

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Факультет (навчально-науковий інститут) Навчально-наукового інституту екології, зеленої енергетики та сталого розвитку

Кафедра екологічного моніторингу та заповідної справи

До захисту допущено

Кафедрою екологічного моніторингу та заповідної справи

протокол № _____ від _____

завідувач кафедри _____ Надія МАКСИМЕНКО

(підпис)

(ім'я, прізвище)

« ____ » _____ 2025 р.

Кваліфікаційна робота

здобувача Олександри ФЕСЕНКО другого (магістерського) рівня вищої освіти

(першого (бакалаврського) / другого (магістерського))

ПРОГЕННА ТРАНСФОРМАЦІЯ ЛАНДШАФТІВ ДОНЕЦЬКОЇ ТА ЛУГАНСЬКОЇ ОБЛАСТЕЙ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОЇ АГРЕСІЇ

(2022-2025 РР.)

(назва роботи)

Спеціальність (спеціалізація) 101 Екологія

(код та найменування спеціальності; спеціалізації спеціальності - за наявності)

Освітня програма Заповідна справа

(назва освітньої програми)

Виконавець _____ Олександра ФЕСЕНКО

(підпис)

(ім'я, прізвище)

Науковий керівник _____

(підпис)

Анастасія КЛЄЩ

(ім'я, прізвище)

Харків – 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені В. Н. КАРАЗІНА

Навчально-науковий інститут екології, зеленої енергетики та сталого розвитку

Кафедра екологічного моніторингу та заповідної справи

Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) магістр

Спеціальність 101 Екологія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____/ проф. Надія МАКСИМЕНКО
підпис ім'я та прізвище

«30» травня 2025 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЄКТ)

Олександра Фесенко

(Ім'я та прізвище)

Тема роботи Пірогенна трансформація ландшафтів Донецької та Луганської областей в умовах військової агресії (2022–2025 рр.)

керівник роботи Клещ Анастасія Анатоліївна, к. геогр. н. доцент

(ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «16» квітня 2025 року № 4301-5/967

2. Строк подання студентом роботи «30» квітня 2025 року

3. Перелік питань, які потрібно розробити :

1. Проаналізувати природну диференціацію ландшафтів Донецької та Луганської областей, визначивши їхню генетико-морфологічну та

фізико-географічну характеристику для ідентифікації територіальних одиниць, найбільш чутливих до пірогенної трансформації.

2. Здійснити просторово-часовий аналіз динаміки кількості осередків ландшафтних пожеж (2022–2025 рр.) у розрізі фізико-географічних районів Донецької та Луганської областей.

3. Провести картометричний аналіз динаміки вигорілих площ ландшафтів (2022–2025 рр.), узагальнити просторово-часову структуру пірогенної трансформації та оцінити її екологічні наслідки.

4. Сформулювати організаційно-методичні рекомендації щодо вдосконалення системи геоінформаційного моніторингу пірогенної трансформації ландшафтів.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Формулювання мети та визначення комплексу завдань, необхідних для її досягнення.
2	Аналіз та узагальнення літературних джерел, необхідних для написання теоретичного розділу роботи.
3	Структурування дослідницького розділу. Обґрунтування застосування ГІС-операцій (EFFIS, ArcGIS Pro).
4	Збір та валідація полігонального шару вигорілих площ (EFFIS) та шару фізико-географічного районування; приведення їх до єдиної просторової прив'язки.
5	Проведення просторового накладання та агрегації даних. Виконання розрахунків кількості осередків та загальної площі гарей.
6	Візуалізація результатів дослідження: створення тематичних карт, графіків динаміки, та діаграм розподілу.
7	Написання тексту аналітичного розділу та розробка організаційно-методичних рекомендацій щодо ГІС-моніторингу.
8	Підготовка загальних висновків. Оформлення бібліографії.
9	Редагування та форматування всього тексту кваліфікаційної роботи згідно з вимогами.

5. Дата видачі завдання «28» травня 2025 року.

Студент _____
підпис

Олександра ФЕСЕНКО
ім'я і прізвище

Керівник роботи _____
підпис

доц. Анастасія КЛІШ
посада, ім'я і прізвище

АНОТАЦІЯ
ПІРОГЕННА ТРАНСФОРМАЦІЯ ЛАНДШАФТІВ ДОНЕЦЬКОЇ ТА
ЛУГАНСЬКОЇ ОБЛАСТЕЙ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОЇ АГРЕСІЇ
(2022-2025 РР.)

Олександра ФЕСЕНКО

Кваліфікаційна робота «Пірогенна трансформація ландшафтів Донецької та Луганської областей в умовах військової агресії (2022–2025 рр.)» містить 49 сторінок, 4 розділи, 3 таблиць, 12 рисунків і 20 використаних джерел.

Мета роботи: оцінити просторово-часові особливості пірогенної трансформації ландшафтів Донецької та Луганської областей в умовах військової агресії (2022–2025 рр.) шляхом дистанційного моніторингу.

Актуальність теми визначається безпрецедентним зростанням пірогенної деградації ландшафтів Донецької та Луганської областей внаслідок військових дій, що обумовлює стратегічну необхідність у безперевному екологічному моніторингу та об'єктивній оцінці масштабів пошкоджень для прогнозування екологічних наслідків їх трансформації.

Завдання : надати аналіз природної диференціації ландшафтів для ідентифікації територіальних одиниць, чутливих до пірогенної трансформації; здійснити просторово-часовий аналіз кількості осередків пожеж (2022–2025 рр.); провести картометричний аналіз динаміки вигорілих площ та узагальнити структуру пірогенної трансформації; сформулювати рекомендації щодо вдосконалення системи геоінформаційного моніторингу.

Методи: Дослідження ґрунтується на геоінформаційному підході, що включає картометричний аналіз даних системи EFFIS в ГІС середовищі.

ДИСТАНЦІЙНИЙ МОНІТОРИНГ, ПІРОГЕННА ТРАНСФОРМАЦІЯ, ЛАНДШАФТИ ДОНБАСУ, ВІЙСЬКОВА АГРЕСІЯ, ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИЙ РАЙОН, ПРОСТОРОВО-ЧАСОВА ДИНАМІКА, EFFIS, ВИГОРІЛІ ПЛОЩІ, ГЕОІНФОРМАЦІЙНИЙ АНАЛІЗ.

SUMMARY

PYROGENIC TRANSFORMATION OF LANDSCAPES IN THE DONETSK AND LUHANSK REGIONS UNDER CONDITIONS OF MILITARY AGGRESSION (2022-2025)

Oleksandra FESENKO

Qualification work "Pyrogenic Transformation of Landscapes in the Donetsk and Luhansk Regions Under Conditions of Military Aggression (2022-2025)" contains 49 pages, 4 sections, 3 table, 12 figures and 20 used sources.

Purpose: To evaluate the spatio-temporal dynamics of landscape pyrogenic changes in the Donetsk and Luhansk Oblasts caused by military aggression (2022–2025) through remote sensing (RS) analysis.

Actuality of theme. The relevance of the study is determined by the unprecedented increase in pyrogenic degradation of Donetsk and Luhansk Oblast landscapes due to military actions, which necessitates an urgent strategic need for continuous ecological monitoring and objective assessment of damage scales for forecasting the ecological consequences of their transformation.

The objectives: provide an analysis of the natural differentiation of landscapes to identify territorial units sensitive to pyrogenic transformation; perform a spatio-temporal analysis of the number of fire occurrences (2022–2025); conduct a cartometric analysis of burned area dynamics and summarize the pyrogenic transformation structure, formulate recommendations for improving the geoinformation monitoring system.

Methods: The study is based on a geoinformation approach, including cartometric analysis of EFFIS data within the ArcGIS Pro environment.

REMOTE MONITORING, PYROGENIC TRANSFORMATION,
DONBAS LANDSCAPES, MILITARY AGGRESSION,
PHYSICAL-GEOGRAPHIC DISTRICT, SPATIO-TEMPORAL DYNAMICS,
EFFIS, BURNED AREAS, GEOINFORMATION ANALYSIS.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	9
1.1 Генетико-морфологічна характеристика природних компонентів ландшафтів Донецької та Луганської областей.....	9
1.2 Характеристика фізико-географічної диференціації ландшафтів Донецької та Луганської областей.....	16
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	22
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ АНАЛІЗ	28
3.1 Аналіз динаміки кількості осередків пожеж Донецької та Луганської областей впродовж 2022-2025 рр.....	28
3.2 Аналіз динаміки вигорілих площ Донецької та Луганської областей впродовж 2022-2025 рр.....	30
3.3 Узагальнення просторово-часової динаміки пірогенної трансформації та оцінка її екологічних наслідків.....	41
РОЗДІЛ 4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ТА ЗАХОДИ.....	43
ВИСНОВКИ.....	43
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	47

ВСТУП

Актуальність дослідження. Пірогенна трансформація ландшафтів в умовах військової агресії 2022–2025 років набула характеру екологічної катастрофи, особливо у східних регіонах України. Донецька та Луганська області, як території з високою концентрацією бойових дій та інтенсивним мінним забрудненням, демонструють безпрецедентне зростання кількості та площі пожеж. Ці пожежі, які найчастіше виникають внаслідок обстрілів та знищення інфраструктури, є головним чинником деградації ландшафтів, включаючи цінні степові екосистеми та об'єкти природно-заповідного фонду.

Традиційні системи екологічного моніторингу, що базуються на наземних спостереженнях, повністю втратили свою ефективність і є недоступними через безпекові ризики. Це призводить до критичної недооцінки реальних масштабів пірогенних збитків, зокрема, втрати рідкісних біотопів, посилення ерозійних процесів та зміни функціонального стану екомережі Донбасу.

Об'єкт дослідження – природні та антропогенні ландшафти Донецької та Луганської областей у період військової агресії (2022–2025 рр.).

Предмет дослідження – пірогенна динаміка ландшафтів Донецької та Луганської областей в умовах військової агресії в період 2022–2025 рр.

Мета дослідження – оцінити просторово-часові особливості пірогенної трансформації ландшафтів Донецької та Луганської областей в умовах військової агресії (2022–2025 рр.) шляхом дистанційного моніторингу.

Відповідно до поставленої мети означено такі завдання:

1. Узагальнити природну диференціацію ландшафтів Донецької та Луганської областей, здійснивши їхню генетико-морфологічну та фізико-географічну характеристику, з метою виявлення територіальних одиниць, найбільш схильних до пірогенної трансформації;

2. Здійснити просторово-часовий аналіз кількості ландшафтів пожеж (2022–2025 рр.) у розрізі фізико-географічних районів Донецької та Луганської областей;

3. Провести картометричний аналіз динаміки вигорілих площ ландшафтів (2022–2025 рр.) та здійснити узагальнення просторово-часової структури пірогенної трансформації з оцінкою її екологічних наслідків.

4. Сформулювати організаційно-методичні рекомендації щодо вдосконалення системи геоінформаційного моніторингу пірогенної трансформації ландшафтів.

Дослідження проведено завдяки таким науковим **методам** як геоінформаційне картографування на основі даних Європейської інформаційної системи про лісові пожежі (EFFIS), просторовий аналіз (оцінка площ, накладання векторних та растрових шарів), статистичний аналіз кількісних показників пірогенної трансформації, компаративно-географічний метод для виявлення просторово-часових закономірностей поширення вогню (2022–2025 рр.).

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1 Генетико-морфологічна характеристика природних компонентів ландшафтів Донецької та Луганської областей

Геоморфологічна будова Донецької та Луганської областей (рис. 1.1) є складною і відображає тривалий розвиток, що охоплює як процеси платформного вирівнювання (морфоструктура), так і вплив неотектонічних рухів та денудаційно-аккумулятивних процесів (морфоскульптура).

