

Хмельницький національний університет

Гуманітарно-педагогічний факультет

Кафедра екології та біологічної освіти

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Моніторинг стану лісового покриву Хмельницької області з використанням
онлайн-платформи Global Forest Watch

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Галузь знань – 10 Природничі науки

Спеціальність – 101 Екологія

Освітня програма – «Екологія»

КВРЕКОЛ. 024025.01.06.00

Виконав: здобувач 2 курсу група ЕКОЛ_м-24-1


Олександр ЗАХАРОВ

Керівник кандидаг сільгосп. наук, доцент


Віктор РИБАК

Нормоконтролер


Сергій ШЕВЧЕНКО

До захисту допускаю:
завідувач кафедри екології
та біологічної освіти


Ольга ЄФРЕМОВА

18 грудня 2025 р.

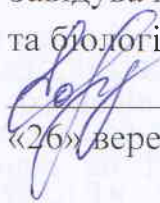
Хмельницький 2025

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет – Гуманітарно-педагогічний
Кафедра – Екології та біологічної освіти
Рівень вищої освіти – другий (магістерський)
Галузь знань – 10 Природничі науки
Спеціальність – 101 Екологія
Освітньо-професійна програма – «Екологія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри екології
та біологічної освіти

 **Ольга ЄФРЕМОВА**
«26» вересня 2025 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Захарову Олександрю Сергійовичу

1. Тема роботи: «Моніторинг стану лісового покриву Хмельницької області з використанням онлайн-платформи Global Forest Watch»

керівник роботи Рибак Віктор Валерійович, к.с.-г.н., доцент.

Затверджено наказом ректора університету від 25 серпня 2025 року № 65.

2. Строк подання студентом роботи на кафедру 15 грудня 2025 року.

3. Вихідні дані до роботи: лісові насадження Хмельницької області, онлайн-платформа Global Forest Watch.

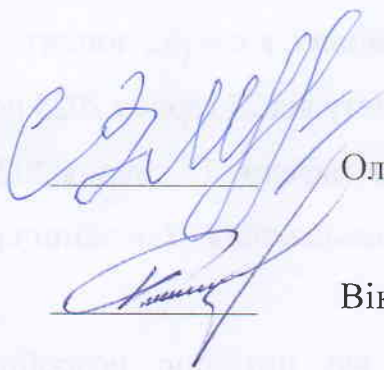
4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити): 1 Особливості використання онлайн-платформ та штучного інтелекту у процесі оцінювання лісових насаджень. 2 Загальна характеристика лісових насаджень Хмельницької області. 3 Аналіз стану лісового покриву Хмельницької області на основі даних платформи Global Forest Watch.

5. Дата видачі завдання 29 вересня 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу кваліфікаційної роботи	Термін виконання	Примітка
1 Вступ	до 01.11	виконано
2 Особливості використання онлайн-платформ та штучного інтелекту у процесі оцінювання лісових насаджень	до 05.11	виконано
3 Загальна характеристика лісових насаджень Хмельницької області	до 15.11	виконано
4 Аналіз стану лісового покриву Хмельницької області на основі даних платформи Global Forest Watch	до 25.12	виконано
5 Висновки	до 04.12	виконано
6 Перелік джерел посилання	до 06.12	виконано
7 Додатки	до 08.12	виконано

Здобувач



Олександр ЗАХАРОВ

Керівник



Віктор РИБАК

АНОТАЦІЯ

Тема – Моніторинг стану лісового покриву Хмельницької області з використанням онлайн-платформи Global Forest Watch.

Автор – здобувач ЕКОЛ_м-24-1 Олександр ЗАХАРОВ.

Керівник – доц. кафедри екології та біологічної освіти, к.с.-г.н., доц. Віктор РИБАК.

Кваліфікаційна робота викладена на 78 сторінках, містить 6 таблиць, 24 рисунки, 1 додаток та перелік джерел посилання з 53 джерел.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МОНІТОРИНГ ДОВКІЛЛЯ, ЛІСОВИЙ ПОКРИВ, ХМЕЛЬНИЦЬКА ОБЛАСТЬ, ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ, СУПУТНИКОВІ ДАНІ, GLOBAL FOREST WATCH, ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ (ГІС), ВТРАТИ ЛІСУ, ВІДНОВЛЕННЯ ЛІСУ, СТАЛИЙ РОЗВИТОК.

У роботі узагальнено особливості використання онлайн-платформ та штучного інтелекту у процесі оцінювання лісових насаджень; надано загальну характеристику лісових насаджень Хмельницької області; проведено аналіз стану лісового покриву Хмельницької області на основі даних платформи Global Forest Watch; визначено перспективи інтеграції Global Forest Watch у національну систему екологічного моніторингу.

15.12.2025 р.



Олександр ЗАХАРОВ

ЗМІСТ

	С.
Вступ.....	5
1 Особливості використання онлайн-платформ та штучного інтелекту у процесі оцінювання лісових насаджень.....	8
1.1 Платформи геопросторового моніторингу лісових екосистем	8
1.2 Концептуальні основи та історичний розвиток Global Forest Watch..	31
2 Загальна характеристика лісових насаджень Хмельницької області.....	39
3 Аналіз стану лісового покриву Хмельницької області на основі даних платформи Global Forest Watch	45
3.1 Дослідження лісового покриву	45
3.2 Аналіз та інтерпретація результатів Global Forest Watch	62
3.3 Перспективи інтеграції Global Forest Watch у національну систему екологічного моніторингу.....	65
Висновки.....	69
Перелік джерел посилання.....	72
Додаток А Результати апробації дослідження.....	79

ВСТУП

Ліси є одним із найважливіших компонентів біосфери, що виконують численні екологічні, кліматорегулюючі, водоохоронні та соціально-економічні функції. В умовах глобальних екологічних змін, інтенсифікації антропогенного навантаження, незаконних рубок і зростання масштабів лісових пожеж питання ефективного моніторингу стану лісових екосистем набуває особливої актуальності. Забезпечення сталого лісокористування неможливе без застосування сучасних цифрових технологій, зокрема засобів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) та геоінформаційних систем (ГІС), які дають змогу оперативно отримувати, аналізувати та візуалізувати просторові дані про динаміку лісового покриву.

