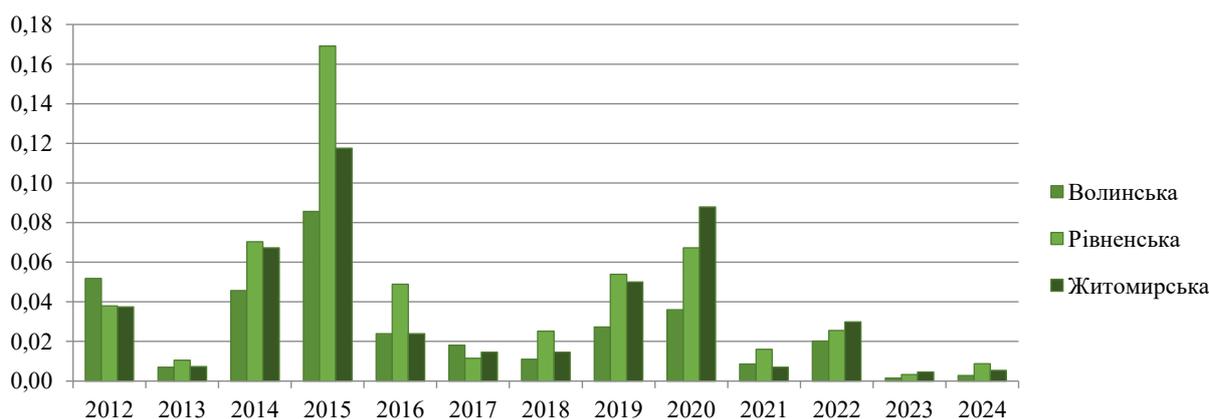


Рис. 5. Щільність виникнення пожеж на км² по областях / Fig. 5. Density of fires per km² by region

об'єктів серед природних комплексів переважають обширні території заплав річок із очеретяно-лучною рослинністю, яка часто стає об'єктом пожеж, особливо навесні, внаслідок випалювання.

Але більшість (25 із 37) розглянутих територій Смарагдової мережі мають показник щільності пожеж менший від середнього. В межах 14

територій щільність ураження менше 1 пожежі на 1000 га. На 4 територіях (Черемський природний заповідник, Марковичі, Череваський Ліс, Здолбунівські ставки) за 13 років взагалі не зафіксовано жодної термоточки.

Окрім власне щільності пожеж, важливим показником є площа горіння. Для такої оцінки

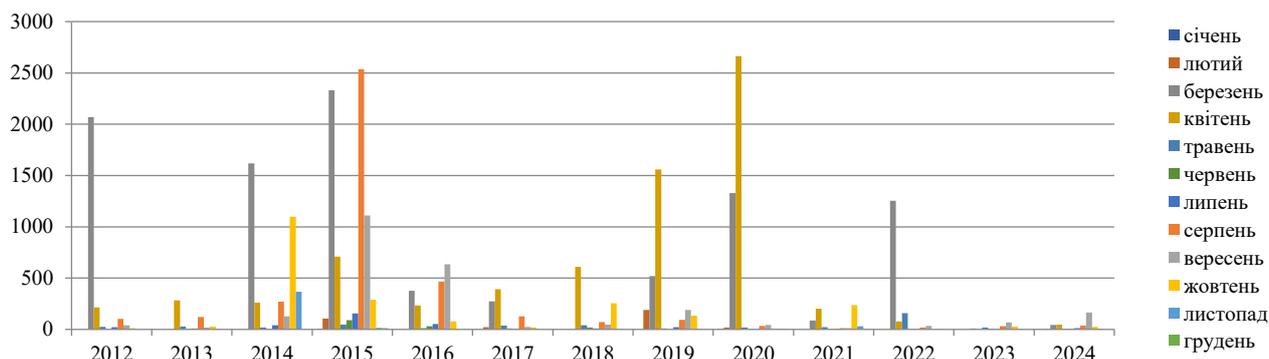


Рис. 6. Розподіл кількості пожеж за місяцями / Fig. 6. Distribution of the number of fires by month

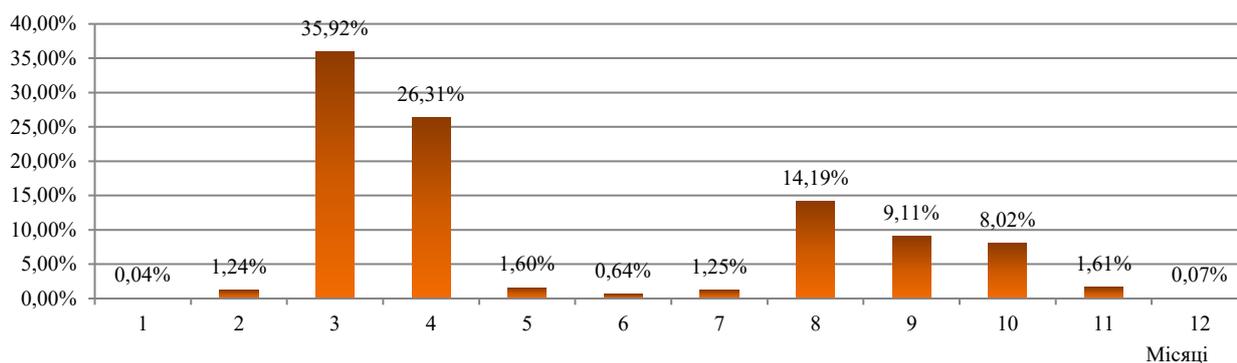


Рис. 7. Річний хід ймовірності виникнення пожеж у досліджуваному регіоні / Fig. 7. Annual variation of the probability of fire occurrence in the studied region