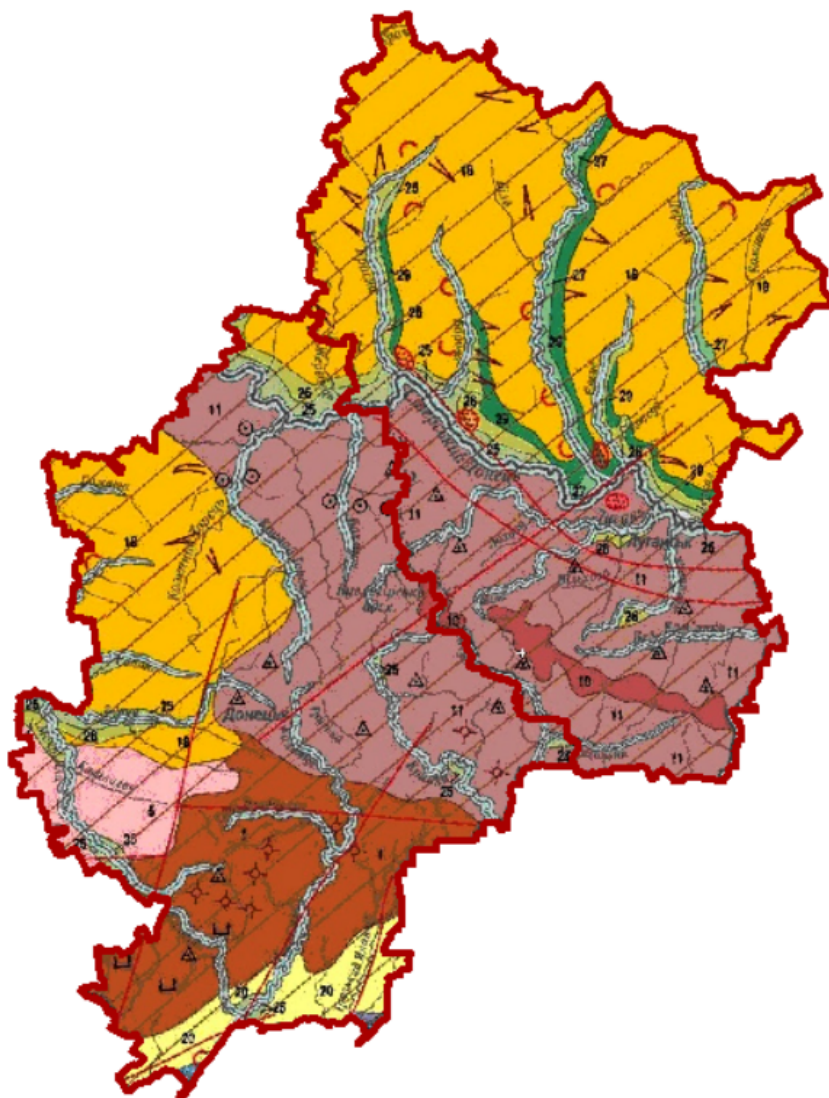


Рис. 1.1 – Геоморфологічна будова (морфоструктура) території Донецької та Луганської областей (укладено за [14])

Центральні та східні райони, що охоплюють значні ділянки Донбасу (відмічені на карті червонуватими та світло-коричневими відтінками кольорів) формують цокольну височину. Ця морфоструктура розвивалася в умовах активних, успадкованих неотектонічних підняттях на виступі складчастої основи давньої платформи. Основні типи рельєфу тут є денудаційними морфоскульптурами, що відображають ерозійний знос. До них належать горбогір'я на карбонових відкладах (тут і далі номер на рис. 1.1 – 10), типові для центральної частини Донбасу, де потужні товщі кам'яновугільних порід були підняті та піддані тривалій денудації. Поряд із ними, великі площі займають східчасто-ярусні рівнини на крейдових та карбонових відкладах (11), які характеризуються наявністю кількох рівнів, утворених диференційованою стійкістю порід до процесів змиву та розчленування.

Натомість, північні та південні частини областей характеризуються рельєфом, який розвивався в умовах більш помірних неотектонічних рухів. Тут поширені пластово-денудаційні рівнини і горбогір'я областей помірних підняттях. До них належить субгоризонтальна увалиста та горбисто-увалиста рівнина на крейдових, палеогенових і неогенових відкладах (18), що є характерною для північних схилів височини (позначена жовтим кольором). Рельєф тут має більш пологий, хвилястий характер, сформований на молодих осадових породах. Дещо більш вирівняними є субгоризонтальні плоскі рівнини на неогенових відкладах (20), приурочені до периферії височини, де тектонічні рухи були відносно слабкими. На окремих ділянках, зокрема, на сході та півдні, ідентифікуються цокольні рівнини (1), які вказують на наявність горстових підняттях кристалічних порід давнього щита.

Важливим елементом ландшафту території досліджуваних областей є рельєф акумулятивних рівнин та терас [4,5], який сформований внаслідок нагромадження річкових (флювіальних) та морських відкладень, приурочених до долин великих річок. Наявність флювіальних терас (перша–сьома надзаплавні тераси, позначені як 25, 26, 27, 29) свідчить про

тривалу еволюцію гідрографічної мережі та циклічні зміни базису ерозії, що формують важливі екокоридори. Крім того, на півдні регіону вплив рівня Азовського моря відображено у морських терасах (38, 40).

Узагальнюючи, можна сказати, що рельєф Донецької та Луганської областей є багатокомпонентним з чітким зональним розподілом: внутрішні райони домінують денудаційні та ерозійно-розчленовані форми (10, 11), що свідчить про активні підняття, тоді як периферія та долини річок представлені пластово-денудаційними та акумулятивними рівнинами (18, 20, 25-29). Ця геоморфологічна диференціація є основою для подальшого ландшафтного районування та має прямий вплив на процеси пірогенної трансформації, оскільки ерозійно-вразливі схили швидше піддаються деградації після знищення рослинного покриву пожежами.

Грунтовий покрив Донецької та Луганської областей є комплексним і відповідає розташуванню регіону у степовій зоні, де домінують чорноземи [18]. Проте значна диференціація ґрунтів обумовлена як кліматичними особливостями (з півночі на південь), так і літологічним складом ґрунтоутворюючих порід, зокрема впливом карбонівих відкладів Донбасу та крейдових відкладень [17].

Основу ґрунтового покриву регіону Донбасу, особливо на плакорних ділянках, складають чорноземи, що сформувалися переважно на лесових породах. Цей розподіл чітко відображено на рис. 1.2. Найпоширенішим типом є чорноземи звичайні (13, 14, 15, 16), які охоплюють значні площі центральних та північних районів. Вони диференціюються за глибиною гумусного горизонту та його вмістом: від глибоких мало- й середньогумусних (13) до середньогумусних (14) і малогумусних (15), а також неглибоких малогумусних (16) варіантів, що історично складає основу агропромислового комплексу регіону.

Поряд із звичайними, у деяких районах зустрічаються чорноземи типові (12), представлені середньогумусними варіантами, що свідчить про збереження більш сприятливих умов ґрунтоутворення.

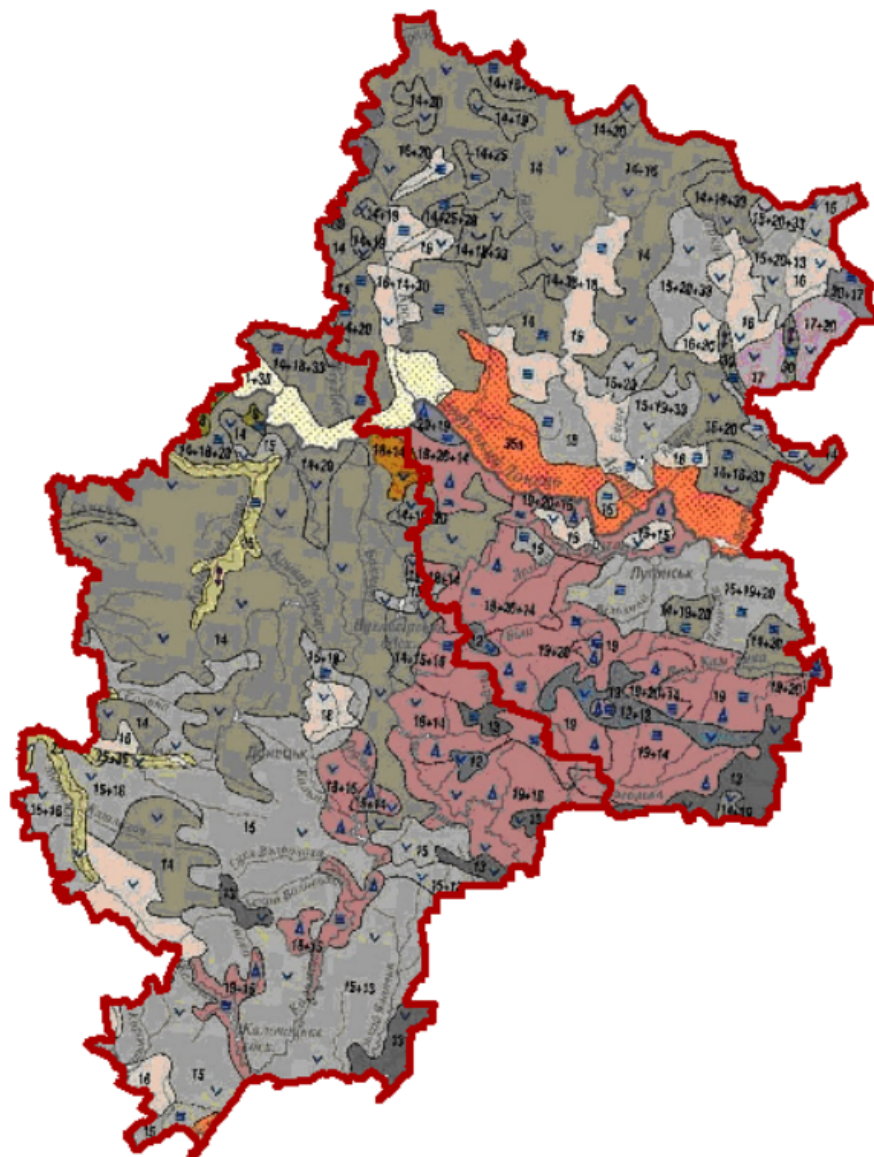


Рис. 1.2 – Ґрунтовий покрив Донецької та Луганської областей за генетичними типами (укладено за [14])

На півдні регіону, що відображає тенденцію до посушливості клімату, домінують чорноземи південні (17), які є малогумусними та слабогумусованими.

Специфіка ґрунтового покриву полягає у значному впливі літологічних та гідроморфних процесів [6, 8]. У районах виходу на поверхню карбових і крейдових порід формуються чорноземи та дернові ґрунти щебенюваті. Зокрема, чорноземи і дернові щебенюваті ґрунти на елювії щільних безкарбонатних порід (пісковиків і сланців) (19) типові для Донецького кряжу. Водночас, карбонатні ґрунти на елювії карбонатних порід

(мергелів, крейди, вапняків) (20) поширені на крейдових відкладах, особливо на півночі Луганської області. Крім того, наявність чорноземів переважно солонцюватих на важких глинах (18) та лучно-чорноземних глибоко-солонцюватих (25) свідчить про процеси засолення, спричинені важким механічним складом ґрунтоутворюючих порід. Найбільш деградовані ділянки займають солонці переважно солончакуваті (33).

Інтразональні ґрунти, які формуються незалежно від зональних кліматичних умов, зосереджені у річкових долинах та на піщаних масивах. Тут формуються лучні ґрунти (29) та лучні солонцюваті (30) на делювіальних та алювіальних відкладах, які характеризуються підвищеною зволоженістю. Особливе місце займають дернові піщані ґрунти (35, 35а), локалізовані переважно у долині річки Сіверський Донець. Вони представлені оглеєними (35) та неоглеєними (35а) варіантами, часто в комплексі зі слабогумусованими пісками, що утворюють кучугурний рельєф.

Таким чином, ґрунтовий покрив Донецької та Луганської областей є мозаїчним, поєднуючи високопродуктивні зональні чорноземи зі специфічними інтразональними та літогенними ґрунтами. Ця різноманітність має прямий вплив на пірогенну трансформацію, оскільки солонцюваті та щебенюваті ґрунти (18, 19, 20) мають значно меншу здатність до відновлення рослинного покриву після пожеж, ніж типові чорноземи, що важливо враховувати при прогнозуванні екологічних наслідків.

Рослинний покрив Донецької та Луганської областей є мозаїчним і відповідає розташуванню регіону у Степовій зоні. Тут домінують зональні степові формації, які чергуються з інтразональними лісовими та специфічними псамофітними екосистемами, пов'язаними з річковими долинами та літологічною основою. Цей розподіл наочно ілюструє рис. 1.3.

Домінуючою основою є степова рослинність, яка, хоча й збереглася переважно фрагментарно, визначає флористичну цінність регіону [16, 20]. У північній та центральній частинах природним типом рослинності є лучні степи та остепнені луки (11), що характеризуються домінуванням злаків та

різнотрав'я (*Festuca valesiaca*, *Poa angustifolia*, *Carex humilis*). Ці формації є найбільш трансформованими, оскільки на їх місці розташовані основні агрофітоценози. На південному сході та в межах Донецького кряжу зустрічаються субпонтійські різнотравно-типчаково-ковилові степи (12) та Різнотравно-типчаково-ковилові степи (13), які відрізняються багатшим видовим складом ковили (*Stipa capillata*, *S. pulcherrima*) та злаків.