Одним із найбільш потужних інструментів для аналізу стану лісів є глобальна онлайн-платформа Global Forest Watch (GFW), створена за ініціативи World Resources Institute (WRI) у співпраці з NASA, Google та іншими науковими установами. Ця система надає відкритий доступ до супутникових даних про вирубки, пожежі, деградацію та зміни лісового покриву у режимі майже реального часу. Її застосування у наукових дослідженнях та природоохоронній діяльності відкриває широкі можливості для оцінки ефективності ведення лісового господарства, планування екологічного моніторингу та підвищення прозорості управлінських рішень у сфері охорони природи.

Хмельницька область, що розташована в межах лісостепової зони України, характеризується значною мозаїчністю ландшафтів і неоднорідністю лісового покриву. Останніми роками спостерігаються тенденції до зменшення площі лісів через вирубки, пожежі та господарське освоєння територій. Тому дослідження змін лісового покриву за допомогою сучасних геоінформаційних платформ є важливим завданням для забезпечення екологічної безпеки регіону.

Мета дослідження – проаналізувати стан і динаміку лісового покриву Хмельницької області із використанням даних онлайн-платформи Global Forest Watch та оцінити ефективність її застосування для екологічного моніторингу.

Для досягнення мети поставлено такі завдання:

- проаналізувати науково-методичні засади дистанційного моніторингу лісів;
- охарактеризувати природно-географічні умови та лісові ресурси Хмельницької області;
- дослідити функціональні можливості та структуру даних платформи Global Forest Watch;
- провести аналіз змін лісового покриву області за супутниковими даними GFW;
- оцінити просторові тенденції вирубок, деградації та відновлення лісів;
- розробити рекомендації щодо вдосконалення системи моніторингу лісових екосистем регіону.

Об’єкт дослідження – лісовий покрив території Хмельницької області.

Предмет дослідження – просторово-часові зміни лісового покриву, виявлені на основі даних платформи Global Forest Watch.

Гіпотеза полягає в тому, що впровадження онлайн-платформи Global Forest Watch у систему екологічного моніторингу Хмельницької області сприятиме підвищенню оперативності отримання екологічної інформації, зниженню витрат на польові дослідження та забезпечить основу для прийняття науково обґрунтованих управлінських рішень у сфері лісокористування.

Методи дослідження – аналіз супутникових зображень, геоінформаційне моделювання, порівняльно-статистичний аналіз, методи картографічної візуалізації та системного підходу.

Наукова новизна полягає у використанні відкритих супутникових даних GFW для оцінки сучасних тенденцій зміни лісового покриву Хмельницької області та виявленні просторових закономірностей деградації лісових масивів.

Інноваційність дослідження полягає у застосуванні сучасних геоінформаційних технологій та відкритих супутникових даних онлайн-платформи Global Forest Watch для комплексного аналізу стану й динаміки лісового покриву Хмельницької області. Використання інструментів GFW забезпечує оперативне виявлення вирубок, деградації та відновлення лісів у режимі майже реального часу, що значно підвищує ефективність екологічного моніторингу та створює науково-практичну основу для впровадження інноваційних підходів до управління лісовими ресурсами регіону.

Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості їх застосування органами місцевого самоврядування, екологічними службами, лісогосподарськими підприємствами та науковими установами для підвищення ефективності моніторингу та управління лісовими ресурсами.

Основні наукові положення та результати досліджень апробовано на Міжнародній науково-практичній конференції «Мисливське господарство: традиції. Досвід. Нові горизонти» у Подільському національному університеті і (місто Житомир, 19 вересня 2025 року) (Додаток А).

1 ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ОНЛАЙН-ПЛАТФОРМ ТА ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У ПРОЦЕСІ ОЦІНЮВАННЯ ЛІСОВИХ НАСАДЖЕНЬ

1.1 Платформи геопросторового моніторингу лісових екосистем

Сучасні екологічні дослідження тісно пов'язані з оцінкою антропогенних впливів та їх наслідків, які нерідко мають прихований або складний для виявлення характер. Особливої актуальності ці питання набувають під час дослідження важкодоступних територій, де ефективний аналіз потребує комплексного підходу до визначення масштабів і напрямів глобальних екологічних змін. Для відстеження таких змін доцільно використовувати широкий спектр відкритих і комерційних інтернет-ресурсів, що забезпечують доступ до екологічних та просторових даних.

Інтеграція різних систем картографування сприяє ефективному моніторингу лісового покриву та аналізу просторового розподілу територій з урахуванням формування ландшафтно-територіальної структури. Такий підхід має важливе значення для поглибленого розуміння впливу людської діяльності на природні екосистеми та розроблення ефективних заходів щодо їх збереження й відновлення [2].

Для дослідження стану та динаміки лісового покриву широко застосовуються технології дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), які забезпечують отримання достовірної інформації для вирішення низки практичних завдань, зокрема картографування лісових ділянок, розрахунку таксаційних показників деревостанів і верифікації результатів наземного моніторингу.

Використання даних ДЗЗ дає змогу створювати високоточні картографічні матеріали, що забезпечують виокремлення лісових і нелісових територій за допомогою так званої «лісової маски». Основу цих технологій

становлять мультиспектральні супутникові знімки, інтегровані з геопросторовими базами даних про лісові ресурси [3].

Проблеми, пов'язані з оцінкою та аналізом земельних ресурсів, можуть бути ефективно вирішені шляхом застосування космічних знімків, доступних на відкритих інтернет-платформах. Використання таких даних сприяє автоматизації процесів збору, об'єднання та обробки інформації, що значно підвищує оперативність і точність екологічних досліджень.