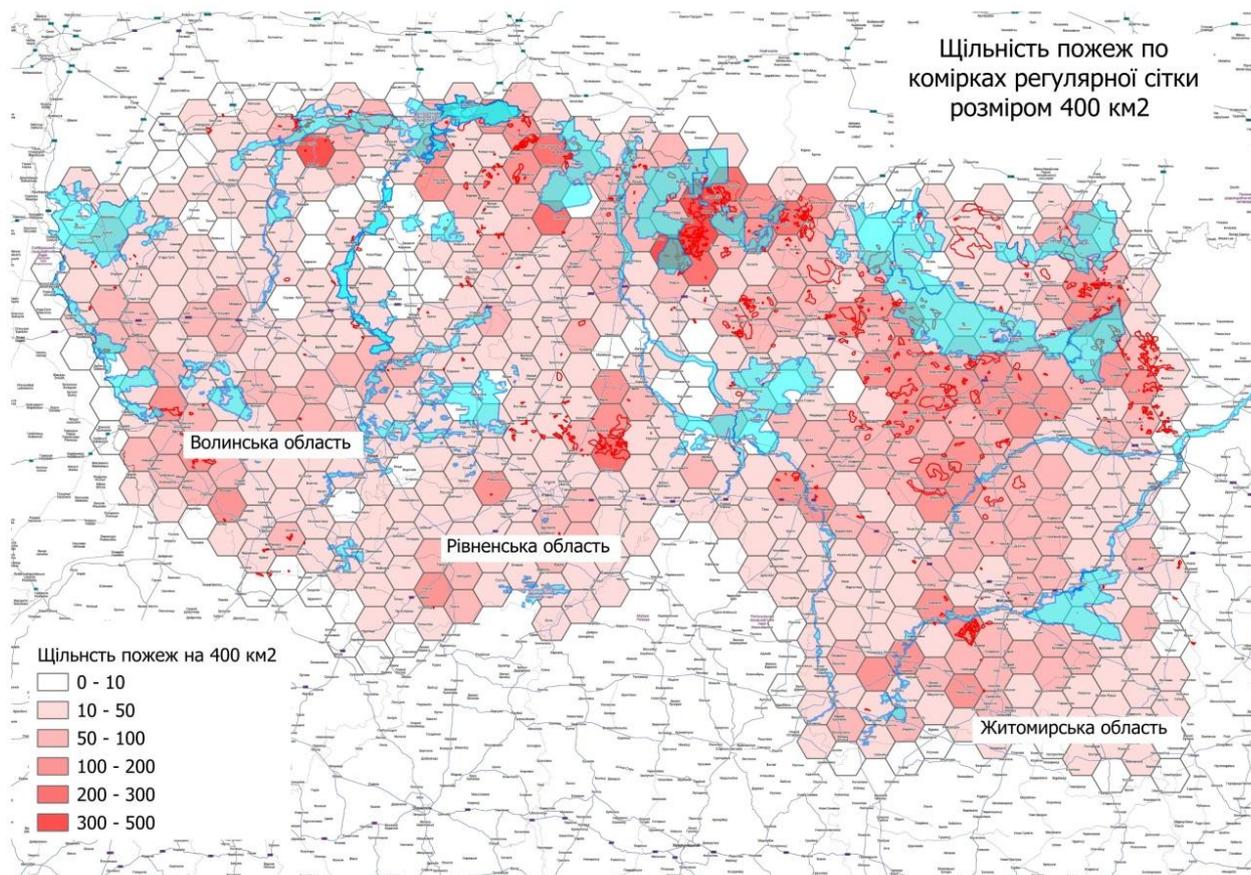


Рис. 8. Щільність пожеж, розрахована за комірками регулярної сітки / Fig. 8. Fire density calculated by cells of a regular grid

Таблиця 1/ Table 1

Щільність зафіксованих термальних аномалій в межах територій Смарагдової мережі протягом 2012-24 рр. / Density of recorded thermal anomalies within the territories of the Emerald network during 2012-24

Назва території	Площа, га	К-сть пожеж, 2012-24	Щільність пожеж на км ²	Назва території	Площа, га	К-сть пожеж, 2012-24	Щільність пожеж на км ²
Чорногузка	2136	27	1,264	Долина р. Корчик	2271	4	0.176
Познань-Блажове	7624	80	1,049	Шацький	54128	81	0.150
Рівненський природний заповідник	42924	362	0.843	Долина р. Тетерів	51710	59	0.114
Нижній Случ	13532	107	0.791	Любохінівський	3793	4	0.105
Стохід-Нобель	41874	268	0.640	Цуманська Пуща	42852	44	0.103
Заплава Турії - Прип'ять	16196	92	0.568	Надслучанський регіональний ландшафтний парк	17248	17	0.099
Долина р. Стир у Волинській області	16847	93	0.552	Коростишівський	41696	41	0.098
Прип'ять-Стохід національний природний парк	38940	195	0.501	Долина р. Случ в Житомирській області	3572	3	0.084
Древлянський природний заповідник	32178	153	0.475	Городницький	54260	38	0.070
Овруцький	45237	213	0.471	Прибужжя	14263	9	0.063
Дубровицько-Сарнівський	39469	183	0.464	Хрінницький-Стир	5057	3	0.059
Західне Побужжя	14222	49	0.345	Турійський	17019	10	0.059
Поліський	36465	110	0.302	Західно-Овруцький	33452	19	0.057
Словечанський кряж	95849	256	0.267	Долина р. Бобер	7313	4	0.055
Дубровицький	38802	101	0.260	Черемський природний заповідник	2949	0	0.0
Дермансько-Острозький національний природний парк	5436	13	0.239	Марковичі	53	0	0.0
Долина р. Ірша в Житомирській області	1011	23	0.227	Череваський Ліс	1749	0	0.0
Долина р. Случ в Житомирській області	7746	16	0.207	Здолбунівські ставки	208	0	0.0

було використано датасет EFFIS Burnt Area product, а також автоматична класифікація за показником dNBR.

За 5 річний період в межах досліджуваних об'єктів проаналізовано 102 великі пожежі, оцінено їхні площі, локації та відсоток від загальної площі кожного об'єкта. Підсумкові результати для 19 об'єктів наведені у таблиці 2. У решті 17 об'єктах не зафіксовано жодного великого заго-

ряння за цей період.

Загальна вигоріла площа орієнтовно становить 52,8 тис. га, що складає 6,2% від усієї площі територій Смарагдової мережі у цих областях. Але для кількох територій частка вигорілих площ становить понад 10%, для 7 – характерні загоряння на площі у тисячі гектарів.

За часом проходження пожеж протягом 2020-24 рр. виділяються всього кілька характер-