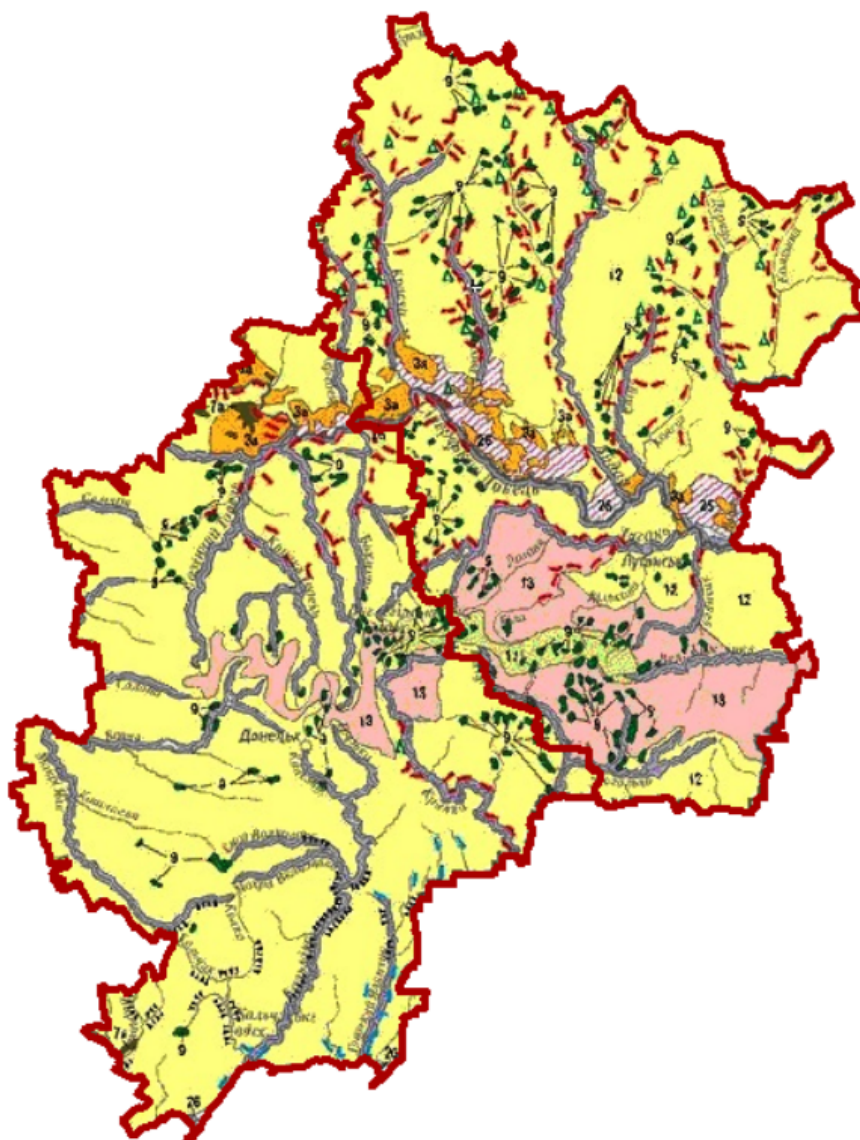


Рис. 1.3 – Основні типи природної рослинного покриву
Донецької та Луганської областей (укладено за [14])

Лісова рослинність займає менші, але критично важливі для екомережі площі, зосереджуючись у річкових долинах та на підвищеннях [2]. Найбільш цінні широколистяні ліси представлені дубовими, кленово-дубовими, липово-дубовими лісами (7a). Це вологіші та тіньовіші ліси, що займають балки та менш розчленовані плакори. У природній флорі ключову роль відіграють байрачні листяні ліси та штучні насадження (9), які включають дуб (*Quercus robur*), ясен (*Fraxinus*) та акацію (*Robinia*), і виконують функцію екокоридорів та захисних лісосмуг. У долині Сіверського Дінця поширені хвойні та широколистяно-хвойні ліси, зокрема світлохвойні соснові, змішані сосново-дубові та дубово-соснові ліси (3a) [1]. Вони сформовані на борових терасах річок, і саме ці піщані ліси є одними з найбільш пожежонебезпечних у регіоні.

Окремий клас рослинності формується на специфічних ґрунтах. У річкових долинах та на солонцюватих ґрунтах присутня галофітна (солелюбна) рослинність (не позначена явно окремим індексом, але присутня у комплексі з солонцями). Натомість, на піщаних масивах у долині Сіверського Дінця розвивається псамофітна рослинність (26), що пристосована до умов бідних, рухомих піщаних ґрунтів і представлена злаками (*Festuca beckeri*, *Leymus sabulosus*) [3].

Таким чином, рослинний покрив регіону характеризується контрастним поєднанням степових домінант та інтразональних лісів, причому більшість природних ценозів перебуває у стані високої антропогенної та агрогенної трансформації. Ця мозаїчність, особливо наявність великих площ сухих степів (12, 13) та соснових лісів (3a), робить ландшафти Донецької та Луганської областей надзвичайно вразливими до пірогенного впливу, що становить критичний ризик для екологічної безпеки в умовах військової агресії [9].

1.2 Характеристика фізико-географічної диференціації ландшафтів Донецької та Луганської областей

Природна територіальна структура Донецької та Луганської областей представлена складною мозаїкою рівнинних ландшафтів, які за генетико-морфологічною будовою поділяються на кілька великих класів: широколистянолісові, лісостепові, степові та заплавні формації [10]. Диференціація цих ландшафтів, наочно ілюстрована рис. 1.4, базується на поєднанні морфоструктури (височини/низовини), літологічної основи (лесові, крейдові, кристалічні відклади) та домінуючих ґрунтово-рослинних комплексів.

Значні площі, особливо у північних та підвищених частинах регіону, займають широколистянолісові та лісостепові ландшафти, які є типовими для зон з інтенсивним водним режимом та кращим зволоженням. У межах широколистянолісових ландшафтів виділяються лесові височини (31, 33) з чорноземами типовими або опідзоленими, де збереглися островці дібров. Також ключові для цього класу ерозійно-денудаційні височини (25) на сірих та темно-сірих опідзолених ґрунтах, які виступають основою для грабових і букових дібров. У більш складних умовах сформувалися лісостепові ландшафти, приурочені до лесових височин (38, 40), розчленованих ярами та балками, врізаними у кристалічні породи. Вони представлені чорноземами типовими малогумусними та опідзоленими під грабовими дібровами та лучними степами (39), що свідчить про їхнє перехідне положення [7].

Окремий морфологічний клас складають хвойно-широколистяні ландшафти, чітко локалізовані у долині Сіверського Дінця, де на піщаних терасах (2, 17, 22) або алювіально-зандрових низовинах (1) сформовані дерново-підзолисті ґрунти під борами (сосновими) та суборами (сосново-дубовими лісами). Ці ландшафти особливо важливі, оскільки їхня піщана основа та тип рослинності роблять їх найбільш пожежонебезпечними в межах досліджуваних областей.

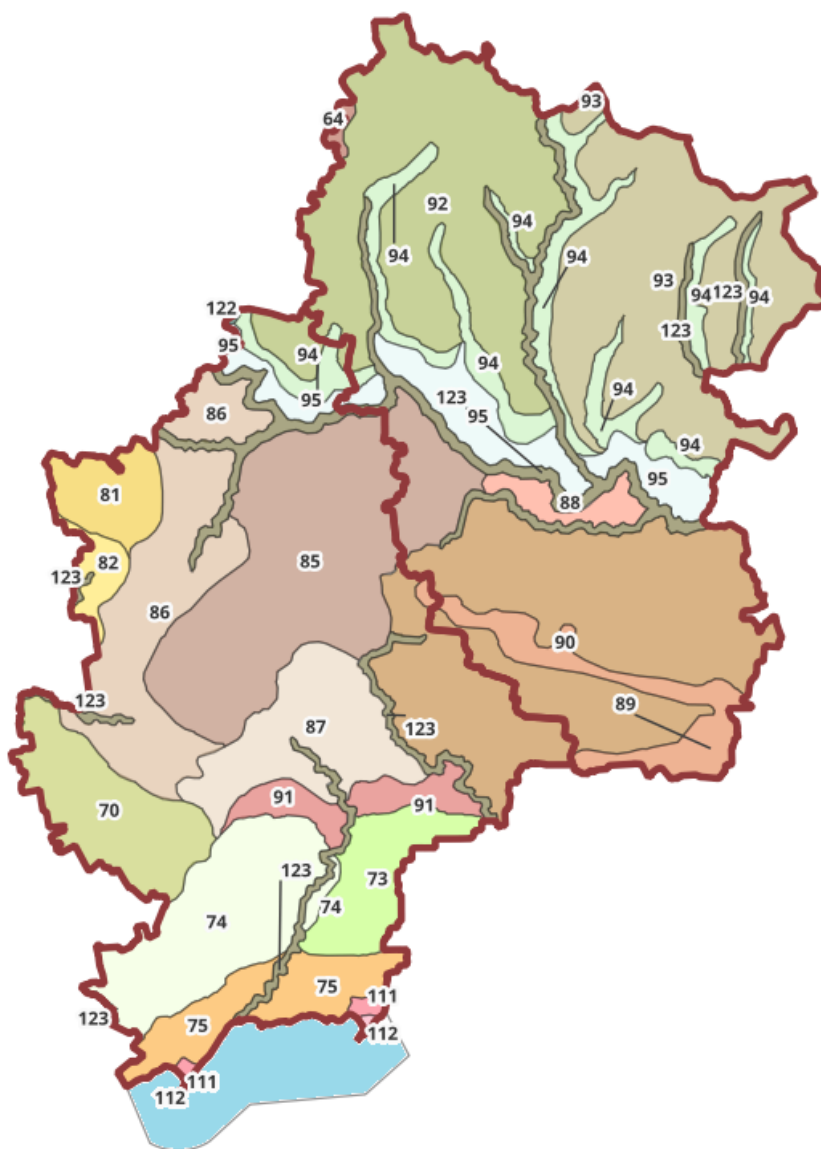


Рис. 1.4 – Генетико-морфологічна будова природних ландшафтів Донецької та Луганської областей (укладено за [14])

Більшу частину території дослідження займають степові ландшафти [19], які демонструють чітку зональну диференціацію від північних, до південних підзон:

- Північностепові ландшафти (різнотравно-типчаково-ковилові з байрачними дібровами) охоплюють Лесові височини (67, 70), розчленовані річковими долинами, врізаними до кристалічних порід, з домінуванням звичайних середньогумусних чорноземів. У межах цих ландшафтів також

виділяються денудаційні височини (90), де на щебенюватих ґрунтах на елювії карбонатних порід поширена петрофітна рослинність.

- Далі на південь розташовані середньостепові ландшафти (типчакowo-ковилові). Вони типові для лесових низовин (96, 99), де на тлі звичайних та південних малогумусних чорноземів поширені поди (степові блюдця), що призвело до формування лучно-чорноземних осолоділих ґрунтів.

- Південностепові ландшафти (полиново-злакові) приурочені до найбільш сухих, переважно приазовських районів. Вони представлені лесовими низовинами (104, 107) з темно-каштановими солонцюватими ґрунтами та солонцями (108). В прибережній зоні виділяються лиманно-морські низовини (111) із солонцями і солончаками та Черепашково-піщані пересипи (112), де рослинність представлена полиново-злаковими степами та галофітною рослинністю.

Окремим класом інтразональних формацій є заплавні ландшафти рівнин (121, 122, 123). Вони приурочені до долин великих річок, відзначаються високою гідроморфністю і представлені комплексом лісових, лучних, лучно-болотних, остепнених та солонцювато-солончакуватих заплав. Ці ландшафти виконують функцію ключових екологічних коридорів.

Узагальнюючи, генетико-морфологічна будова ландшафтів Донбасу є вкрай мозаїчною і представлена поєднанням високопродуктивних лісостепових чорноземів з ерозійно-вразливими щебенюватими степами та пожежонебезпечними піщаними борами. Ця різноманітність формує складні умови для управління та підвищує загальну вразливість території до пірогенної трансформації в умовах військової агресії.

Фізико-географічна диференціація ландшафтів є найвищим рівнем територіального узагальнення, що об'єднує всі попередньо описані генетичні види природних комплексів у цілісну систему регіонального районування [15]. Територія Донецької та Луганської областей розташована на південному сході Східноєвропейської рівнини і охоплює дві великі природні зони:

невелику частину Лісостепової зони та переважно Степову зону [11]. Це чітко відображає рис. 1.5 , який ілюструє поділ регіону на краї, області та райони.

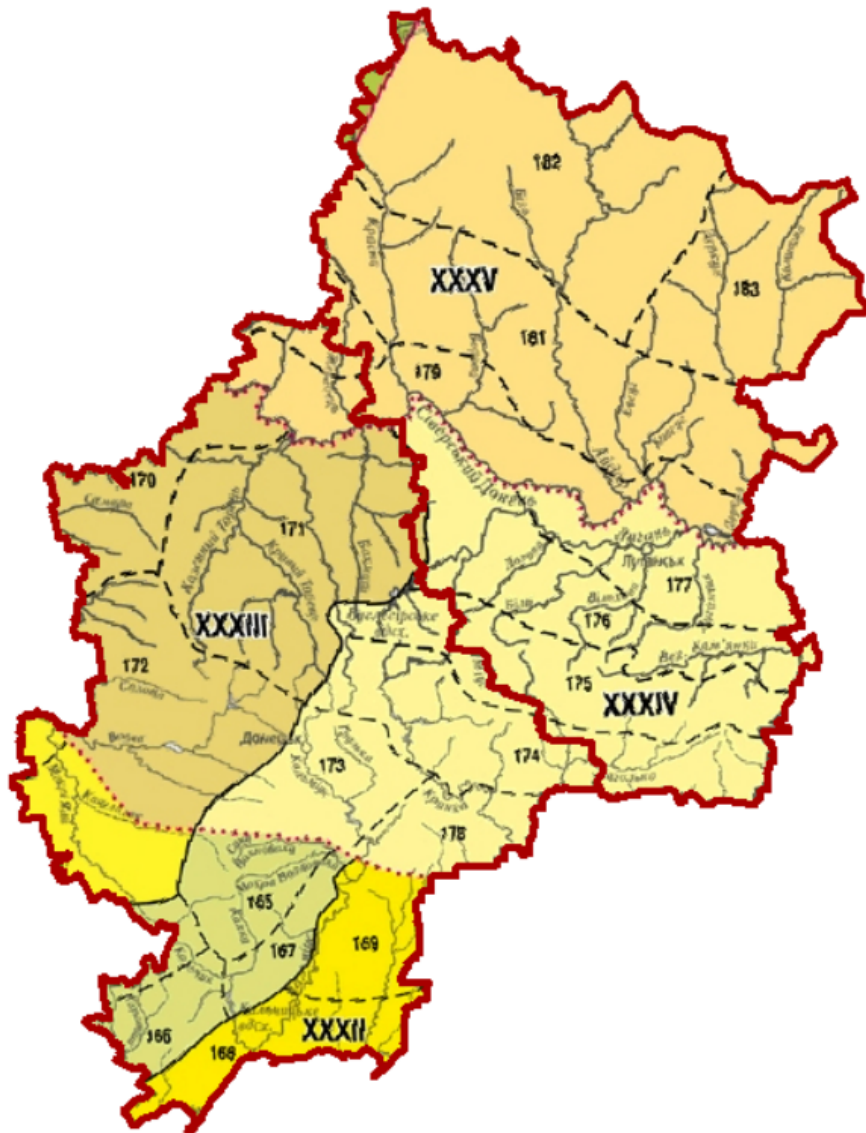


Рис. 1.5 – Фізико-географічна диференціація ландшафтів Донецької та Луганської областей (укладено за [14])

Зона Степу. Переважна більшість території належить до Степової зони, в межах якої виділяється Північно-степова підзона, що формує три великі краї.