У сучасних умовах удосконалення технологій збору інформації засобами дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) та розвиток інструментарію для її оброблення, зокрема з використанням методів штучного інтелекту, забезпечують нові можливості для комплексного моніторингу екосистем. Такі підходи дають змогу виявляти зміни у структурі землекористування, оцінювати стан і просторову організацію лісового покриву, а також аналізувати інші процеси, що відбуваються на земній поверхні.

Методи та підходи до моніторингу площі й стану лісових екосистем визначаються метою дослідження та інформаційними потребами користувачів. Зокрема, аналіз динаміки продуктивності лісових насаджень, процесів знеліснення або розширення площ лісового покриву має виражену регіональну специфіку, що зумовлюється поєднанням економічних, природних та екологічних чинників. Традиційно моніторинг і інвентаризація лісових ресурсів здійснювалися переважно у господарсько-цінних лісах. Водночас із посиленням уваги до ролі лісів у підтриманні біорізноманіття, охороні водозбірних басейнів та забезпеченні екосистемних послуг система моніторингу поступово трансформується у більш комплексну, інтегровану та багаторівневу [4].

На сьогодні розроблено низку міжнародних інформаційних систем і платформ для моніторингу стану лісів на глобальному та регіональному рівнях. Серед найбільш відомих варто виокремити Global Forest Watch, систему сповіщень GLAD (що є складовою частиною Global Forest Watch, але функціонує як автономна підсистема), Global Forest Change, Forests –

Copernicus Land Monitoring Service та GEDI. Ці сервіси забезпечують доступ до актуальних супутникових даних і аналітичних інструментів, що дозволяють здійснювати оперативне відстеження змін лісового покриву та формувати науково обґрунтовані рішення у сфері сталого лісокористування [5].

Global Forest Watch (GFW) – це інтегрована вебплатформа та аналітичний інструмент для глобального моніторингу стану лісових екосистем. Система була розроблена Всесвітнім інститутом ресурсів (World Resources Institute, WRI) з метою забезпечення відкритого доступу до інформації про стан лісів, масштаби їх вирубання та трансформацію цільового використання земель.

Платформа GFW поєднує геоінформаційні системи (ГІС), дані дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), геопросторову аналітику та технології штучного інтелекту. Вона також інтегрує відомості з національних і регіональних баз даних та звітів щодо лісових ресурсів, що підвищує достовірність та аналітичну цінність отриманих результатів.

Основним призначенням GFW є надання інструментів для аналізу змін лісового покриву, моніторингу стану лісових екосистем, а також оперативного виявлення випадків незаконних рубок і змін у структурі землекористування. Алгоритми платформи здійснюють зіставлення супутникових знімків територій, вкритих лісами (так званої лісової маски), що дозволяє автоматично ідентифікувати зміни в межах лісового покриву планети [6].

Результати аналізу публікуються у відкритому доступі, що забезпечує можливість використання даних науковцями, екологами, державними установами та громадськістю. У своїй роботі GFW використовує технологічні сервіси Mapbox, Carto, Planet та OpenStreetMap, що забезпечує високу інтегрованість платформи з різноманітними джерелами просторових даних і дозволяє отримувати точну, актуальну та візуально зручну інформацію про стан лісового покриву [7].

Інструментарій платформи Global Forest Watch (GFW) передбачає можливість налаштування системи сповіщень для обраних територій. Зареєстровані користувачі можуть створювати зони інтересу та отримувати повідомлення про виявлені зміни лісового покриву у визначених межах. Сповіщення надходять у форматі електронних листів або SMS, що забезпечує оперативне інформування користувачів про нові події. Залежно від джерела супутникових даних, час оновлення інформації для тропічних лісів становить від 2 днів до 12 днів, що дозволяє своєчасно реагувати на факти вирубування або деградації лісів [6].

У результаті останніх оновлень на панелі інструментів платформи (рисунок 1.1) з'явився інтегрований модуль «Пожежі» (FIRMS), розроблений NASA. Його впровадження суттєво розширює функціональні можливості системи, роблячи GFW більш універсальним інструментом для моніторингу лісових екосистем і підтримки прийняття управлінських рішень у сфері лісового господарства.

Система оперативного виявлення змін лісового покриву в GFW функціонує на основі даних GLAD-L, GLAD-S2, RADD, UMD та WUR (рисунок 1.2). Зазначені набори даних забезпечують високу точність аналізу для тропічних лісів Амазонії, Африки, Південно-Східної Азії та інших регіонів планети.

Платформа GFW активно використовується у наукових дослідженнях, присвячених вивченню змін лісового покриву, оцінюванню впливу кліматичних змін, аналізу екосистемних послуг і просторового планування природокористування. Крім того, вона виступає ефективним інструментом для підвищення рівня обізнаності громадськості щодо стану та динаміки світових лісових ресурсів.

Система сповіщень GLAD. Лабораторія Global Land Analysis and Discovery (GLAD), що функціонує при Департаменті географічних наук Університету Меріленда (США), здійснює наукові дослідження, спрямовані на вивчення методів, причин і наслідків глобальних змін земної поверхні,

зокрема трансформацій лісового покриву. У межах співпраці з платформою Global Forest Watch (GFW) лабораторія GLAD розробила та впровадила систему оперативних сповіщень про зміни лісового покриву, що базується на двох аналітичних інструментах – GLAD-L та GLAD-S2.