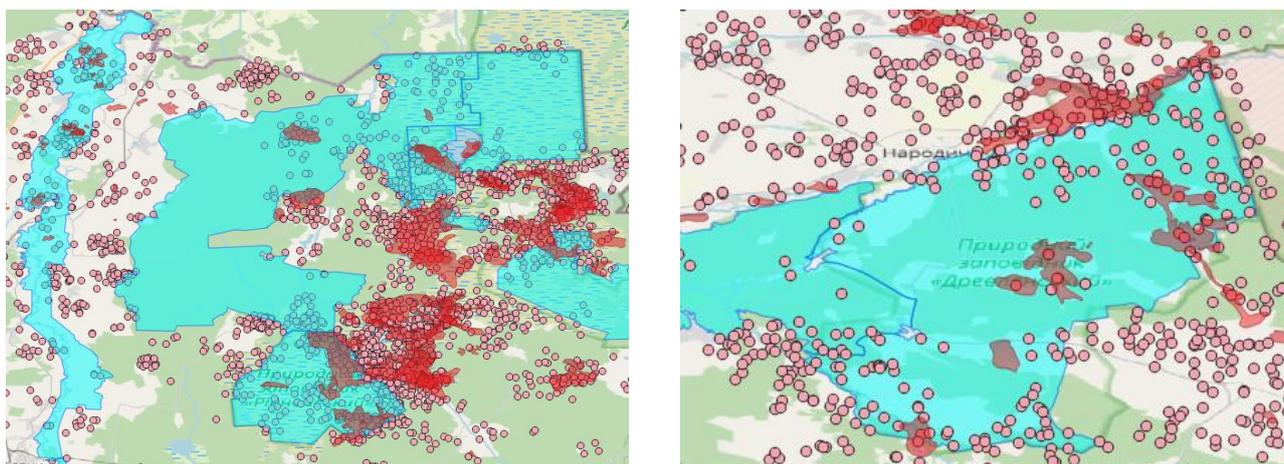


Рис. 9. Приклади розподілу щільності пожеж навколо окремих об'єктів мережі Emerald (зліва – Нижній Слuch, Дубровицько-Сарнівський, Рівненський природний заповідник, справа – Древлянський природний заповідник) / Fig. 9. Examples of fire density distribution around individual Emerald sites (left: Nizhniy Sluch, Dubrovytsia-Sarnivtsi, Rivne Nature Reserve, right: Drevlyansky Nature Reserve)

Таблиця 2 / Table 2

Оцінка вигорілих площ в межах Смарагдової мережі протягом 2020-24 рр. /
Estimation of burnt areas within the Emerald Network during 2020-24

Код території	Назва території	К-сть пожеж	Площа пожеж, га	Площа найбільшої пожежі	Площа пожеж, %
UA0000090	Овруцький	7	19057	2722,43	42,13
UA0000044	Прип'ять-Стохід національний природний парк	9	9085	1009,44	23,33
UA0000168	Стохід-Нобель	5	7793	1558,60	18,61
UA0000001	Поліський	5	3595	719,00	9,86
UA0000023	Рівненський природний заповідник	10	3724	372,40	8,68
UA0000172	Древлянський природний заповідник	7	2290	327,14	7,12
UA0000339	Познань-Блажове	4	340	85,00	4,46
UA0000173	Словечанський Кряж	19	4080	214,74	4,26
UA0000244	Нижній Слuch	13	539	41,46	3,98
UA0000103	Дубровицько-Сарнівський	5	849	169,80	2,15
UA0000356	Долина р. Корчик	3	48	16,00	2,11
UA0000348	Долина р. Ірша в Житомирській області	2	162	81,00	1,60
UA0000167	Західне Побужжя	1	160	160,00	1,13
UA0000320	Долина р. Тетерів	3	565	188,33	1,09
UA0000334	Долина р. Стир у Волинській області	5	152	30,40	0,90
UA0000186	Дубровицький	1	213	213,00	0,55
UA0000112	Цуманська Пуща	1	103	103,00	0,24
UA0000102	Дермансько-Острожський національний природний парк	1	5	5,00	0,09
UA0000160	Городницький	1	38	38,00	0,07

них періодів: 20.03-11.05.2020 р. (36% від кількості усіх великих пожеж за 5 років, вигоріла площа 46,77 тис. га), 21.10-2.11.2021 (13%, 1,18 тис. га), 9.03-30.03.2022 (17%, 2,31 тис. га), 29.08-10.09.2024 (13%, 1,48 тис. га), 21.10-5.11.2024 (9%, 0,3 тис. га).

Весна 2020 р. вирізняється і за кількістю, і за площею пожеж (88,6% вигорілих площ), що, значною мірою, зумовлено поєднанням ряду

екстремальних для Поліського регіону умов – практично безсніжної зими, мінімуму опадів та сильних вітрів, що сприяли висушуванню поверхневого шару ґрунту й рослинності. Пожежі серпня-вересня 2024 р. виникали на фоні тривалого бездошового періоду у поєднанні з стійкими високими температурами. Протягом березня 2022 р. частина займань, можливо, була зумовлена наслідками воєнних дій. Половина загорянь зафіксо-

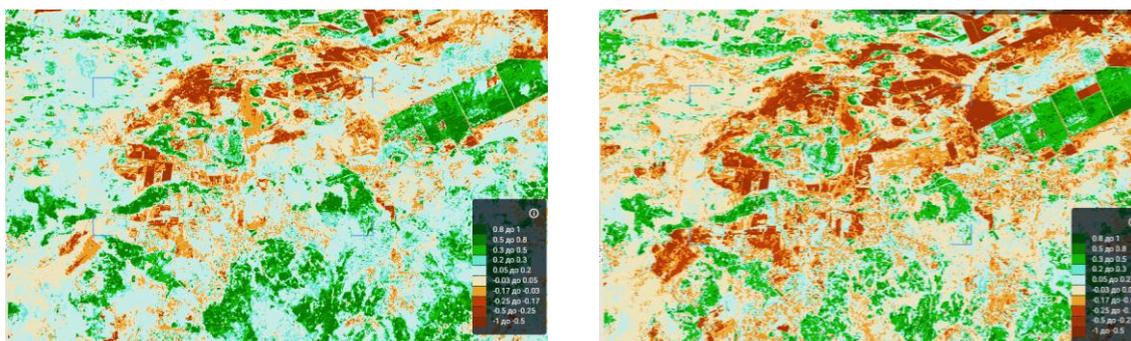


Рис. 10. Приклад розвитку масштабної пожежі в Стохід-Нобель, порівняння знімків Sentinel-2 за індексом NBR (Normalized burned ratio) у сервісі EOSDA LandViewer від 24.03.2020 р. і 11.04.2020 р. /
 Fig. 10. An example of the development of a large-scale fire in Stokhid-Nobel, comparison of Sentinel-2 images by NBR (Normalized burned ratio) in the EOSDA LandViewer service from 03/24/2020 and 04/11/2020