Один із них, Лівобережнодніпровсько-Приазовський край, охоплює південно-західні та південні низовинні ділянки. У його складі виокремлюється Приазовська височинна область (XXXI) (наприклад,

Волновасько-Анадольський та Кальчицько-Мирненський райони), яка характеризується піднятими районами та інтенсивним проявом ерозійних процесів. Натомість, Приазовська низовинна область (XXXII) (включаючи Маріупольсько-Новоазовський та Тельманівсько-Коньківський райони) прилягає безпосередньо до узбережжя і відрізняється поширенням південностепових солонцюватих ґрунтів.

Ключовим елементом регіонального районування є Донецький край, який має найбільш складну геоморфологічну будову через підвищення Донецького кряжу. У ньому виділяється Західнодонецька схилова-височинна область (XXXIII) (представлена, зокрема, Торецько-Бахмутським та Межівсько-Курахівським районами), що охоплює західні схили. Ядром кряжу є Донецька височинна область (XXXIV), де зосереджені найбільші абсолютні висоти та найсильніше розчленування. Ця область, представлена такими районами як Макіївсько-Старобешівський, Дебальцівсько-Ровеньківський та Лугансько-Суходільський, має найбільшу кількість байрачних лісів та петрофітної рослинності на щебенюватих ґрунтах.

Третій великий край — Задонецько-Донський край, представлений Старобільською схилово-височинною областю (XXXV), яка охоплює північний схід, зокрема райони Балаклійсько-Руженський та Біловодсько-Міловський, сформовані на крейдових відкладах.

Зона Лісостепу. Варто зазначити, що невелика північна частина регіону також торкається Лісостепової зони, входячи до Східноукраїнського краю. Тут виділяється Харківська схилово-височинна область, представлена Куп'янсько-Дворічанським районом (130). Ці території характеризуються максимальним поширенням опідзолених ґрунтів та островних широколистяних лісів, що відображає їхню перехідну природу.

Таким чином, фізико-географічна диференціація підтверджує складну гетерогенність території, поєднуючи лісостепові умови півночі з північностеповими та приазовськими умовами півдня. Ключовим елементом районування виступає Донецький кряж, який є окремим природним краєм

[12,13]. Ця територіальна структура є вирішальною для моделювання пірогенної трансформації, оскільки різні фізико-географічні райони мають унікальні поєднання пального матеріалу (ліс/степ), геоморфології (схили/рівнини) та ґрунтів (щебенюваті/чорноземи), що визначає інтенсивність і наслідки пожеж.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Концептуальна основа та інформаційна база. Це дослідження ґрунтується на системному геоінформаційному підході, що передбачає інтеграцію даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) з географічними інформаційними системами (ГІС) для просторово-часового моделювання та аналізу пірогенної трансформації ландшафтів. Об'єктом дослідження є територія Донецької та Луганської областей України у часовому інтервалі 2022–2025 рр.

Ключовою інформаційною базою слугували відкриті дані системи EFFIS (European Forest Fire Information System) [21,22]. Був використаний єдиний верифікований векторний шар:

- Географічний шар Burned Area: Полігональні дані, що відображають контури та площі гарей (Burned Area), які містять атрибути про координати, дату виникнення та площу пожежі.

Також для просторового узагальнення пожежної активності було використано полігональний шар фізико-географічного районування на території досліджуваних областей, що включав 23 одиниці ландшафтно-географічних районів та був створений на основі оцифрування картографічних матеріалів.

Методика геопросторової обробки та аналізу. Усі процедури обробки, геопросторового аналізу та візуалізації виконувалися у професійному геоінформаційному середовищі ArcGIS Pro. Процес ГІС-аналізу був реалізований у три послідовні етапи: підготовка та валідація даних, просторова інтеграція та картометричний розрахунок, а також статистичний аналіз.

Підготовка та валідація первинних даних. На початковому етапі проведено забезпечення топологічної коректності та єдиної просторової прив'язки:

1. *Просторова фільтрація (Clip)*: Здійснено операцію обрізки (Clip) шару Burned Area за межами адміністративних кордонів Донецької та Луганської областей, а також проведено часову фільтрацію даних, що виходять за межі досліджуваного періоду 2022–2025 рр.

2. *Трансформація проекції*: Для забезпечення точності вимірювань, шари даних було стандартизовано шляхом застосування інструменту Reproject до єдиної метричної системи координат (WGS 84 / UTM), що є критично важливим для коректного картометричного аналізу.

3. *Перевірка геометрії*: Для мінімізації помилок у розрахунках виконано валідацію геометрії полігонів (наприклад, Check Geometry) для ідентифікації та усунення таких топологічних дефектів, як самоперетини чи розриви.

Просторова інтеграція та картометричні розрахунки. Для кількісної оцінки пірогенного навантаження в розрізі ландшафтних одиниць застосовувалися методи просторового накладання.

1. *Просторове накладання (Intersect)*: Для отримання точних меж гарей у прив'язці до фізико-географічних районів виконано операцію Intersection. Цей інструмент дозволив створити новий полігональний шар, де кожна ділянка вигорання була асоційована з атрибутами відповідного району (назва, ідентифікатор).

2. *Розрахунок Тотальної Площі (Total Burned Area)*: Оскільки операція Intersect фрагментує початкові полігони, точні значення вигорілої площі потребували перерахунку. Використовуючи Калькулятор полів (Field Calculator), розраховано площу (у м², з подальшою конвертацією в гектари) нових полігонів. Далі застосовувалася функція Summarize Within (або Aggregation) для агрегації та підсумовування (SUM) площ усіх фрагментів, що належать до одного району за певний рік. Отриманий показник був інтерпретований як Тотальна вигоріла площа (Total Area).

3. *Розрахунок кількості осередків*: Оскільки точковий шар був відсутній, кількість осередків пожеж у межах кожного району була визначена

шляхом підрахунку полігонів гарей у шарі Burned Area, які потрапили у межі району за допомогою інструменту Summarize Within або Spatial Join з функцією агрегації COUNT (кількість).

Аналіз та візуалізація результатів. На завершальному етапі виконано статистичний аналіз агрегованих даних, включаючи розрахунок міжрічної динаміки, відносних показників та просторової концентрації шкоди. Візуалізація результатів здійснювалася за допомогою картографічного моделювання та побудови аналітичних графіків (гістограм та кругових діаграм) для наочного відображення просторово-часової нерівномірності пірогенного навантаження та ідентифікації ландшафтних епіцентрів екологічного ризику.

РОЗДІЛ 3

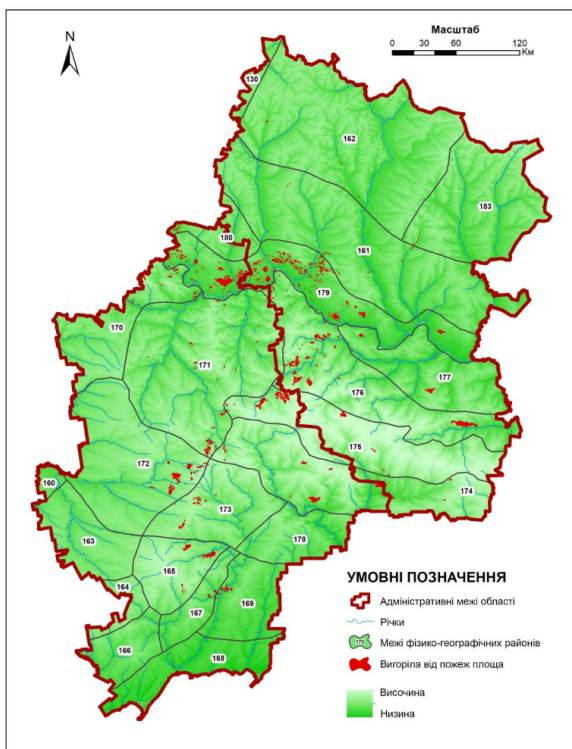
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ АНАЛІЗ

3.1 Аналіз динаміки кількості осередків пожеж у розрізі ландшафтної структури Донецької та Луганської областей впродовж 2022-2025 рр

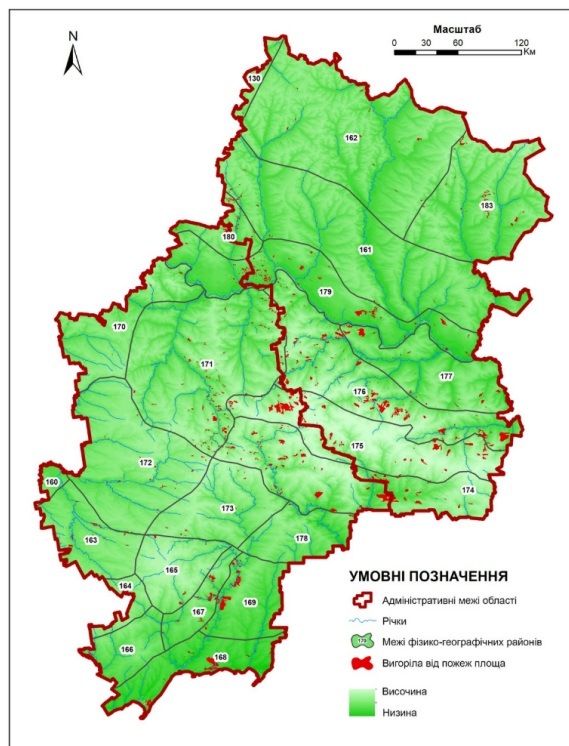
Аналіз даних EFFIS щодо кількості осередків пірогенної трансформації у Донецькій та Луганській областях за період 2022–2025 рр. засвідчує надзвичайно високу інтенсивність пожежної активності.

Сукупна чисельність ідентифікованих системою EFFIS осередків ландшафтних пожеж, зафіксованих на території Донецької та Луганської областей протягом 2022–2025 рр., характеризується істотною міжрічною просторово-часовою динамікою (рис. 3.1), тісно корелюючи з посушливими кліматичними умовами в цей період, ландшафтною структурою та інтенсивними бойовими діями. Протягом досліджуваного періоду 2022–2025 рр. на території Донецької та Луганської областей було ідентифіковано просторову концентрацію осередків ландшафтних пожеж, що охоплюють як степові та лісостепові ландшафтні зони Східноєвропейської рівнини. У межах фізико-географічних районів Донбасу за цей період загалом зафіксовано 8 181 випадки ландшафтних пожеж.

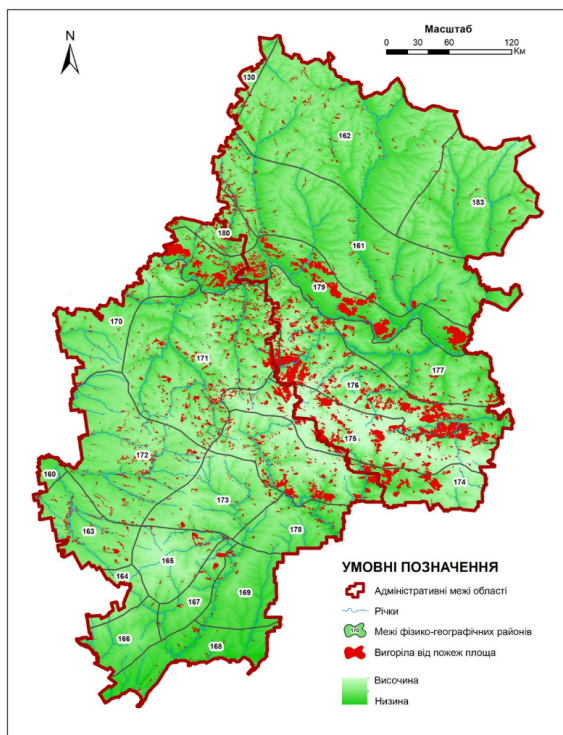
Ця варіативність розподілу активності виникнення пожеж за кількісною ознакою за роками наочно візуалізована графіком (рис. 3.2). Варто відмітити, що загальна чисельність виявлених пожеж у ландшафтах Донбасу характеризується виразною нелінійною міжрічною динамікою. Початковий період, що охоплює 2022 рік, встановив відносно низький базовий рівень активності з 592 зафіксованими пожежами. Це може бути пояснено початковим етапом широкомасштабної агресії, який супроводжувався швидкою окупацією значних територій. Проте вже у 2023 році динаміка перейшла у фазу помірного зростання: кількість осередків зросла до 874 випадків, що становить збільшення на 47.6%



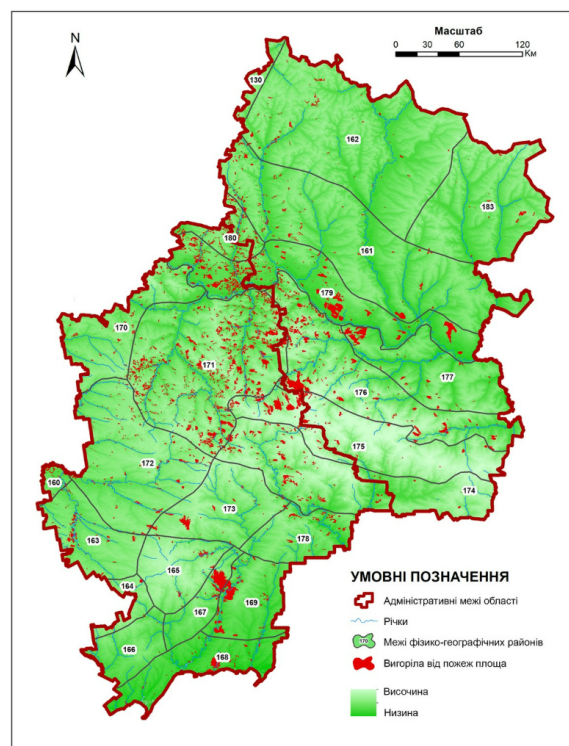
а) 2022 рік



б) 2023 рік



в) 2024 рік



г) 2025 рік

Рис. 3.1 – Просторово-часова локалізація пірогенної трансформації ландшафтів Донецької та Луганської областей в межах фізико-географічних районів у 2022–2025 рр.