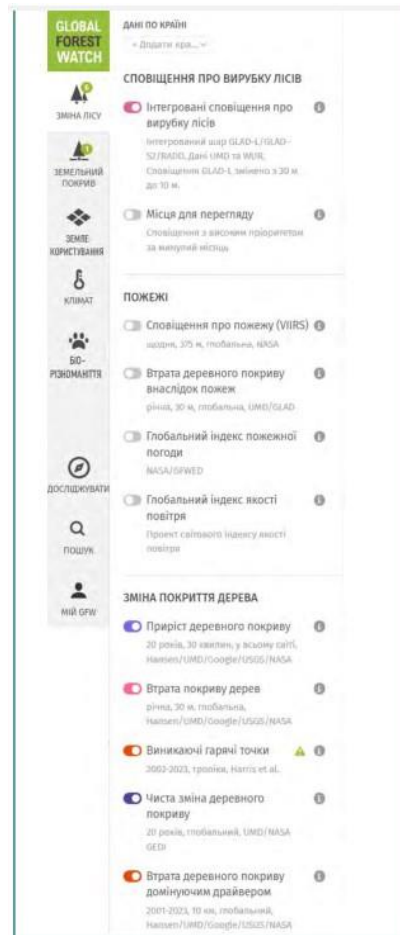


Рисунок 1.1 – Панель іструментів GFW [6]



Рисунок 1.2 – Територія охоплення системою RADD щодо змін у лісовому покриві [6]

Інструмент GLAD-L функціонує на основі відкритих супутникових даних Landsat і використовує алгоритм, представлений на рисунку 1.3. Алгоритм забезпечує автоматизоване виявлення ділянок із втратами лісового покриву з високою просторовою та часовою роздільністю. Інструмент GLAD-S2 застосовує аналогічні принципи, але працює з даними Sentinel-2, що дозволяє підвищити частоту оновлення даних і деталізацію результатів моніторингу.



Рисунок 1.3 – Алгоритм GLAD-L для виявлення змін у лісовому покриві за даними Landsat [8]

Система сповіщень GLAD розроблена Лабораторією глобального аналізу та відкриттів земної поверхні (Global Land Analysis and Discovery, GLAD) Департаменту географічних наук Університету Меріленда (США). Основним напрямом діяльності лабораторії є дослідження методів, чинників

і наслідків глобальних змін земної поверхні, зокрема динаміки лісового покриву. У межах співпраці з платформою Global Forest Watch (GFW) фахівці лабораторії розробили та інтегрували два інструменти – GLAD-L і GLAD-S2, які забезпечують функціонування системи оперативних сповіщень про зміни лісового покриву. Перший із них базується на обробленні відкритих даних Landsat, другий – на використанні супутникових даних Sentinel-2.

Основою роботи системи GLAD є формування мозаїк часових рядів супутникових зображень Landsat, які використовуються для створення лісової маски на визначений період. На базі цієї маски здійснюється навчання алгоритму розпізнавання порушень лісового покриву. Після досягнення оптимальних показників точності моделі визначаються параметри сповіщення та періодичність їх надсилання користувачам [9].

Перед запуском алгоритму пакетної класифікації змін лісового покриву проводиться попередня обробка супутникових даних, яка включає оцінювання якості отриманих знімків з урахуванням впливу хмарності та аерозолів, а також їх нормалізацію для усунення атмосферних спотворень. Алгоритм аналізує кожен новий набір даних Landsat для виявлення відхилень від базового стану лісової маски.

Якщо алгоритм фіксує потенційне порушення, формується сповіщення зі статусом «можливе» (possible alert). У разі, коли аналогічні зміни виявляються на двох послідовних наборах даних, сповіщення отримує статус «підтвержене» (confirmed alert), що свідчить про фактичну зміну лісового покриву.

Можливості платформ Global Forest Watch і GLAD для збору даних про зміни лісового покриву на території України. Платформа Global Forest Watch (GFW) надає статистичну інформацію щодо змін лісового покриву на території України за попередні роки. Отримані показники базуються на супутникових даних і відображають динаміку лісових екосистем у часовому розрізі. Водночас рівень точності цих даних може варіювати залежно від

просторової роздільної здатності, доступності супутникових знімків та якості вихідних даних, що використовуються для аналітичної обробки.

Система сповіщень GLAD, інтегрована у GFW, наразі не поширюється на територію України, що обмежує можливості оперативного виявлення незаконних рубок або інших порушень лісового покриву. Однак наявний досвід розроблення, реалізації та функціонування зазначеної системи може бути використаний як методологічна основа для створення національної системи моніторингу та раннього попередження про зміни лісового покриву, особливо в межах природоохоронних територій та лісів, що мають високу природну цінність.

Окрім значення для аналізу змін лісового покриву має ресурс Global Forest Change (GFC), створений на базі хмарної платформи Google Earth Engine. Цей інтернет-ресурс відображає результати аналізу часових серій супутникових зображень з 2000 року по 2023 рік, що дозволяє відстежувати довгострокові тенденції втрати та відновлення лісів [6].

На сьогодні доступні дві версії ресурсу GFC:

- перша версія охоплює оцінку втрати лісового покриву за період з 2018 року по 2019 рік;
- друга, оновлена версія надає розширену інформацію про втрату лісового покриву з 2000 року по 2023 рік, а також містить дані про відновлення лісів на місцях, де втрати були зафіксовані в період з 2000 року по 2012 рік, і про нові заліснені території, зокрема самосійні ліси та ділянки лісорозведення.

Таким чином, ресурси GFW, GLAD та GFC становлять цінну базу для просторового аналізу стану лісових екосистем, а також можуть бути використані для адаптації міжнародних підходів до створення національної системи моніторингу лісів України.

У своїй роботі ресурс Global Forest Change (GFC) використовує метод порівняння растрових даних за різні часові періоди з метою виявлення змін у лісовому покриві. Такий підхід ґрунтується на аналізі відмінностей між

пікселями супутникових зображень, що дозволяє визначати фактичні зони втрати або відновлення лісів.

Растрові дані у системах дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) являють собою цифрові зображення, утворені сукупністю точок (пікселів), кожна з яких має певні характеристичні значення – зокрема глибину кольору, яскравість, спектральні показники та насиченість. Саме ці параметри дозволяють відрізнити типи земного покриття та фіксувати їхні зміни у часі.

Застосування цього інструменту відкриває можливість оцінювання інтенсивності спеціального використання лісових ресурсів на рівні окремих регіонів або лісокористувачів (рисунок 1.4). Отримані результати можуть бути використані для моніторингу динаміки лісового фонду, планування природоохоронних заходів і вдосконалення системи управління лісовими екосистемами.