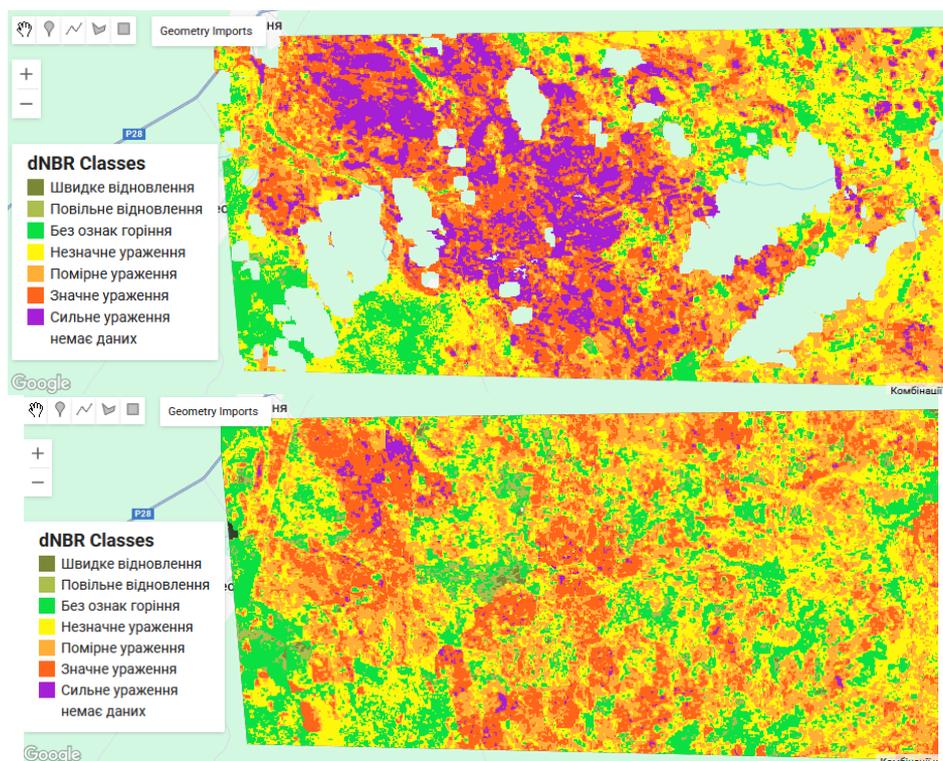


Рис. 11. Класифікації вигорілих земель в Овруцькому АСЦІ за NBR (Burn Severity Mapping у GoogleEarthEngine), верхній рисунок – за даними Landsat-8, червень 2020 р, нижній – за даними Landsat-8, червень 2024 р. /

Fig. 11. Classification of burnt lands in Ovruch ASCI by NBR (Burn Severity Mapping in Google EarthEngine), upper figure - according to Landsat-8 data, June 2020, lower figure - according to Landsat-8 data, June 2024

вана на території Смарагдової мережі Овруцький та Древлянський, близьких до кордону з РБ та Зони відчуження ЧАЕС, звідки відбувалась одна з хвиль вторгнення російських військ у лютому-березні 2022 р.

Класифікація територій за індексом NBR дозволяє оцінити площу, конфігурацію ареалів горіння, співставити їх із типами земельного покриття тощо. Для цього використано скрипт Burn Severity Mapping [16] у GoogleEarthEngine. Модифіковано його згідно області інтересу та відповідних дат, отримано ряд класифікацій вигорілих площ у об'єктах Смарагдової мережі.

Найбільша пожежа на АСЦІ Овруцький відбулась у квітні 2020 р. (рис. 11). Територія тут зайнята, переважно, хвойними і частково мішаними лісами. За 4 роки після пожежі значна частка оселищ ще не відновилась і має суттєві ознаки ураження. Натомість в межах інших територій (Прип'ять-Стохід, Стохід-Нобель), де рослинний покрив представлений, переважно, заплавною трав'яною рослинністю, властиві значно швидші темпи відновлення екосистем.

Розглянемо інший приклад просторової класифікації для ділянок із не лісовою рослинністю. А саме: пожежа у Рівненській області, в межах

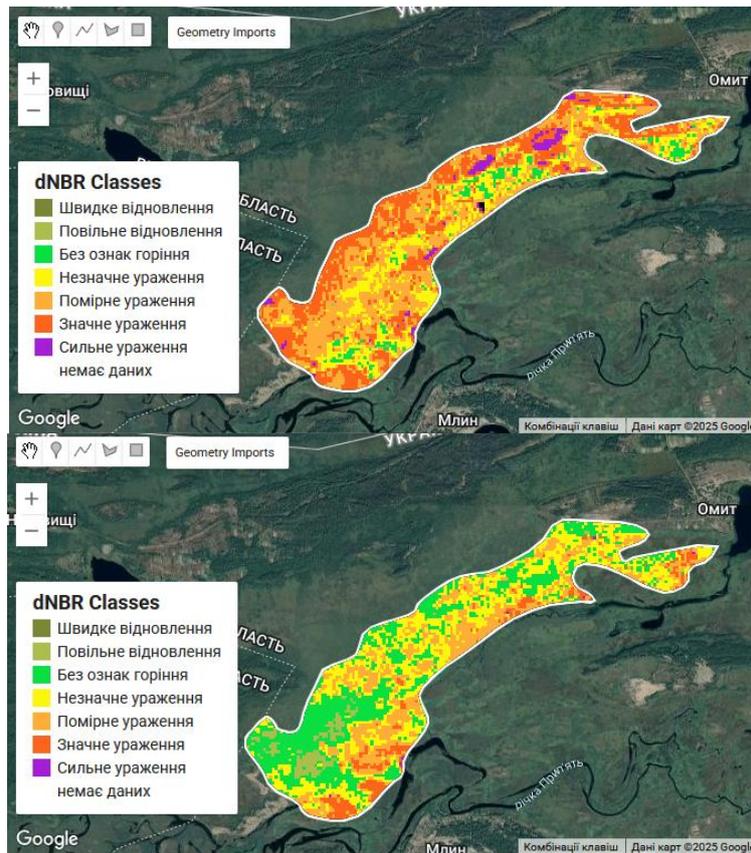


Рис. 12. Порівняння розрахованих класів Burnt severity mapping для пожежі у ASCI Стохід-Нобель 22-23.10.2021 р (верхнє зображення – станом на травень 2022 р., нижнє – на травень 2023 р.) /
 Fig. 12. Compare the calculated Burnt severity mapping classes for the fire in ASCI Stochid-Nobel on 22-23.10.2021 (top image - as of May 2022, bottom image - as of May 2023)

території Смарагдової мережі Стохід-Нобель, що відбувалась 22-23.10.2021 р. (рис. 12). У датасеті burnt_areas площу горіння становить 408 га, в т.ч. 1,48% – мішаний ліс, 1,97% – оброблювані поля, а більшість (96,5%) – «інші природні», по факту лучно-болотні ландшафти заплави р. Прип'ять.

Оцінку ураження вогнем здійснювали модифікацією скрипта Burnt severity mapping у GoogleEarthEngine на періоди 0,5,-1,5 роки після пожежі.

Порівняно з лісовими ділянками ураженість території менша і закономірно зменшується з часом. За 1,5 року з часу пожежі площа ландшафтів із високою ураженістю зменшилась із 25,02 га (3,78%) до 3,15 га (0,48%), середня (moderate-high Severity) – із 31,89 до 7,21%, низька – із 38,43 до 24,92%. Натомість зросла частка території без виявлених ознак горіння – із 32,04 га (4,85%) до 199,26 га (30,11%). Також площа території поступового відновлення збільшилась із 0,05 до 3,75%.