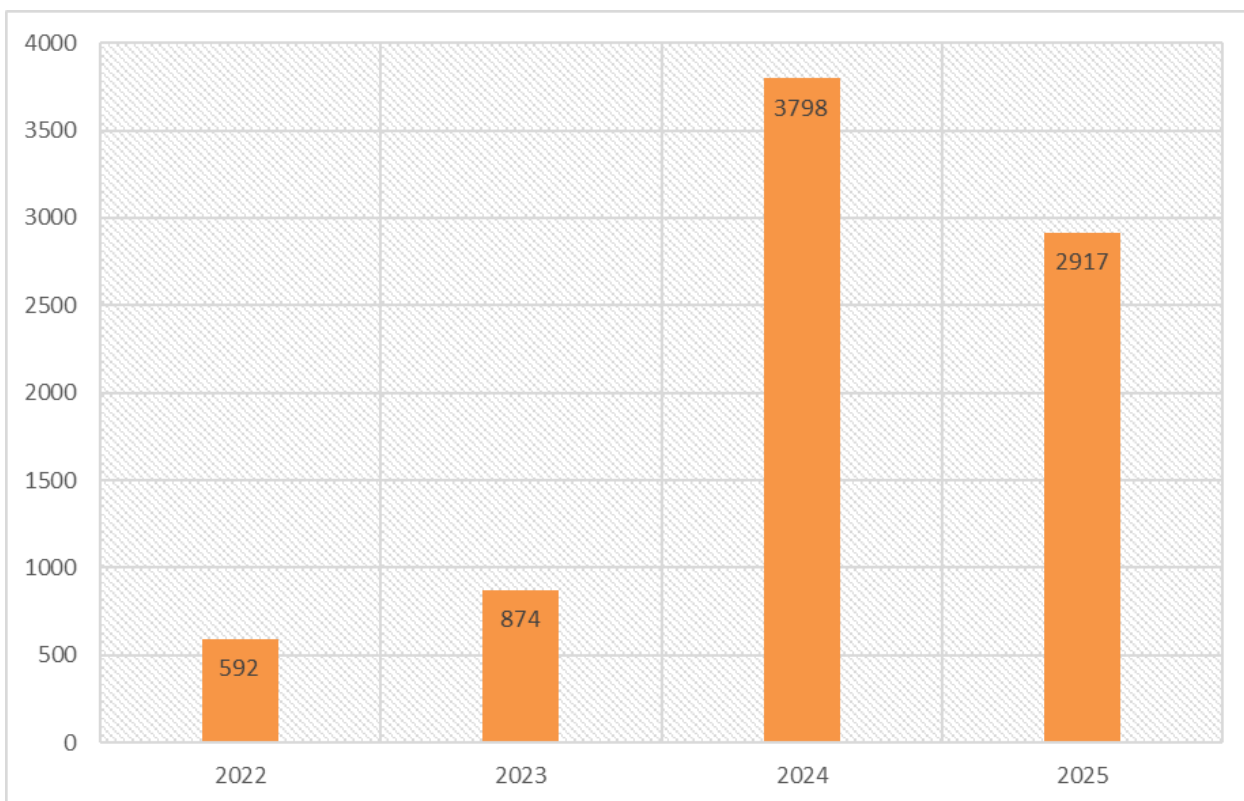


Рис. 3.2 – Сумарна кількість осередків пожеж у Донецькій та Луганській областях у 2022–2025 рр.

Таке зростання чітко корелює з посиленням інтенсивності введення бойових дій, відповідно, збільшенням кількості джерел займання на тлі зростання обсягів не зібраних врожаїв та інших горючих матеріалів в агроландшафтах.

Різкий експоненційний стрибок спостерігається у 2024 році, коли кількість осередків досягла 3 798 — це є абсолютним максимумом за весь період. Таке зростання на 334.5% порівняно з 2023 роком, може бути пояснене синергією кількох критичних факторів: високою інтенсивністю позиційних боїв, яка підвищує частоту точкових займань, накопиченням значних обсягів пального матеріалу на сільськогосподарських полях (незібрані врожаї, горючі органічні рештки), що підвищувало пожежну небезпеку.

Натомість, у 2025 році зафіксовано 2 917 випадків, що відображає суттєве зниження (приблизно на 23.2%) порівняно з піковим 2024 роком. Це

зниження може свідчити про просторове переміщення активних бойових дій за межі Донецької та Луганської областей, або ж про вичерпання найбільш доступних та чутливих до займання горючих матеріалів у зоні хронічного пірогенного впливу, які були знищені пожежами у попередні роки. Незважаючи на спад, показник 2 917 залишається аномально високим і майже втричі перевищує рівень 2023 року.

Просторовий аналіз кількості осередків пірогенної трансформації, систематизований відповідно до одиниць фізико-географічного районування (табл. 3.1), підтверджує наявність суттєвих територіальних диспропорцій в інтенсивності пожежної активності на території Донецької та Луганської областей протягом 2022–2025 років.

Таблиця 3.1

**Кількість ландшафтних пожеж у розрізі одиниць
фізико-географічного районування на території Донецької та Луганської
області у 2022–2025 рр.**

№	Назва фізико-географічного району	2022	2023	2024	2025	Разом за період
СХІДНОЄВРОПЕЙСЬКА РІВНИНА						
<u>Лісостепова зона</u>						
Східноукраїнський край						
Харківська схилово-височинна область						
1	Куп'янсько-Дворічанський (130)	0	3	10	11	24
<u>Степова зона</u>						
<u>Північно-стєпова підзона</u>						
Лівобережнодніпровсько-Приазовський край						
Кінсько-Ялинська низовинна область (XXX)						
2	Вовчансько-Ниньогайчурський (160)	1	0	4	48	53
3	Кам'янсько-Дніпропетровсько-Енергодарський (161)	12	30	213	130	385
4	Дніпровсько-Кінський (162)	4	18	130	54	206
5	Середньогайчурсько-Калагацький (163)	0	14	125	87	227
Приазовська височинна область (XXXI)						
6	Чернігівсько-Розівський (164)	0	1	7	8	16
7	Волновасько-Анадольський (165)	4	7	39	17	133

№	Назва фізико-географічного району	2022	2023	2024	2025	Разом за період
8	Андріївсько-Володарський (166)	0	4	10	6	20
9	Кальчицько-Мирненський (167)	4	17	21	8	50
Приазовська низовинна область (XXXII)						
10	Маріупольсько-Новоазовський (168)	8	22	55	40	125
11	Тельманівсько-Коньківський (169)	4	18	32	35	89
Донецький край						
Західнодонецька схилова-височинна область (XXXIII)						
12	Барвінківсько-Новодонецький (170)	30	5	98	72	205
13	Торецько-Бахмутський (171)	36	120	653	952	1761
14	Межівсько-Курахівський (172)	0	33	329	176	538
Донецька височинна область (XXXIV)						
15	Макіївсько-Старобешівський (173)	25	15	112	34	186
16	Верхньокринсько-Нагольненський (174)	0	79	329	119	527
17	Дебальцівсько-Ровеньківський (175)	14	73	319	92	527
18	Лисичансько-Краснодонський (176)	52	139	521	233	945
19	Лугансько Суходільський (177)	7	25	108	43	183
20	Верхньоаланчицько-Кринський (178)	0	4	53	29	86
Задонецько-Донський край						
Старобільська схилово-височинна область (XXXV)						
21	Балаклійсько-Руженський (179)	333	196	411	513	1453
22	Кунєвсько-Борівський (180)	7	31	163	184	385
23	Біловодсько-Міловський (183)	5	20	56	26	107
Всього		592	874	3798	2917	8181

Просторово-часова нерівномірність пірогенного навантаження, що виникло внаслідок військової агресії, графічно ілюструється рис. 3.3, який відображає розподіл інтенсивності осередків пожеж ландшафтів Донецької та Луганської областей у розрізі фізико-географічних районів за період 2022–2025 рр.

Просторовий розподіл осередків пірогенної трансформації, візуалізований на рис. 3.3, не є гомогенним, а, навпаки, підтверджує виразну диспропорцію в інтенсивності навантаження між фізико-географічними районами Донбасу. Аналіз графіку чітко індикує формування стійких епіцентрів екологічного ризику, які суттєво домінують у сукупних показниках. Абсолютним епіцентром є Торецько-Бахмутський район (171),

розташований у Західнодонецькій схилово-височинній області, де зафіксована найбільша кількість пожеж за весь період (1 761 випадок).

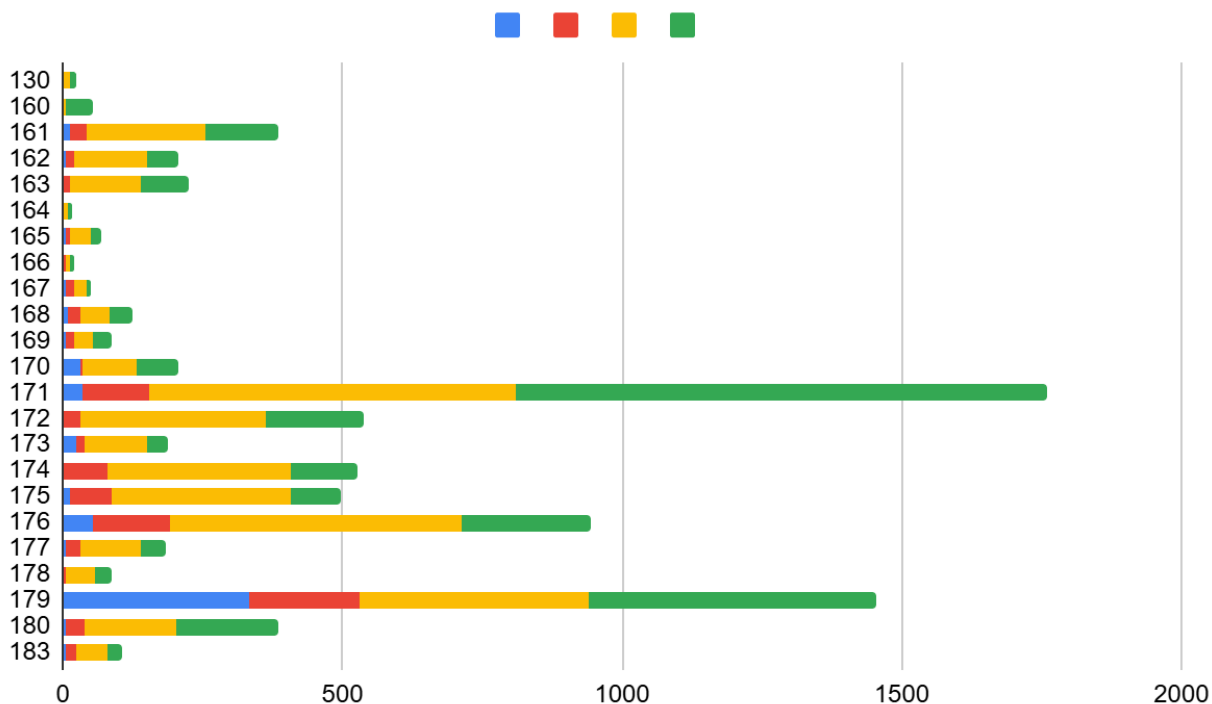


Рис. 3.3 – Розподіл кількості ландшафтних пожеж у 2022–2025 рр. у розрізі фізико-географічних районів в межах Донецької та Луганської областей (нумерація відповідає табл. 3.1)

Другий за значущістю осередок формує Балаклійсько-Руженський район (179) Старобільської схилово-височинної області (1 453 випадки), а третій – Лисичансько-Краснодонський район (176) Донецької височинної області (945 випадків). Таким чином, основний обсяг пірогенної трансформації акумулюється в межах Донецького та Задонецько-Донського країв, що прямо корелює з їхнім розташуванням у зоні інтенсивних боїв та наявністю вразливих схилових ландшафтів.

Важливою є також міжрічна динаміка пожеж в цих епіцентрах, оскільки вона вказує на зміщення мілітарного впливу. Наприклад, у Торецько-Бахмутському районі (171) спостерігається різке домінування 2025 року (зелений колір), який вніс основний вклад у сукупну кількість пожеж (952 випадки), демонструючи системну ескалацію впливу на цю територію на

пізніших етапах. На противагу цьому, Балаклійсько-Руженський район (179), хоча й має високе кумулятивне навантаження, демонстрував значну активність вже у 2022 році (синій колір) (333 випадки), відображаючи активне пірогенне навантаження на початку широкомасштабної агресії. Подібна динаміка з чітким піком у 2024 році (жовтий колір) простежується у Верхньокринсько-Нагольненському (174) та Дебальцівсько-Ровеньківському (175) районах, що вказує на період максимального військового навантаження саме у цей проміжний рік.