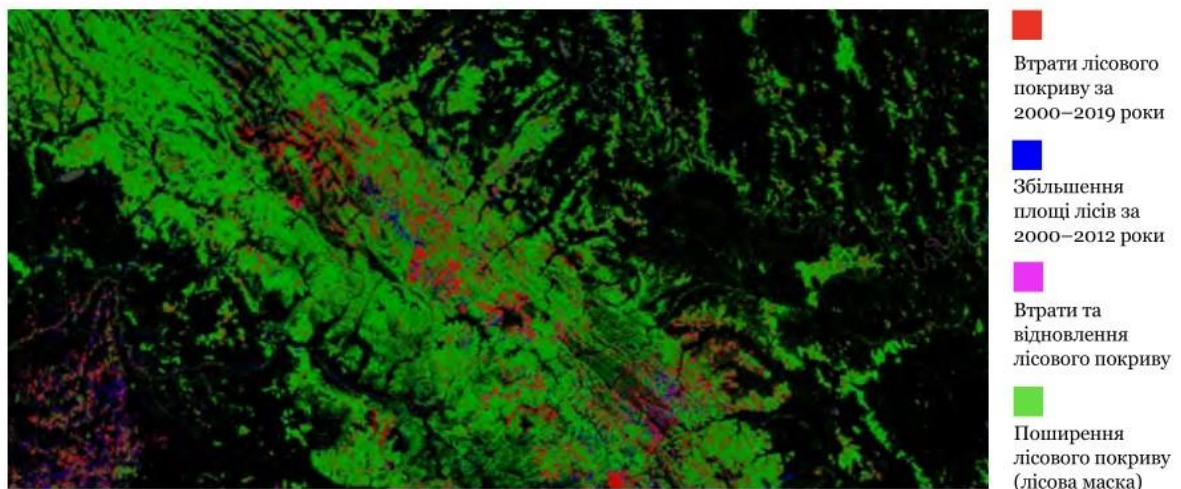


Рисунок 1.4 – Зафіксовані зміни лісового покриття в Українських Карпатах [11]

Відповідно до чинного лісового законодавства України, до основних видів спеціального використання лісових ресурсів належать:

- заготівля деревини під час проведення рубок головного користування та інших видів рубок;
- заготівля другорядних лісових матеріалів (зокрема, живиці, кори,

деревної зелені, лісової підстилки, моху тощо);

– побічні лісові користування, які включають збирання дикорослих плодів, ягід, грибів, лікарських рослин, сіна, випасання худоби та інші види господарської діяльності, що не пов'язані з вирубуванням деревини;

– використання корисних властивостей лісів для культурно-оздоровчих, рекреаційних, спортивних, туристичних і освітньо-виховних цілей, а також для потреб мисливського господарства та проведення науково-дослідних робіт.

Forests – Copernicus Land Monitoring Service є складовою частиною програми Європейського Союзу Copernicus, спрямованої на спостереження за станом земельного покриття та змінами навколишнього середовища. У межах цього сервісу створено кілька картографічних продуктів за базові роки 2012 рік, 2015 рік та 2018 рік, які відображають рівень лісистості, домінуючі деревні породи та типи лісів.

Ресурс забезпечує доступ до деталізованих локальних карт для територій країн Європейського Союзу. Водночас аналіз лісового покриття України у межах цього проєкту не здійснювався (рисунок 1.5). Загалом реалізація проєкту тривала до 2020 року.



Рисунок 1.5 – Вкриті лісом території ЄС станом на 2018 рік [12]

На ресурсі Forests – Copernicus Land Monitoring Service відсутні інтегровані інструменти для оперативного аналізу чи моніторингу змін у лісовому покриві. Картографічні дані представлені як результати обробки растрових композиційних мозаїк, при цьому основою аналізу є порівняння растрових даних за базові роки з трирічним інтервалом.

У межах ресурсу виділено шість класів земного покриву:

- 01 – без змін, нелісові території;
- 02 – нові лісові масиви;
- 03 – втрачені лісові території;
- 04 – без змін лісові масиви;
- 05 – некласифіковані території;
- 06 – ділянки, що виходять за межі зони інтересу.

Зазначені класи земного покриву можуть бути використані як вхідні дані для алгоритмів машинного навчання, що застосовуються для автоматизованого виявлення змін у лісових екосистемах та аналізу динаміки лісового покриву.

Global Ecosystem Dynamics Investigation (GEDI) – це спільна програма NASA та Університету Меріленда, яка використовує технологію лідарного сканування для отримання даних про тривимірну структуру земної поверхні. Основна мета програми полягає у вимірюванні висоти дерев та вертикальної структури деревостанів, що дозволяє оцінювати як крону, так і підріст із підліском у лісових насадженнях.

Перший етап програми було завершено у січні 2023 року. Відновлення роботи GEDI на Міжнародній космічній станції (МКС) відбулося 22 квітня 2024 року, у День Землі, а другий етап збору даних заплановано тривати до 2030 року.

GEDI є наочним прикладом застосування лідарних технологій у дистанційному зондуванні Землі, які здобувають усе більше значення у наукових дослідженнях та управлінні лісовими ресурсами завдяки високій точності отриманих даних. Дані лідарного сканування дозволяють детально

відтворювати вертикальну структуру лісових насаджень, включно з підростом та підліском під кронами дерев, що є критично важливим для оцінки біомаси та стану лісових екосистем.

Програми NASA та FAO для моніторингу лісового покриву. Earth Observing System (EOS) – це скоординована серія супутників NASA, розміщених на полярній орбіті з невеликим нахилом, призначена для довготривалих глобальних спостережень за поверхнею суші, біосферою, атмосферою та океанами. Дані, отримані з цих супутників, можуть бути використані для виявлення змін у лісовому покриві, оцінки антропогенних впливів та нелегальних рубок [13].

ICESat-2 (Ice, Cloud, and Land Elevation Satellite 2) є частиною системи спостереження за Землею NASA і призначений для вимірювання висоти крижаного покриву, товщини морського льоду, топографії суші, а також характеристик рослинності та хмарного покриву. Використання даних ICESat-2 у поєднанні з іншими супутниковими джерелами дозволяє оцінювати вертикальну структуру лісових насаджень та зміни лісового покриву з високою точністю.