Інший приклад – одна з найбільших виявлених не лісових пожеж на території Смарагдової мережі регіону. Вона відбулась 9-18.04.2020 р. у межах Національного природного парку «Прип'ять-Стохід» у Волинській області. Авто-

матично визначена площа пожежі склала 7843 га, з яких більша частина (79,69%) припадає на лучно-болотні екосистеми заплави р. Прип'ять, 15,42% – на мішаний ліс, 1,87% – на листяний ліс, 0,46% – на хвойний ліс, 2,5% – на сільськогосподарські землі. У даному випадку є деякі пробіли у класифікації, пов'язані із різними датами прольоту супутника для різних частин цієї досить великої території. Ця обставина разом із високою хмарністю ускладнювали побудову єдиної мозаїки. Тому обрані більші, ніж у попередньому прикладі, періоди оцінки.

Порівняння побудованих картосхем (рис. 13) також показує закономірне зростання площ відновлені території з часом. Частка території із значним ураженням за вказаний період зменшилась з 0,63% до 0,05%, частина з цих ділянок якраз припадає на лісові масиви у східній частині. Площа із середнім ступенем ураження впала у 8,2 рази із 18,53% (2349 га) до 2,26% (287,01 га), а із незначним ураженням змінились мало – із 16,41% до 14,54%. Площа території без ознак горіння зросла у 1,5 рази із 17,3% до 25,05%. Хоча й на початкових стадіях їх було більше 10%, що може свідчити про часткове завищення площі поширення пожежі у вихідному датасеті. На від-

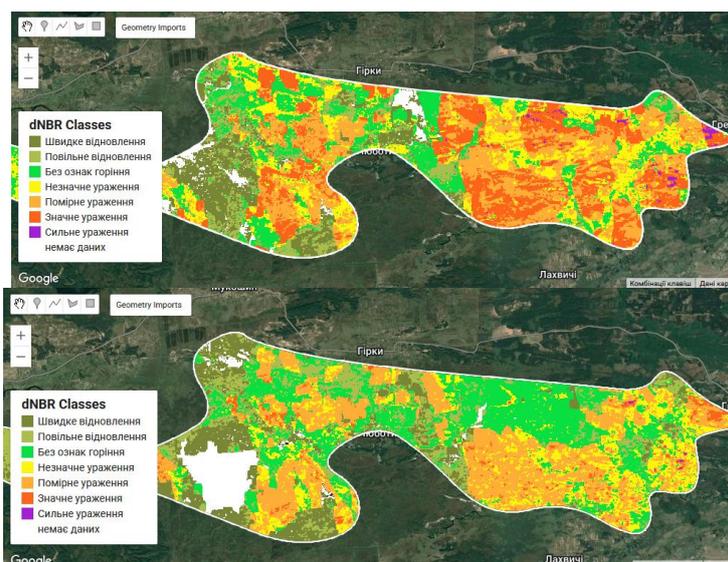


Рис.13. Порівняння розрахованих класів Burnt severity mapping для пожежі у ASCI Прип'ять-Стохід національний природний парк 9-18.04.2020 р. (верхнє зображення – станом на травень 2022 р., нижнє – на травень 2024 р.) /

Fig. 13. Comparison of the calculated Burnt severity mapping classes for the fire in ASCI Prypiat-Stokhid National Nature Park on 9-18.04.2020 (top image - as of May 2022, bottom image - as of May 2024)

міну від Стохід-Нобель, на цій території визначаються значні площі відновлення рослинного покриву – 22,83% станом на 2022 р. і 33,2% у 2024 р., причому площа ділянок із швидким відновленням теж більша (19,5%).

Дискусія і висновки. Найчастіше уражались пожежами лучні екосистеми. Це свідчить про їх невисоку стійкість та критичну необхідність дотримання правил запобігання виникненню пожеж. В розрізі регіонів спостерігалась цікава відмінність: на Житомирському Поліссі частіше загорялись лісові масиви (Словечанський кряж, Древлянський заповідник, Овруцький, Поліський), рідше – луки та сільськогосподарські землі (Долина р. Тетерев, Долина р. Ірші, Долина р. Корчик). На Волинському Поліссі значно частіше були пожежі у лучних екосистемах, або спільно на луках та сільськогосподарських землях (Прип'ять-Стохід національний природний парк, Стохід-Нобель, Нижній Случ, Дубровицько-Сарнівський, Долина р. Стир у Волинській області). Лісові пожежі траплялись значно рідше, зафіксовані буквально одиничні випадки (Західне Побужжя, Цуманська Пуща, Рівненський природний заповідник, Дубровицький). Території Смарагдової мережі із переважанням заплавно-лучної рослинності показують значно кращі та швидші показники відновлення. Але, поряд з

цим, частота виникнення пожеж та можливість повторного ураження тут теж суттєво вищі.

Таким чином, попри різну структуру та статус охорони, території мережі Emerald переважно забезпечують вищу збереженість біотопів від загроз вогню. Але у зв'язку із зростаючими кліматичними та антропогенними загрозами, ці території також потребують деталізованого моніторингу та розширеного захисту. Ефективне управління пожежами в межах Смарагдової мережі потребує комплексного підходу, зокрема, картографування ризиків із зонуванням територій за рівнем небезпеки. До територій із високим ризиком відносяться соснові ліси та торфовища, помірним ризиком – мішані ліси, низьким ризиком – вологі екосистеми (водно-болотні угіддя). Також дуже важливим є прогнозування пожеж із розробкою календаря небезпечних періодів.

Стратегії попередження охоплюють превентивні заходи створення протипожежних розривів, контрольованих випалів та облаштування водойм, а також систему моніторингу через відеоспостереження, патрулювання та використання дронів. Управління після пожеж передбачає оцінку збитків із картуванням пошкоджених територій та реабілітаційні заходи від природного відновлення до активних втручань.