Крім того, аналіз підтверджує, що більшість районів Лівобережнодніпровсько-Приазовського краю (номери 160–169), хоча й мають значно менше сукупне навантаження, також демонструють домінування 2024–2025 років. Така просторова закономірність, особливо у Кам'янсько-Дніпропетровсько-Енергодарському (161) та Середньогайчурсько-Калагацькому (163) районах, може свідчити про перехід бойових дій або збільшення інтенсивності обстрілів углиб цих територій на пізніших етапах дослідження. На противагу цьому, периферійні райони Приазовської височинної області (164, 166, 167) та Куп'янсько-Дворічанський (130) демонструють мінімальну пірогенну активність, що корелює з їхнім віддаленням від основних ліній зіткнення. Таким чином, графік чітко ілюструє, що пірогенна трансформація ландшафтів є просторово-локалізованим процесом, який має стійку кореляцію з фізико-географічною належністю та динамікою військового впливу, причому загальна ескалація впливу припала на пізніші періоди агресії.

Просторова локалізація пірогенної трансформації, виражена у розподілі сумарної кількості осередків пожеж за фізико-географічними районами Донецької та Луганської областей (рис. 3.4), чітко засвідчує функціональну залежність інтенсивності займань від географічного положення району та мілітарно-обумовленого навантаження. Надана кругова діаграма візуалізує сумарний кількісний розподіл виявлених осередків пожеж за 2022–2025 рр. у розрізі фізико-географічних районів Донецької та Луганської областей, і її

аналіз однозначно засвідчує **надзвичайну просторову концентрацію** пірогенного навантаження, що формує чітко виражені епіцентри екологічного ризику.

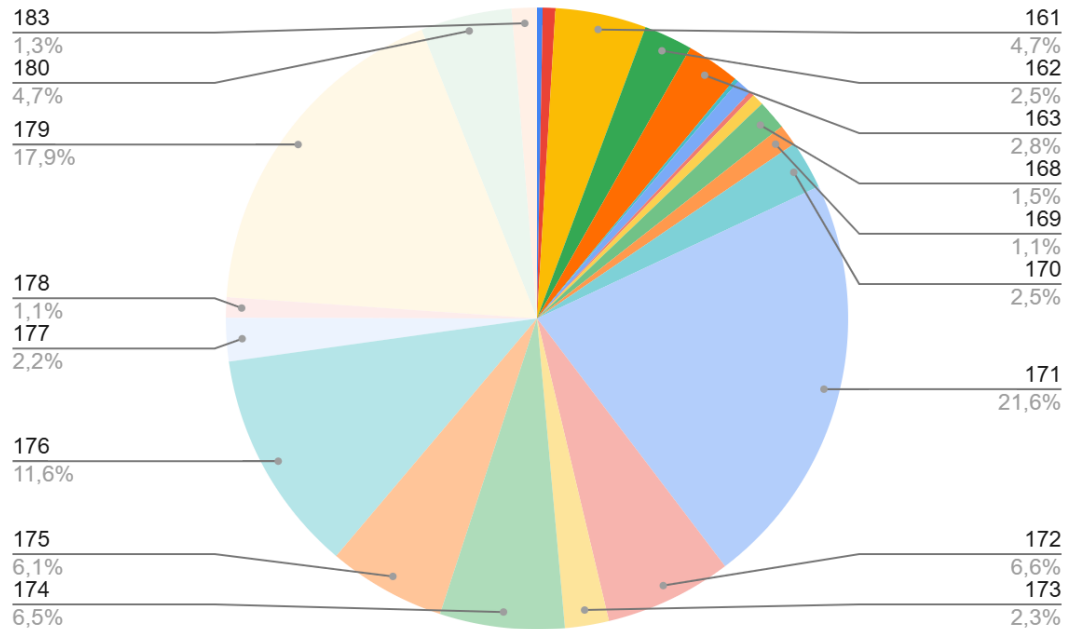


Рис. 3.4 – Сумарна кількість виявлених осередків пожеж у ізико-географічних районах Донецької та Луганської областей у 2022–2025 рр.

Розподіл демонструє високий ступінь асиметрії, оскільки найбільша частина сумарної пірогенної активності (понад 50%) припадає лише на три ключові райони, що підкреслює їхню виняткову вразливість. Абсолютним домінантом є Торецько-Бахмутський район (171), розташований у Західнодонецькій схилово-височинній області, який акумулював 21.6% усіх зафіксованих осередків, що пояснюється його розташуванням у зоні максимальної інтенсивності військових зіткнень. Другим за вагомістю осередком є Балаклійсько-Руженський район (179) Старобільської схилово-височинної області, що концентрує 17.8% від загальної кількості пожеж, а третій значний вклад вносить Лисичансько-Краснодонський район (176) Донецької височинної області, відповідаючи за 11.6% усіх випадків.

Таким чином, лише ці три райони (171, 179, 176) сукупно становлять 51.0% усіх осередків пожеж на Донбасі. Наступна група районів високого

Розподіл сумарних вигорілих площ ландшафтів, систематизований відповідно до одиниць фізико-географічного районування (табл. 3.2), є ключовим індикатором масштабу пірогенної трансформації та основою для оцінки екологічних наслідків у Донецькій та Луганській областях протягом 2022–2025 рр.

**Площа ландшафтних пожеж (га) у розрізі одиниць
фізико-географічного районування на території Донецької та Луганської
області у 2022–2025 рр.**

№	Назва фізико-географічного району	2022	2023	2024	2025	Разом за період
СХІДНОЄВРОПЕЙСЬКА РІВНИНА						
<u>Лісостепова зона</u>						
Східноукраїнський край						
Харківська схилов-височинна область						
1	Куп'янсько-Дворічанський (130)	0	84	1334	588	2006
Степова зона						

№	Назва фізико-географічного району	2022	2023	2024	2025	Разом за період
<i>Північно-степова підзона</i>						
Лівобережнодніпровсько-Приазовський край						
Кінсько-Ялинська низовинна область (XXX)						
2	Вовчансько-Ниньогайчурський (160)	62	0	220	1618	1900
3	Кам'янсько-Дніпропетровсько-Енергодарський (161)	849	969	15726	7933	25477
4	Дніпровсько-Кінський (162)	235	937	9473	3834	14479
5	Середньогайчурсько-Калагацький (163)	0	1353	8521	5186	15060
Приазовська височинна область (XXXI)						
6	Чернігівсько-Розівський (164)	0	77	209	830	1116
7	Волновасько-Анадольський (165)	2419	695	3631	2007	8752
8	Андріївсько-Володарський (166)	0	230	513	137	880
9	Кальчицько-Мирненський (167)	543	2376	3520	7073	13512
Приазовська низовинна область (XXXII)						
10	Маріупольсько-Новоазовський (168)	596	4039	2728	5680	13043
11	Тельманівсько-Коньківський (169)	1204	4670	2216	9286	17376
Донецький край						
Західнодонецька схилова-височинна область (XXXIII)						
12	Барвінківсько-Новодонецький (170)	1781	259	6932	3882	12854
13	Торецько-Бахмутський (171)	4118	6137	47205	54793	112253
14	Межівсько-Курахівський (172)	0	1402	16606	8299	26307
Донецька височинна область (XXXIV)						
15	Макіївсько-Старобешівський (173)	1853	545	5272	4343	12013
16	Верхньокринсько-Нагольненський (174)	0	12591	46530	9871	68992
17	Дебальцівсько-Ровеньківський (175)	4810	11932	53797	13811	84350
18	Лисичансько-Краснодонський (176)	9927	15057	84292	23900	84350
19	Лугансько Суходільський (177)	1319	3164	11650	7056	109276
20	Верхньоаяланчицько-Кринський (178)	0	238	3759	2996	16133
Задонецько-Донський край						
Старобільська схилово-височинна область (XXXV)						
21	Балаклійсько-Руженський (179)	21186	6201	77033	30644	135064
22	Кунєвсько-Борівський (180)	350	1885	10102	6869	19206

№	Назва фізико-географічного району	2022	2023	2024	2025	Разом за період
23	Біловодсько-Міловський (183)	209	1890	3638	1522	7259
Всього		60895	76731	414967	212158	764751

Аналіз міжрічної динаміки, який відображає сумарну площу пірогенної трансформації ландшафтів Донецької та Луганської областей, чітко ілюструє суттєву ескалацію екологічної шкоди, що була зафіксована протягом 2022–2025 рр. (рис. 3.5).

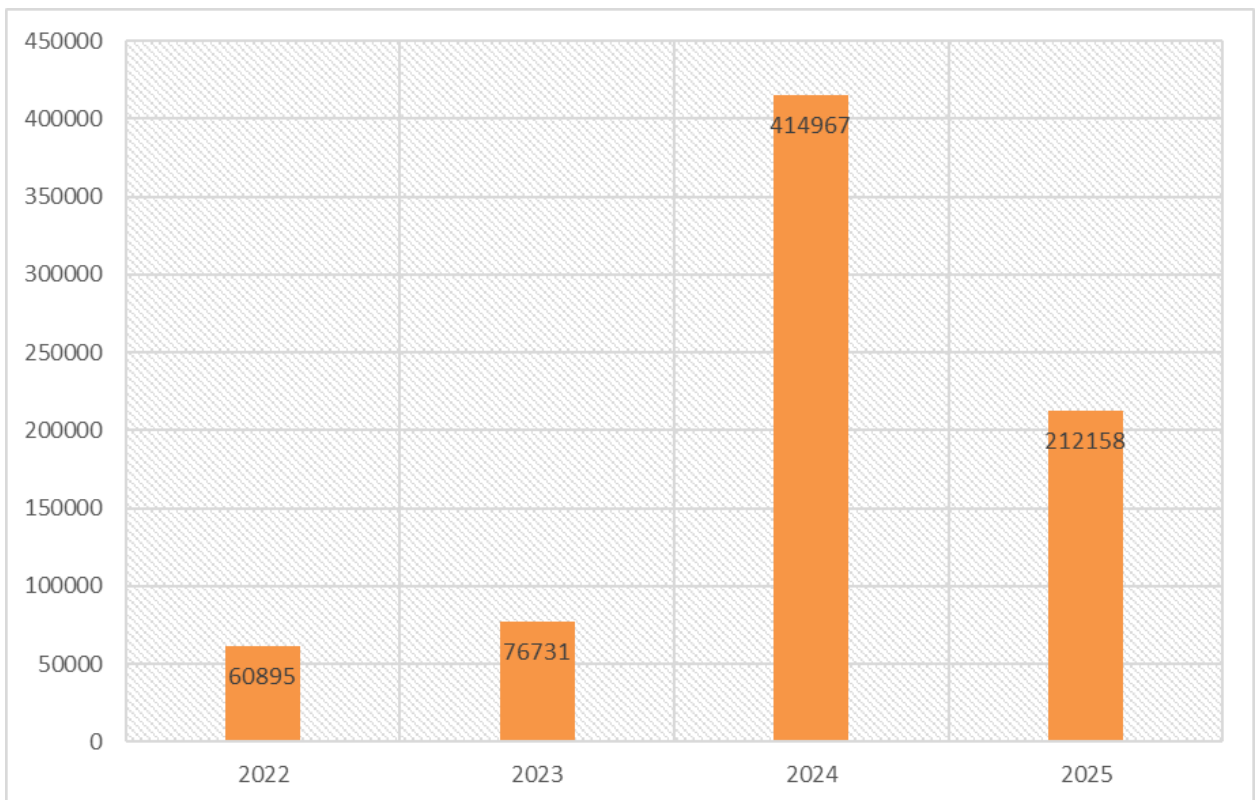


Рис. 3.5 – Сумарна площа осередків пожеж в чотирирічному окресі в Харківській області

Отримані картометричним методом дані про сумарну вигорілу площу за чотирирічний період (загалом 764 751 га) демонструють критичну часову нерівномірність та фазовість пірогенного навантаження.

Аналіз даних з гістограми підтверджує, що найбільшої шкоди ландшафти досліджуваних областей зазнали у 2024 році, коли було зафіксовано абсолютний пік вигорілої площі — 414 967 га, що становить понад половину (54.26%) усієї сумарної площі за чотири роки. Таке експоненційне зростання площі (понад 440% порівняно з 2023 роком) вказує на критичний переломний момент, коли інтенсивні бойові дії поєдналися з накопиченим паливним матеріалом у ландшафтах та, ймовірно, несприятливими погодно-кліматичними умовами, що призвело до поширення пожеж на великі території.

Початковий період, 2022–2023 рр., характеризувався відносно низькими, хоча й зростаючими показниками (з 60 895 га до 76 731 га). Це помірне зростання (26%) відображає початок військової агресії, коли моніторинг та інтенсивність поширення вогню ще не досягли своїх максимальних значень.

У 2025 році зафіксовано площу у 212 158 га. Хоча це являє собою значне зниження (майже на 49%) порівняно з піковим 2024 роком, ця площа залишається аномально високою, у 2.7 рази перевищуючи показник 2023 року. Такий рівень свідчить про системний характер пірогенної деградації, яка зберігається навіть після піку військового навантаження 2024 року.

То ж, міжрічна динаміка вигорілих площ однозначно підтверджує, що 2024 рік став найбільш деструктивним для ландшафтів регіону, і що загальний масштаб екологічної катастрофи, відображений сумарною площею у 764 751 га, є прямим наслідком військової агресії.