FAO Land Cover Classification System (LCCS) – це система класифікації земного покриву, розроблена Продовольчою та сільськогосподарською організацією ООН (FAO), яка забезпечує послідовну методологічну основу для класифікації та картографування типів ґрунтового та рослинного покриву. Система містить методичні вказівки щодо структурованого розподілу класів земного покриву та їх інтеграції у геоінформаційні системи (ГІС), що забезпечує уніфікований підхід до аналізу земних екосистем [14].

Міжнародні програми та сервіси для моніторингу змін лісового покриву. Сучасний моніторинг лісових екосистем здійснюється за допомогою різноманітних міжнародних платформ і супутникових програм, що забезпечують збори, обробку та аналіз даних про структуру та динаміку лісового покриву. До ключових ресурсів належать:

– Global Forest Watch (GFW) та система сповіщень GLAD – надають

статистичні дані про зміни лісового покриву та втрату лісів, а також інструменти для оперативного виявлення порушень у тропічних лісах. Система GLAD базується на даних Landsat і Sentinel-2 і дозволяє визначати «можливі» та «підтвержені» зміни у лісових насадженнях. Хоча GFW та GLAD поки не охоплюють територію України, їхні алгоритми та методологія можуть бути використані для створення національної системи моніторингу;

– Global Forest Change (GFC) – інтернет-ресурс на базі Google Earth Engine, що демонструє часові ряди змін лісового покриву з 2000 року по 2023 рік, включно з відновленням лісів і новими залісненими територіями. Аналіз базується на порівнянні растрових даних, виділенні класів земного покриву та може використовуватися як вхідні дані для алгоритмів машинного навчання [15];

– Forests – Copernicus Land Monitoring Service – компонент програми ЄС Copernicus, що включає карти лісистості, типів лісу та домінуючих деревних порід за базові роки 2012 рік, 2015 рік, 2018 рік. Дані доступні для країн ЄС, але аналіз території України не проводився. Ресурс може слугувати джерелом для порівняльного аналізу або калібрування моделей моніторингу;

– Global Ecosystem Dynamics Investigation (GEDI) – програма NASA та Університету Меріленда, яка використовує лідарне сканування для вимірювання висоти дерев, вертикальної структури деревостанів та підросту. Дані GEDI забезпечують високу точність у визначенні біомаси та стану лісових екосистем;

– Earth Observing System (EOS) та ICESat-2 – супутникові системи NASA для довгострокових глобальних спостережень за сушею, біосферою та топографією. Дані цих програм дозволяють відстежувати зміни лісового покриву, характеристики рослинності та незаконні рубки;

– FAO Land Cover Classification System (LCCS) – система класифікації земного покриву, що забезпечує послідовний методологічний підхід для картографування та інтеграції класів земного покриву у ГІС. Вона є основою для уніфікованого аналізу екосистем та моделювання змін лісових

ресурсів (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 – Міжнародні програми та сервіси для моніторингу змін лісового покриву

Назва ресурсу	Джерело даних	Період спостережень	Основне призначення для моніторингу	Можливості використання для України
Global Forest Watch (GFW) / GLAD	Супутникові дані Landsat, Sentinel-2; алгоритми ШІ	2000 – теперішній час	Моніторинг змін лісового покриву, виявлення незаконних рубок, статистика втрат та відновлення лісів	Методологія та алгоритми можуть бути адаптовані для національної системи моніторингу, особливо для охоронних територій та лісів високої природної цінності
Global Forest Change (GFC)	Растрові мозаїки Landsat; аналіз часових рядів	2000 – 2023	Виявлення втрати та відновлення лісового покриву, виділення класів земного покриву для аналізу та машинного навчання	Може бути використаний для оцінки динаміки лісів, картографування втрат і приросту лісового покриву в різних регіонах України
Forests – Copernicus Land Monitoring Service	Супутникові дані ESA (Sentinel)	Базові роки: 2012, 2015, 2018	Визначення лісистості, типів лісу, панівних деревних видів; картографічний аналіз змін	Дані можуть слугувати джерелом для порівняльного аналізу, калібрування моделей моніторингу та створення карт для українських лісових екосистем
GEDI (Global Ecosystem Dynamics Investigation)	Лідарні дані з МКС	2019 – теперішній час; другий етап до 2030	Вимірювання висоти дерев, вертикальної структури деревостанів та підросту; оцінка біомаси	Може бути використаний для точного оцінювання вертикальної структури українських лісів, біомаси та стану лісових насаджень
Earth Observing System (EOS) / ICESat-2	Супутникові дані EOS, лазерні вимірювання ICESat-2	2003 – теперішній час	Вимірювання висоти суші, крижаного покриву, характеристик рослинності; моніторинг змін лісового покриву	Використання супутникових даних дозволяє відстежувати зміни лісів, оцінювати вплив антропогенних факторів та нелегальні рубки в Україні
FAO Land Cover Classification System (LCCS)	Методологія для класифікації та картографування	Постійно (стандарту FAO)	Уніфікована класифікація земного покриву для ГІС; основа для картографування та моделювання змін у лісових екосистемах	Система може бути застосована для стандартизації класифікації лісів України, інтеграції локальних даних у ГІС та розробки національної карти лісового покриву

Узагальнення даних із зазначених ресурсів дозволяє здійснювати комплексний аналіз стану та динаміки лісового покриву, оцінювати антропогенний вплив, планувати охоронні заходи та розробляти національні системи моніторингу лісів. Використання цих платформ у поєднанні з місцевими даними відкриває можливості для адаптації міжнародних методів до особливостей лісових екосистем України.

При розгляді інструментарію аналізу даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) неможливо обійти увагою нейромережі та методи машинного навчання. Хоча ці поняття мають схожі принципи функціонування, їх слід чітко розмежовувати за значенням.