Список використаних джерел

1. Baró, R., Maurer, C., Brioude, J., Arnold, D., & Hirtl, M. (2021). The environmental effects of the April 2020 wildfires and the Cs-137 re-suspension in the Chernobyl exclusion zone: A multi-hazard threat. *Atmosphere*, 12(4), 467. <https://doi.org/10.3390/atmos12040467>

2. Boychenko, S., Kuchma, T., Karamushka, V., Maidanovych, N., & Kozak, O. (2025). Wildfires and climate change in the Ukrainian Polissia during 2001–2023. *Sustainability*, 17(5), 2223. <https://doi.org/10.3390/su17052223>
3. Buksha, I. F., Pyvovar, T. S., Buksha, M. I., Pasternak, V. P., & Buksha, T. I. (2021). Modelling and forecasting the impact of climate change on forests of Ukraine for 21st century time horizon. *Ideas*, 27, 470–482.
4. Emerald Network - General Viewer. Retrieved from <https://emerald.eea.europa.eu/>
5. Fedoniuk, M., Kovalchuk, I., Fesyuk, V., Fedoniuk, V., & Zhadko, O. (2025). Spatial analysis of wildfire occurrence in the Emerald Network sites of Volyn and Zhytomyr Polissia (2012–2024). In 19th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment (Vol. 2025, No. 1, pp. 1–5). European Association of Geoscientists & Engineers. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2025510070>.
6. Fesyuk, V. O., Moroz, I. A., Chyzhevska, L. T., Karpiuk, Z. K., & Polianskyi, S. V. (2020). Burned peatlands within the Volyn region: State, dynamics, threats, ways of further use. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 29(3), 483–494. <https://doi.org/10.15421/112043>
7. Фесюк В., Мороз І., Федонюк, М., Мельник, О., Полянський С. (2023). Методика та практична імплементація дослідження зміни лісистості Волинської області із використанням методів ДЗЗ. Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія», (58), 274–289. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-58-21>
8. Фесюк В. О., Мороз І. А., Карпюк З. К. & Полянський С. В. (2018). Об'єкти та території Смарагдової мережі Волинської області. Природні ресурси регіону: проблеми використання, ревіталізації та охорони. Матеріали III-ого міжнародного наукового семінару, 338–341.
9. Flannigan, M. D., Bergeron, Y., Engelmark, O., & Wotton, B. M. (1998). Future wildfire in circumboreal forests in relation to global warming. *Journal of Vegetation Science*, 9, 469–476. <https://doi.org/10.2307/3237261>
10. Fosberg, M. A., Goldammer, J. G., Rind, D., & Price, C. (1990). Global change: Effects on forest ecosystems and wildfire severity. In *Fire in the tropical biota: Ecosystem processes and global challenges* (pp. 463–486).
11. Gumeniuk, V., Holiaka, D., Soshenskiy, O., & Koren, V. (2021). Effects of surface fires on Scots pine forests of the Poliskyi Nature Reserve. *Forestry Ideas*, 27(1), 61.
12. Jolly, W. M., Cochrane, M. A., Freeborn, P. H., Holden, Z. A., Brown, T. J., Williamson, G. J., & Bowman, D. M. (2015). Climate-induced variations in global forest fire danger from 1979 to 2013. *Nature Communications*, 6, 7537. <https://doi.org/10.1038/ncomms8537>
13. Karamushka, V., Kuchma, T., Boychenko, S., & Nazarova, O. (2023, November). Climate change and fires in the Ukrainian Polissia region. In 17th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment (Vol. 2023, No. 1, pp. 1–5). European Association of Geoscientists & Engineers.
14. Kovalchuk, I., Fedoniuk, M., Kovalchuk, I., Fedoniuk, V., & Vovk, O. (2024, October). Analysis of wildfire occurrence based on remote data in the Lutsk district (2012–2022). In International Conference of Young Professionals “GeoTerrace-2024” (Vol. 2024, No. 1, pp. 1–5). European Association of Geoscientists & Engineers.
15. Krakovska, S., Buksha, I., & Shvidenko, A. (2017). Climate change scenarios for an assessment of vulnerability of forests in Ukraine in the 21st century. *Aerul si Apa. Componente ale Mediului*, 387–394. https://doi.org/10.24193/AWC2017_49
16. Kussul, N., Fedorov, O., Yailytov, B., Pidgorodetska, L., Kolos, L., Yailytova, H., & Shelestov, A. (2023). Fire hazard assessment using moderate-spatial resolution satellite data. *Fire*, 6(2), 72. <https://doi.org/10.3390/fire6020072>
17. Кузик, А. Д., & Драч, К. Л. (2016). Пожежна небезпека найпоширеніших трав'янистих рослин лук Західної України. Пожежна безпека: Збірник наукових праць. ЛДУ БЖД, 29, 87–92.
18. List of officially adopted Emerald Network sites (December 2020). Retrieved from <https://rm.coe.int/updated-list-of-officially-adopted-emerald-sites-2020/1680a080d5>
19. Левченко, В. Б., Романюк, А. А., & Ткаченко, М. В. (2023). Патології та пірогенний стан соснових лісів Поліського природного заповідника. Лісівництво, деревообробка та озеленення: стан, досягнення і перспективи (24–25 жовтня 2023 р.).
20. НУБІП України (2020). Звіт про науково-дослідну роботу «Науково-методичне забезпечення створення геопорталу для оцінювання ризику, прогнозування та попередження природних пожеж у Поліссі України» (2018–2020 рр.). Міністерство освіти та науки України, № держреєстрації № 0118U000312.
21. Pausas, J. G., & Keeley, J. E. (2021). Wildfires and global change. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 19(7), 387–395. <https://doi.org/10.1002/fee.2359>
22. Prokopchuk, A., & Korbutiak, V. (n.d.). Mon25-154 Geoinformation support for fire occurrence analysis: A case study of the Rivne Nature Reserve. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2025510154>.
23. Robinne, F. N., Burns, J., Kant, P., Flannigan, M., Kleine, M., de Groot, B., & Wotton, D. M. (2018). Global fire challenges in a warming world. Occasional Paper No. 32. IUFRO, Vienna.
24. San-Miguel-Ayanz, J., Schulte, E., Schmuck, G., Camia, A., Strobl, P., Libertà, G., ... & Amatulli, G. (2012). Comprehensive monitoring of wildfires in Europe: The European Forest Fire Information System (EFFIS). In J. Tiefenbacher (Ed.), *Approaches to Managing Disaster – Assessing Hazards, Emergencies and Disaster Impacts* (pp. 87–105). InTech. <https://doi.org/10.5772/28441>
25. Savenets, M., Osadchyi, V., Oreshchenko, A., & Pysarenko, L. (2020). Air quality changes in Ukraine during the April 2020 wildfire event. *Geographica Pannonica*, 24(4). <https://doi.org/10.5937/gp24-27436>