Аналіз динаміки площі ландшафтних пожеж за фізико-географічними районами (рис. 3.6, на основі даних табл. 3.2) виявляє високий ступінь концентрації шкоди та дозволяє згрупувати райони за спільними характеристиками міжрічної динаміки, що відображає зміщення та інтенсивність військового впливу.

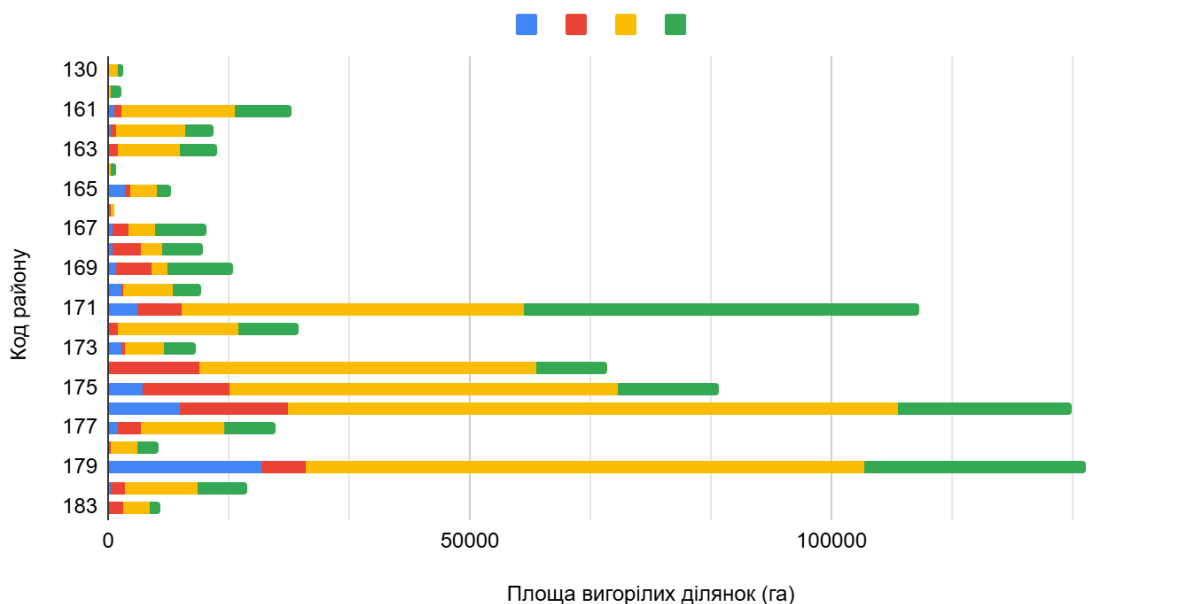


Рис. 3.6 – Динаміка площі пірогенної трансформації (га) ландшафтів Донецької та Луганської областей у розрізі фізико-географічних районів (2022–2025 рр.).

Аналіз динаміки площі ландшафтних пожеж, візуалізований за фізико-географічними районами на Рис. 3.6, чітко засвідчує високий ступінь просторово-часової нерівномірності пірогенного навантаження. Звісно, основний обсяг екологічної шкоди акумульовано у групі критичного навантаження, яка сукупно перевищує 100 тисяч гектарів вигорілої площі за досліджуваний період. До цієї групи належать Балаклійсько-Руженський (179) та Лисичансько-Краснодонський (176) райони, які є абсолютними лідерами за сумарною шкодою. Для обох територій характерне виражене домінування 2024 року, який вніс основний, часто вирішальний, вклад у сумарну площу, що прямо корелює із загальним регіональним піком і свідчить про максимальний пірогенний стрес саме в цей період. Проте Торецько-Бахмутський район (171), хоча й також належить до епіцентрів, демонструє відмінну динаміку, оскільки найбільша площа тут зафіксована у 2025 році. Це домінування пізнього року, попри високі показники 2024 року,

вказує на системну пролонговану загрозу та стійку активність вогню, що зберігалася на цій стратегічно важливій території.

Далі слідує група високого ризику, до якої входять райони, що найбільш чітко корелюють із загальнорегіональним трендом і зазнали шкоди понад 60 тисяч гектарів. Прикладом є Дебальцівсько-Ровеньківський (175) та Верхньокринсько-Нагольненський (174) райони, для яких переважний внесок 2024 року є очевидним і підтверджує, що найбільша інтенсивність військового впливу тут припала саме на цей рік. З іншого боку, група середнього навантаження (15–30 тис. га), куди входять Кам'янсько-Дніпропетровсько-Енергодарський (161) та Межівсько-Курахівський (172) райони, також має пік у 2024 році, проте значні площі у 2025 році свідчать про те, що тут проявилася тривала динаміка пірогенного впливу, який не обмежується лише піком інтенсивності бойових дій.

Нарешті, окрему увагу привертає група Приазовської периферії (наприклад, Тельманівсько-Коньківський (169) та Кальчицько-Мирненський (167)). У цих районах, незважаючи на помірну сукупну шкоду, найбільша площа вигоріла саме у 2025 році. Ця особливість є важливою, оскільки вона може свідчити про зміщення військового навантаження або прояв вторинних ефектів (наприклад, пожежі на територіях, що тривалий час були заміновані або використовувалися як полігони) на пізніших етапах конфлікту. Таким чином, аналіз динаміки площ дозволяє не лише ідентифікувати домінантний 2024 рік як період максимальної катастрофи, але й точно визначити пролонгованість екологічної шкоди, що проявляється у пізніх піках окремих районів у 2025 році.

Сумарна площа пірогенної трансформації ландшафтів Донецької та Луганської областей за 2022–2025 рр. становить 764 751 га, проте її розподіл між фізико-географічними районами є надзвичайно нерівномірним і висококонцентрованим (Рис. 3.7).

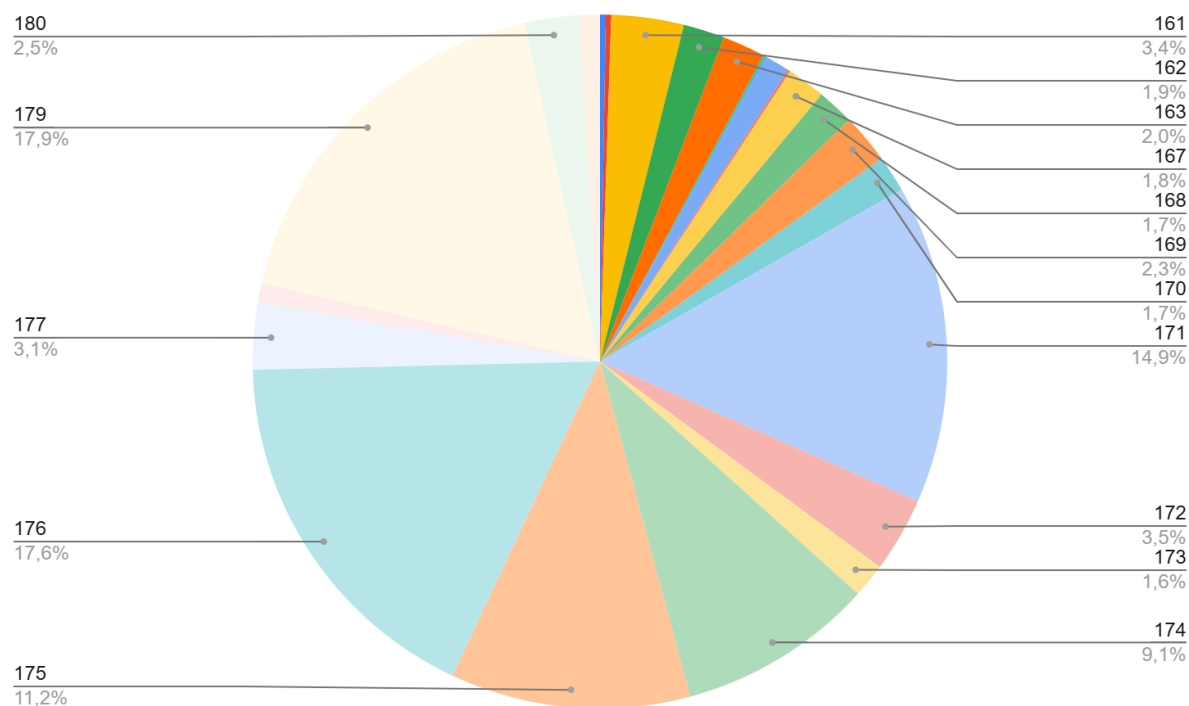


Рис. 3.7 – Розподіл сумарної площі вигорілих ділянок внаслідок пожеж у межах фізико-географічних районів Донецької та Луганської областей у 2022–2025 рр.

Розподіл сумарної вигорілої площі, візуалізований на Рис. 3.7, підтверджує критичну диспропорцію у пірогенному навантаженні, обумовлену поєднанням інтенсивності бойових дій, розташуванням лінії зіткнення та природною вразливістю ландшафтів Донецького кряжу.

Аналіз чітко ідентифікує три райони як основні епіцентри екологічної катастрофи, які сукупно акумулюють понад 49% (380 543 га) усіх втрат площі регіону:

- Балаклійсько-Руженський район (179) є абсолютним лідером, відповідаючи за 135 064 га, що становить 17.7% від загальної площі.
- Лисичансько-Краснодонський район (176) посідає друге місце, фіксує 133 176 га або 17.4% сукупної шкоди.
- Торецько-Бахмутський район (171) займає третю позицію, на його частку припадає 112 253 га, що становить 14.7% загальної вигорілої площі.

Ці північно-східні та центральні райони, що належать до Задонецько-Донського та Донецького країв, перебували у зоні найбільш тривалих та інтенсивних бойових дій протягом 2022–2025 рр. Отже, їхнє домінування обумовлене не лише кліматичними умовами чи щільністю рослинності, а й катастрофічним руйнуванням екосистем через прямі обстріли та підпали.

Наступна група районів, розташованих у внутрішньому ядрі Донецького кряжу, також демонструє високий рівень втрат: Дебальцівсько-Ровеньківський (175) з часткою 11.0% (84 350 га) та Верхньокринсько-Нагольненський (174) з 9.0% (68 992 га). Включення цих п'яти районів до найбільш постраждалих підтверджує, що Донецький кряж є головним центром пірогенної деградації всього регіону.

На противагу цьому, райони, що належать до Лівобережнодніпровсько-Приазовського краю, зокрема ті, що знаходяться на периферії або далі від активної лінії зіткнення, мають значно менші частки. Наприклад, Вовчансько-Ниньогайчурський (160) фіксує лише 0.2%, Чернігівсько-Розівський (164) — 0.1%, а Андріївсько-Володарський (166) — 0.1%. Ці найменші частки, як правило, пояснюються або меншою інтенсивністю бойових дій, або ландшафтною специфікою, що ускладнює поширення вогню на великі площі.

3.3 Узагальнення просторово-часової динаміки пірогенної трансформації та оцінка її екологічних наслідків

Проведені дослідження динаміки кількості осередків пожеж та вигорілих площ за період 2022–2025 рр. дозволяють здійснити інтегроване узагальнення просторово-часової структури пірогенної трансформації ландшафтів Донбасу та перейти до оцінки її ймовірних екологічних наслідків. Це узагальнення підтверджує, що внаслідок військової агресії відбулася надзвичайна просторова концентрація екологічної шкоди.

Ідентифіковані раніше три ключові епіцентри — Торецько-Бахмутський (171), Балаклійсько-Руженський (179) та Лисичансько-Краснодонський (176) райони — зберігають домінуючу роль як за кількістю займань, так і за площею втрат, що підкреслює їхню критичну вразливість.

Зокрема, Торецько-Бахмутський район (171) характеризується найвищою часткою зафіксованої кількості пожеж (21.6% усіх осередків) та значною часткою площі (14.7%). Динамічний аналіз цього району вказує на пролонговану ескалацію впливу, з піком як кількості, так і площі у 2025 році, що є свідченням стійкого, хронічного впливу військових дій на цю територію на пізніх етапах дослідження. На противагу цьому, Балаклійсько-Руженський район (179) є лідером за сумарною площею втрат (17.7%) і займає друге місце за кількістю (17.8%). Його динаміка відображає ранній пік кількості (2022 р.) та пік площі (2024 р.), що вказує на масштабні займання на початку агресії та їхню найбільшу площеву ефективність у загальнорегіональний піковий 2024 рік. Третій епіцентр, Лисичансько-Краснодонський район (176), має значний вклад як у кількість (11.6%), так і у площу (17.4%), демонструючи високу площеву ефективність пожеж. Ці три райони, що охоплюють переважно ландшафти Донецького та Задонецько-Донського країв, слугують "гарячими точками", де висока частота займань (кількість) поєднується із масштабністю розповсюдження вогню (площа).

Важливим аспектом інтегрованого аналізу є виявлена диспропорція між розподілом кількості осередків та вигорілої площі. Цей показник, що може слугувати індикатором ландшафтної сприйнятливості до розповсюдження вогню, демонструє, що райони з часткою площі, яка перевищує частку кількості (наприклад, Лисичансько-Краснодонський), схильні до масштабніших пожеж через наявність великих масивів лісової рослинності або значних незібраних агроландшафтів. Натомість, території, де домінує кількість осередків (наприклад, Торецько-Бахмутський), можуть вказувати на високу частоту точкових займань (внаслідок обстрілів), але, ймовірно, менші розміри окремих осередків через ландшафтну мозаїчність.