Одним із ключових компонентів штучного інтелекту (ШІ) є процес навчання, під час якого система здобуває знання про певні процеси, явища та закономірності. Навчання нейромереж із використанням даних ДЗЗ для аналізу стану земної поверхні, виявлення змін та дослідження процесів у ній здійснюється на основі навчальної вибірки. Така вибірка формується із сукупності емпіричних (польових) даних, отриманих переважно інструментальними методами, зокрема через закладання пробних площ у різних типах ландшафтів та фіксацію змін на них [5].

Польові вимірювання інтегруються із супутниковими даними, що включають значення вегетаційних індексів, а також спектральні та мультиспектральні показники у розрізі часових рядів. Поєднання цих даних дозволяє формувати якісну навчальну базу для алгоритмів ШІ та забезпечує точне моделювання змін і процесів у лісових і інших екосистемах.

Враховуючи принципи роботи штучного інтелекту (ШІ) та нейромереж, для ефективного виявлення змін у земному покриві, зокрема на особливо цінних для збереження територіях українських лісів, ключове значення має розмір і різноманітність навчальної вибірки. Від цього залежить точність та коректність результатів роботи нейромереж і алгоритмів ШІ. Водночас важливим є не лише обсяг даних, але й їхня якість: наявність помилок чи системних упереджень у навчальній вибірці може призвести до

некоректних висновків навіть за великого обсягу даних. Отже, для забезпечення надійності алгоритмів ШІ необхідне формування чистої та збалансованої навчальної вибірки [5].

Машинне навчання є галуззю ШІ, що зосереджується на розробці алгоритмів і моделей, здатних навчатися та приймати рішення на основі даних. На відміну від класично запрограмованих систем, алгоритми машинного навчання використовують закономірності та інсайти, виявлені в великих наборах даних, для поступового вдосконалення своєї роботи. Такі системи здатні розпізнавати закономірності, прогнозувати події або класифікувати інформацію, аналізуючи навчальні дані та адаптуючи алгоритми на основі накопиченого досвіду. Завдяки цим властивостям машинне навчання активно застосовується у розпізнаванні зображень, обробці природної мови, аналітиці та прогнозуванні, що робить його ефективним інструментом для моніторингу лісових екосистем і змін земного покриву [5].

Нейронна мережа (іноді її називають «нейромережею») є обчислювальною моделлю, натхненною принципами роботи біологічних нейронних мереж, зокрема мозку людини. Вона складається з взаємопов'язаних шарів штучних нейронів або «вузлів», які здійснюють обробку та передачу інформації. Такі мережі призначені для розпізнавання шаблонів, прийняття рішень та вирішення завдань шляхом навчання на даних у процесі, що називається тренуванням. Нейромережі становлять основу для численних алгоритмів глибокого навчання (Deep Learning), яке є більш складною та розвиненою формою машинного навчання.

Загалом, алгоритм машинного навчання для розпізнавання супутникових даних за двома класами (ліс / не ліс) представлено на рисунку 1.6.

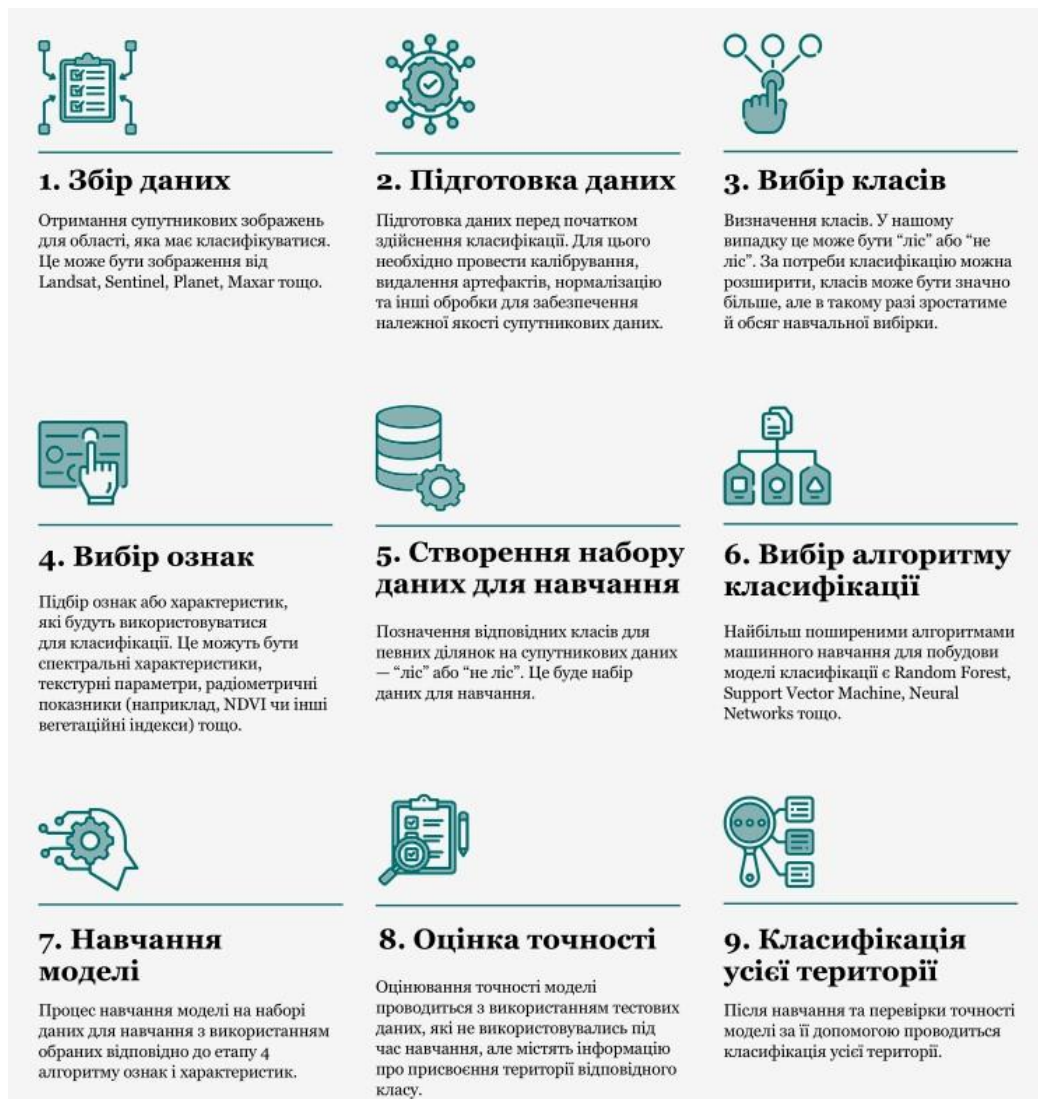


Рисунок 1.6 – Основні вимоги щодо обсягу навчальної вибірки для класифікації супутникових даних