26. Soshenskyi, O., Zibtsev, S., Gumeniuk, V., Goldammer, J. G., Vasylyshyn, R., & Blyshchuk, V. (2021). The current landscape fire management in Ukraine and strategy for its improvement. *Environmental & Socio-economic Studies*, 9(2), 39–51. <https://doi.org/10.2478/environ-2021-0009>
27. Сошенський, О. М., Зібцев, С. В., Терентьев, А. Ю., Воротинський, О. Г. (2021) Наслідки катастрофічних ландшафтних пожеж в Україні для лісових екосистем та населення. *Український журнал лісівництва та деревинознавства*, 12(3), 21. <https://doi.org/10.31548/forest2021.03.002>
28. Sydorenko, S., Gumeniuk, V., De Miguel-Diez, F., et al. (2024). Assessment of the surface forest fuel load in the Ukrainian Polissia. *Fire Ecology*, 20, 35. <https://doi.org/10.1186/s42408-024-00265-z>
29. Torn, M. S., & Fried, J. S. (1992). Predicting the impacts of global warming on wildland fire. *Climatic Change*, 21(3), 257–274. <https://doi.org/10.1007/BF00139726>
30. Зібцев, С. В., Миронюк, В. В., Сошенський, О. М., Корень, М. С., Корень, В. А. (2019). Просторово-часовий розподіл пожеж у природних ландшафтах Рівненської області. *Науковий вісник НЛТУ України*, 29(6), 18–23. <https://doi.org/10.15421/40290603>
31. Зібцев, С. В., Сошенський, О. М., Миронюк, В. В., Гуменюк, В. В. (2020). Ландшафтні пожежі в Україні: точна ситуація та аналіз чинної системи охорони природних територій від пожеж. *Український журнал лісівництва та деревинознавства*, 11(2), 15–31. <https://doi.org/10.31548/forest2020.02.015>
32. Зібцев, С. В., Сошенський, О. М., Миронюк, В. В., & Гуменюк, В. В. (2019). Моніторинг ландшафтних пожеж Транскордонної Рамсарської території Ольмани-Переброди за даними дистанційного зондування Землі. *Лісівництво і агролісомеліорація*, (134), 88–95. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.134.2019.88>

Внесок авторів: всі автори зробили рівний внесок у цю роботу

Конфлікт інтересів: автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів

Methodology and practical implementation of assessing the scale and consequences of fires within the Emerald network of Volyn and Zhytomyr Polissya using remote sensing

*Vasyl Fesyuk*¹

DSc (Geography), Professor, Department of Physical Geography,

¹ Lesya Ukrainka Volyn National University, Lutsk, Ukraine;

*Mykola Fedonyuk*²

PhD (Geography), Associate Professor, Department of Ecology,

² Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine;

*Iryna Moroz*²

PhD (Chemistry), Associate Professor, Department of Food Technology and Chemistry;

*Vitalina Fedonyuk*²

PhD (Geography), Associate Professor, Department of Ecology

ABSTRACT

Introduction. Climate change, anthropogenic pressure and wildfires are key threats to ecosystems, including unique protected areas. The sites of the Emerald Network in Volyn and Zhytomyr Polissya are important for the conservation of biodiversity at the national and European levels, but at the same time suffer from the negative effects of fires.

The purpose of article is to develop and test a methodology for assessing the scale and consequences of fires within the Emerald Network sites in Volyn and Zhytomyr Polissya using remote sensing data, taking into account the specific natural conditions of the region and the specific nature conservation status of the territories.

The object of the study is the natural complexes of the Emerald Network sites in Volyn and Zhytomyr Polissya that are affected by fires.

The subject of the study is the regularities of the spread and spatial distribution of fires within the Emerald Network sites of Volyn and Zhytomyr Polissya.

Data and methods. The European Forest Fire Information System (EFFIS) service was used to obtain the initial data. From there, a data array on thermal anomalies recorded by the MODIS Aqua and MODIS Terra satellites during 2012–24 was downloaded. Data sampling was carried out for the territories of Volyn, Rivne, and Zhytomyr regions of Ukraine. The main statistical indicators of fire occurrence for this period were calculated. A corresponding vector data layer was created in QGIS. The density of hot spots was calculated for each cell of a regular grid. A layer of Emerald Network object contours was created for the area of interest, based on data from the Emerald Network by European Environment Agency portal. The number of hot spots within each Emerald Network territory was calculated.

Results. It was found that meadow ecosystems were most often affected by fires. This indicates their low resilience and the need to comply with fire prevention rules. Despite their different structure and protection status, the Emerald Network areas provide better protection of habitats from fire threats. This is evidenced by GIS and statistical analysis of the dataset on the intensity and frequency of fires.

The scientific novelty. An integrated approach is proposed for identifying fire hotspots, assessing affected areas, and classifying the degree of impact on natural ecosystems, in particular on protected habitats and species.

Practical significance. The proposed methodology allows for the optimization of satellite data use for risk assessment and restoration of disturbed ecosystems.

Keywords: fires in ecosystems, scale and consequences of fires, fire hotspots, thermal points, thermal anomalies, fire density, fire frequency, Emerald Network territories.