Фіксація сумарної вигорілої площі у 764 751 га свідчить про катастрофічний масштаб пірогенної трансформації, наслідки якої мають довгостроковий характер. Перш за все, відбувається порушення біологічного різноманіття та екосистемної стійкості. Масове вигорання критичних площ призводить до деградації біотопів рідкісних видів та спрощення ландшафтної структури. Домінування 2024 року як пікового за площею означає, що понад половина вигорілої території втратила свою стійкість одночасно, що мінімізує здатність ландшафту до самовідновлення. Крім того, знищення органічного шару внаслідок пожеж викликає деградацію ґрунтового покриву, руйнування його структури та різке зростання ризику водної та вітрової ерозії, що є особливо критичним для схилових ландшафтів Донецької височинної області. З екологічної точки зору, масштабні пожежі також спричинили масивний викид вуглецю в атмосферу та зменшення запасів органічного вуглецю в ґрунті, що створить серйозні проблеми для відновлення родючості агроландшафтів у майбутньому. Таким чином, узагальнення динаміки пірогенної трансформації підтверджує, що військова агресія спричинила не просто окремі пожежі, а системний, концентрована екологічна криза, що створює довгостроковий ландшафтний ризик та вимагає комплексних заходів із відновлення порушених екосистем Донбасу.

РОЗДІЛ 4

РЕКОМЕНДАЦІЇ ТА ЗАХОДИ

Проведений аналіз просторово-часової динаміки пірогенної трансформації ландшафтів Донецької та Луганської областей у період 2022–2025 рр. чітко засвідчив системний, катастрофічний характер екологічної шкоди, спричиненої військовою агресією. Загальна вигоріла площа у понад 764 тис. га та висока просторова концентрація займань вимагають негайного переходу від пасивної фіксації даних до активної, інтегрованої системи геоінформаційного моніторингу (ГІС-моніторингу).

Основна мета вдосконалення моніторингу полягає у забезпеченні органів державної влади та екологічних служб об'єктивною, оперативною та просторово-прив'язаною інформацією для наступних цілей:

1. *Прогнозування ризиків.* Оцінка динаміки накопичення пального матеріалу та потенційних зон наступних займань.
2. *Картографування шкоди.* Точне визначення меж, площі та ступеня деградації (наприклад, глибини прогорання ґрунту) для подальшої оцінки збитків.
3. *Пріоритезація відновлення.* Ідентифікація найбільш критично постраждалих ландшафтних одиниць, що потребуватимуть першочергових заходів з розмінування та екологічної реабілітації.

В умовах тривалого військового конфлікту, коли польові дослідження є неможливими або вкрай ризикованими, ГІС-моніторинг на основі ДЗЗ є єдиним ефективним інструментом контролю пірогенної ситуації.

Рекомендовані заходи для організації системи ГІС-моніторингу.
Пропоновані рекомендації структуровані за трьома рівнями: організація даних, методичний аналіз та інтеграція результатів (табл. 4.1).

Таблиця 4.1.

Організаційно-методичні рекомендації щодо впровадження інтегрованої
системи геоінформаційного моніторингу пірогенної трансформації
ландшафтів Донбасу

№	Напрямок вдосконалення	Рекомендовані заходи та інструменти	Очікуваний результат
I. Організація та верифікація даних			
1.	Багаторівнева інтеграція джерел	Забезпечити паралельну інтеграцію відкритих даних ДЗЗ з різних платформ (EFFIS, FIRMS/MODIS/VIIRS) для взаємної верифікації фіксації осередків пожеж.	Підвищення надійності фіксації подій та зменшення кількості хибнопозитивних спрацювань, особливо у прифронтовій зоні.
2.	Використання ВРЗ	Доповнення моніторингу, заснованого на середній роздільній здатності (Sentinel-2), даними високої роздільної здатності (ВРЗ) (наприклад, Planet, Maxar) для точного оконтурення малих гарей.	Точне визначення меж та площі чисельних точкових займань, характерних для зон обстрілів.
II. Методичний аналіз та індексація			
3.	Застосування індексних методів	Впровадження регулярного розрахунку диференційного нормалізованого індексу згорілої території (dNBR) на основі супутникових знімків.	Об'єктивне картування ступеня пошкодження рослинного покриву та біомаси, що є необхідним для оцінки екологічних збитків.
4.	Розрахунок ландшафтно-сприйнятливості	Включення до аналізу показника коефіцієнта площевої ефективності пожеж (співвідношення сумарної вигорілої площі до кількості осередків).	Класифікація ландшафтів за схильністю до поширення вогню та ідентифікація типів ризику (точкове займання vs. масштабне поширення).
5.	Прогнозний моніторинг	Систематичний аналіз динаміки вегетаційних індексів (NDVI, NPP) в агроландшафтах та степових екосистемах для оцінки накопичення пального матеріалу.	Оцінка пірогенної загрози на наступні сезони та виявлення територій, де незібрана біомаса може стати джерелом масових пожеж.
III. Інтеграція та картографічне узагальнення			
6.	Створення геоінформаційного реєстру	Організація єдиного динамічного ГІС-реєстру пірогенної шкоди, інтегрованого з фізико-географічним районуванням регіону.	Агрегація кількісних та площевих даних у єдиній системі з просторовою прив'язкою, що полегшує формування звітів та прийняття рішень.
7.	Картографування епіцентрів	Регулярне оновлення картографічних шарів пріоритетних зон (епіцентрів, де кумулятивна шкода перевищує 50% від регіональної норми).	Надання візуального інструменту для пріоритезації подальшого детального моніторингу та планування розмінування/відновлення.

ВИСНОВКИ

1. Генетико-морфологічний та фізико-географічний аналіз природної структури Донецької та Луганської областей демонструє значну просторову гетерогенність ландшафтного покриву, що виступає визначальним фактором у контексті диференційованої пірогенної вразливості досліджуваної території. Структурно-компонентна диференціація, окреслена в межах фізико-географічних одиниць (Донецький, Лівобережнодніпровсько-Приазовський та Задонецько-Донський краї), є критично важливою прогностичною основою. Вона полягає у контрастному співвідношенні таких чинників: інтенсивно денудовані горбогір'я Донецького кряжу з петрофітною рослинністю на щебенюватих ґрунтах (високий ризик ґрунтової ерозії після пожеж), піщані тераси Сіверського Дінця з хвойними борами на дерново-підзолистих ґрунтах (найвищий ризик пожежної інтенсивності) та лесові низовини Приазов'я з солонцюватими чорноземами (низька відновлювальна здатність). Таким чином, територіальне районування об'єктивно індикує просторову мозаїчність стійкості ландшафтів, що є методологічною передумовою для подальшої кількісної оцінки та моделювання просторово-часових особливостей пірогенної трансформації в умовах антропогенно-мілітарного впливу.

2. Аналіз динаміки та просторового розподілу кількості осередків ландшафтних пожеж показує експоненційне зростання активності з піком у 2024 році та її подальшу високу концентрацію. Просторова локалізація пірогенного навантаження є крайньою асиметричною, оскільки понад 50% усіх випадків припадає лише на три райони: Торецько-Бахмутський (171), Балаклійсько-Руженський (179) та Лисичансько-Краснодонський (176). Ця концентрація у Донецькому та Задонецько-Донському краях підтверджує пряму кореляцію між фізико-географічною вразливістю ландшафтів (схилний рельєф, наявність пального матеріалу) та лінією активних бойових зіткнень. Виявлена просторово-часова закономірність є ключовою для

подальшого моделювання екологічних наслідків та планування заходів з відновлення, оскільки вона чітко ідентифікує епіцентри найбільшої деградації.

3. Картометричний аналіз підтвердив, що сумарна вигоріла площа ландшафтів Донецької та Луганської областей за період 2022–2025 рр. становить 764 751 га, що свідчить про катастрофічний масштаб пірогенної трансформації. Найбільш деструктивним став 2024 рік (пік площі – 414 967 га), проте динаміка є пролонгованою, про що свідчить високе навантаження у 2025 році. Просторово-часова структура шкоди є висококонцентрованою: понад 49% усіх втрат акумульовано лише у трьох епіцентрах Донецького та Задонецько-Донського країв (Балаклійсько-Руженський, Лисичансько-Краснодонський та Торецько-Бахмутський райони), що є прямим наслідком інтенсивності військового впливу, накладеного на природну вразливість ландшафтів.

4. Для ефективного контролю та оцінки екологічних наслідків військово-обумовлених пожеж критично необхідне впровадження багаторівневої системи геоінформаційного моніторингу. Ключові рекомендації включають верифікацію даних через інтеграцію кількох джерел ДЗЗ (EFFIS, FIRMS/MODIS/VIIRS), використання супутникових знімків високої роздільної здатності (ВРЗ) для точного оконтурення гарей, а також обов'язкове застосування індексних методів (dNBR) та показника площевої ефективності пожеж для об'єктивного картування ступеня ландшафтної деградації та прогнозування ризиків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 50 рідкісних рослин Луганщини. Атлас-довідник / Перегрим М., Василюк О., Ширяєва Д., Коломицев Г. Київ : Веселка, 2014. 60 с.
2. Державна екологічна інспекція у Донецькій області. Звіт про стан навколишнього природного середовища Донецької області у 2020 р. Київ, 2021. 89 с. URL: <https://www.dei.gov.ua/reports> (дата звернення: 15.09.2024).
3. Дідух Я. П., Шеляг-Сосонко Ю.Р. Геоботанічне районування України та суміжних територій. *Український ботанічний журнал*. 2003. Т. 60, №1 С. 6–17.
4. Екологічний паспорт Донецької області за 2023 рік. (2024). Донецьк : Донецька обласна державна адміністрація. URL: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichnyj-monitoryng/ekologichni-pasporty/>
5. Екологічний паспорт Луганської області (за 2023 рік). (2023). Луганськ : Луганська обласна державна адміністрація. URL: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichnyj-monitoryng/ekologichni-pasporty/>
6. Звіт про Стратегічну екологічну оцінку до внесення змін до Плану заходів з реалізації у 2021-2023 роках. (2021). Краматорськ : Донецька обласна державна адміністрація. URL: <https://dn.gov.ua/storage/app/sites/1/uploaded-files/%20%D0%A1%D0%95%D0%9E.pdf> (Дата звернення: 01.09.2025).
7. Кисельова О. О., Кисельов Ю. О. Фізична географія Українського Донбасу : навчальний посібник для студентів географічних спеціальностей вищих навчальних закладів. Старобільськ, 2018. 88 с.
8. Комплексний атлас України / відп. ред. Л. М. Веклич; Держ. ком. з природ ресурсів України, Держ. наук.-вироб. п-во “Картографія”. – 1 : 4 500 000. К. : Картографія, 2005.

9. Кравченко О., Василюк О., Войціховська А., Норенко К. Дослідження впливу військових дій на довкілля на Сході України. *Схід*. 2015. С. 118 – 123.
10. Ландшафти України. Ландшафтна карта України. *Географічні карти України* : портал. URL: <https://geomap.land.kiev.ua/landscape.html> (дата звернення: 01.08.2025).
11. Маринич О. М. Фізична географія України : підручник / О. М. Маринич, П. Г. Шищенко. 3-тє вид., стер. К. : Т-во “Знання”, КОО, 2006. С. 242–270.
12. Маринич О. М., Пархоменко Г. О., Петренко О. М., Шищенко П. Г. Удосконалена схема фізико-географічного районування України. *Український географічний журнал*. 2003. №1. С.16 – 21.
13. Маринич О. М., Шищенко П. Г. Фізико-географічне районування. *Географічна енциклопедія України*: В 3-х т. Київ, 1993. Т. 3: П – Я. С. 340 – 343.
14. Національний атлас України. Київ : Картографія, 2009. 440 с. URL: https://atlas.igu.org.ua/maps_elektron.html.
15. Питуляк М. Р. Ландшафти. Фізико-географічне районування // Географія Тернопільської області : монографія : в 2 т. Т.1. Природні умови та ресурси. 2-е вид., перероблене і доповнене. Тернопіль : ТНПУ ім. В. Гнатюка : Осадца Ю. В, 2020. С. 359-379.
16. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Луганській області у 2024 році. Луганська обласна державна адміністрація, 2024. URL: https://www.eco-lugansk.gov.ua/images/docs/regionalna_dopovid_2024.pdf
17. Рельєф : характеристика. Національний атлас України. URL: <http://wdc.org.ua/atlas/4070100.html> .
18. Солов'яненко Н. Ґрунтовий покрив — складова природних ресурсів України. *Землевпорядний вісник*. 2012. № 2. С. 44–48. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zv_2012_2_12

19. Українська природоохоронна група. Степові ландшафти Донецької та Луганської областей 2019. URL: <https://uncg.org.ua/step-landshafty-donetskoi-ta-luhanskoi-oblastej/> (дата звернення: 13.05.2025).

20. Щорічна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Донецькій області у 2023 році. (2024). Краматорськ : Донецька обласна державна адміністрація. URL: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichnyj-monitoryng/regionalni-dopovid-pro-stan-navkolyshnogo-seredovyshha-v-ukrayini/>

21. EFFIS - Data and services. EFFIS - Welcome to EFFIS. URL: <https://forest-fire.emergency.copernicus.eu/applications/data-and-services> (дата звернення: 26.11.2025).

22. EFFIS (European Forest Fire Information System) : vector data on burned areas and fire dates / European Commission/ Joint Research Centre (JRC). 2025. URL: <https://effis.jrc.ec.europa.eu/> (Дата звернення: 05.12.2025).