References

1. Baró, R., Maurer, C., Brioude, J., Arnold, D., & Hirtl, M. (2021). The environmental effects of the April 2020 wild-fires and the Cs-137 re-suspension in the Chernobyl exclusion zone: A multi-hazard threat. *Atmosphere*, 12(4), 467. <https://doi.org/10.3390/atmos12040467>
2. Boychenko, S., Kuchma, T., Karamushka, V., Maidanovych, N., & Kozak, O. (2025). Wildfires and climate change in the Ukrainian Polissia during 2001–2023. *Sustainability*, 17(5), 2223. <https://doi.org/10.3390/su17052223>
3. Buksha, I. F., Pyvovar, T. S., Buksha, M. I., Pasternak, V. P., & Buksha, T. I. (2021). Modelling and forecasting the impact of climate change on forests of Ukraine for 21st century time horizon. *Ideas*, 27, 470–482.
4. Emerald Network - General Viewer. Retrieved from <https://emerald.eea.europa.eu/>
5. Fedoniuk, M., Kovalchuk, I., Fesyuk, V., Fedoniuk, V., & Zhadko, O. (2025). Spatial analysis of wildfire occurrence in the Emerald Network sites of Volyn and Zhytomyr Polissia (2012–2024). In *19th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment*. 2025, 1: 1–5. European Association of Geoscientists & Engineers. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2025510070>.
6. Fesyuk, V. O., Moroz, I. A., Chyzhevska, L. T., Karpiuk, Z. K., & Polianskyi, S. V. (2020). Burned peatlands within the Volyn region: State, dynamics, threats, ways of further use. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 29(3), 483–494. <https://doi.org/10.15421/112043>
7. Fesyuk, V., Moroz, I., Fedonyuk, M., Melnyk, O., & Polyanskyi, S. (2023). Methodology and practical implementation of research of changes in forest coverage of Volyn region using remote sensing. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology"*, (58), 274–289. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-58-21> [in Ukrainian]
8. Fesiuk, V. O., Moroz, I. A., Karpiuk, Z. K., & Polianskyi, S. V. (2018). Objects and territories of the Emerald Network of Volyn region. *Natural resources of the region: problems of use, revitalization and protection: Materials of the 3rd international scientific seminar*, 338–341. [In Ukrainian]
9. Flannigan, M. D., Bergeron, Y., Engelmark, O., & Wotton, B. M. (1998). Future wildfire in circumboreal forests in relation to global warming. *Journal of Vegetation Science*, 9, 469–476. <https://doi.org/10.2307/3237261>
10. Fosberg, M. A., Goldammer, J. G., Rind, D., & Price, C. (1990). Global change: Effects on forest ecosystems and wildfire severity. In *Fire in the tropical biota: Ecosystem processes and global challenges* (pp. 463–486).
11. Gumeniuk, V., Holiaka, D., Soshenskiy, O., & Koren, V. (2021). Effects of surface fires on Scots pine forests of the Poliskyi Nature Reserve. *Forestry Ideas*, 27(1), 61.
12. Jolly, W. M., Cochrane, M. A., Freeborn, P. H., Holden, Z. A., Brown, T. J., Williamson, G. J., & Bowman, D. M. (2015). Climate-induced variations in global forest fire danger from 1979 to 2013. *Nature Communications*, 6, 7537. <https://doi.org/10.1038/ncomms8537>
13. Karamushka, V., Kuchma, T., Boychenko, S., & Nazarova, O. (2023, November). Climate change and fires in the Ukrainian Polissia region. In *17th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment (Vol. 2023, No. 1, pp. 1–5)*. European Association of Geoscientists & Engineers.
14. Kovalchuk, I., Fedoniuk, M., Kovalchuk, I., Fedoniuk, V., & Vovk, O. (2024, October). Analysis of wildfire occurrence based on remote data in the Lutsk district (2012–2022). In *International Conference of Young Professionals "GeoTerrace-2024" (Vol. 2024, No. 1, pp. 1–5)*. European Association of Geoscientists & Engineers.
15. Krakovska, S., Buksha, I., & Shvidenko, A. (2017). Climate change scenarios for an assessment of vulnerability of forests in Ukraine in the 21st century. *Aerul si Apa. Componente ale Mediului*, 387–394. https://doi.org/10.24193/AWC2017_49
16. Kussul, N., Fedorov, O., Yailymov, B., Pidgorodetska, L., Kolos, L., Yailymova, H., & Shelestov, A. (2023). Fire hazard assessment using moderate-spatial resolution satellite data. *Fire*, 6(2), 72. <https://doi.org/10.3390/fire6020072>
17. Kuzyk, A. D., Drach, K. L. (2016). Fire danger of the most common herbal bow plants in western Ukraine. *Fire Safety*, 29, 87–92. [in Ukrainian]
18. List of officially adopted Emerald Network sites (December 2020). Retrieved from <https://rm.coe.int/updated-list-of-officially-adopted-emerald-sites-2020/1680a080d5>
19. Levchenko, V. B., Romaniuk, A. A., & Tkachenko, M. V. (2023). Pathology and pyrogenic state of pine forests of the Polissia Nature Reserve. *Forestry, woodworking and landscaping: state, achievements and prospects (October 24–25, 2023)*. [in Ukrainian]
20. NUBIP of Ukraine. (2020). Research report: Scientific and methodological support for the creation of geoportal for risk assessment, forecasting and prevention of wildfire in the Polissya of Ukraine. Ministry of Education and Science of Ukraine. State registration number: 0118U000312.
21. Pausas, J. G., & Keeley, J. E. (2021). Wildfires and global change. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 19(7), 387–395. <https://doi.org/10.1002/fee.2359>

22. Prokopchuk, A., & Korbutiak, V. (n.d.). Mon25-154 Geoinformation support for fire occurrence analysis: A case study of the Rivne Nature Reserve. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2025510154>.
23. Robinne, F. N., Burns, J., Kant, P., Flannigan, M., Kleine, M., de Groot, B., & Wotton, D. M. (2018). Global fire challenges in a warming world. Occasional Paper No. 32. IUFRO, Vienna.
24. San-Miguel-Ayanz, J., Schulte, E., Schmuck, G., Camia, A., Strobl, P., Libertà, G., ... & Amatulli, G. (2012). Comprehensive monitoring of wildfires in Europe: The European Forest Fire Information System (EFFIS). In J. Tiefenbacher (Ed.), *Approaches to Managing Disaster – Assessing Hazards, Emergencies and Disaster Impacts* (pp. 87–105). InTech. <https://doi.org/10.5772/28441>
25. Savenets, M., Osadchyi, V., Oreshchenko, A., & Pysarenko, L. (2020). Air quality changes in Ukraine during the April 2020 wildfire event. *Geographica Pannonica*, 24(4). <https://doi.org/10.5937/gp24-27436>
26. Soshenskyi, O., Zibtsev, S., Gumeniuk, V., Goldammer, J. G., Vasylyshyn, R., & Blyshchuk, V. (2021). The current landscape fire management in Ukraine and strategy for its improvement. *Environmental & Socio-economic Studies*, 9(2), 39–51. <https://doi.org/10.2478/environ-2021-0009>
27. Soshenskyi, O., Zibtsev, S., Terentiev, A., & Vorotynskyi, O. (2021). Consequences of catastrophic landscape fires in Ukraine for forest ecosystems and population. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 12(3), 21. <https://doi.org/10.31548/forest2021.03.002>. [in Ukrainian]
28. Sydorenko, S., Gumeniuk, V., De Miguel-Diez, F., et al. (2024). Assessment of the surface forest fuel load in the Ukrainian Polissia. *Fire Ecology*, 20, 35. <https://doi.org/10.1186/s42408-024-00265-z>
29. Torn, M. S., & Fried, J. S. (1992). Predicting the impacts of global warming on wildland fire. *Climatic Change*, 21(3), 257–274. <https://doi.org/10.1007/BF00139726>
30. Zibtsev, S., Myroniuk, V., Soshenskyi, O., Koren, M., & Koren, V. (2019). Wildfire regimes of natural landscapes of the Rivne region of Ukraine. *Scientific Bulletin of UNFU*, 29(6), 18–23. <https://doi.org/10.15421/40290603>. [in Ukrainian]
31. Zibtsev, S., Soshenskyi, O., Myroniuk, V., & Gumeniuk, V. (2020). Wildfire in Ukraine: An overview of fires and fire management system. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 11(2), 15. <https://doi.org/10.31548/forest2020.02.015>. [in Ukrainian]
32. Zibtsev, S., Soshenskyi, O., Myroniuk, V., & Gumeniuk, V. (2019). Monitoring of landscape fires of the Cross-border Ramsar Territory “Olmany-Perebrody” according to remote sensing. *Forestry and Agroforestry*, 134, 88–95. <https://doi.org/10.31548/forest2020.02.015> [in Ukrainian]

Authors Contribution: All authors have contributed equally to this work

Conflict of Interest: The authors declare no conflict of interest

Received 2 June 2025

Accepted 25 July 2025