Проблематика інвентаризації рівнинних лісів України на основі відкритих супутникових даних із застосуванням класифікаційних моделей детально розглядається у дослідженнях В. Миронюка (2020). У цих роботах описано основні вимоги до обсягу та якості навчальної вибірки, необхідної для коректної класифікації супутникових даних і верифікації тематичних карт, що ілюструється на рисунку 1.7.

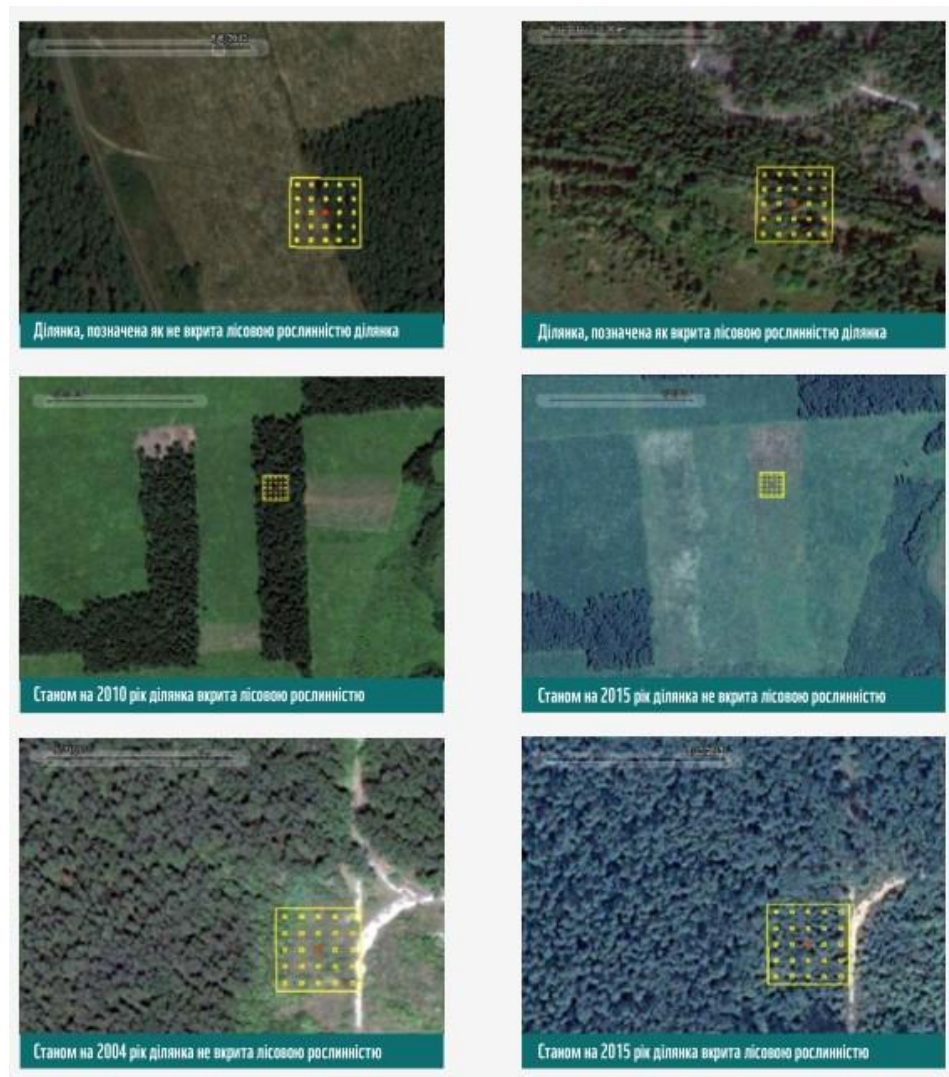


Рисунок 1.7 – Приклади дешифрування знімків сервісу Google Earth для навчання класифікаційної моделі

Серед досягнень міжнародних організацій, які спеціалізуються на аналізі супутникових даних та методах машинного навчання, особливу увагу привертають напрацювання Міжнародного інституту прикладного системного аналізу (IIASA). Основними завданнями цього науково-дослідного інституту є удосконалення методів системного аналізу та застосування отриманих результатів для пошуку політичних рішень, спрямованих на зменшення антропогенного впливу, підвищення стійкості природних і соціально-економічних систем та підтримку реалізації Цілей сталого розвитку.

Серед розробок IIASA особливе місце займають програми для валідації

змін землекористування, оцінки лісового покриву та інших параметрів:

– LACO-Wiki – вебрішення для перевірки карт ґрунтового покриву та землекористування із використанням різноманітних опорних шарів, включно з супутниковими даними від Google та Bing, аерофотознімками, OpenStreetMap та іншими джерелами. Інструмент є доступним у відкритому доступі, дозволяє завантажувати власні набори векторних шарів для навчання та є зручним для ознайомлення з основами машинного навчання.

– LAMASUS (Land Management for Sustainability) – проєкт програми Horizon Europe, спрямований на досягнення кліматичної нейтральності Європейського Союзу. Метою проєкту є створення інноваційної системи моделювання, здатної прогнозувати потенційний вплив різних сільськогосподарських і лісових політик. LAMASUS забезпечує навчальний інструментарій для динамічного моніторингу землекористування з повним галузевим охопленням – від сільського та лісового господарства до економіки загалом, враховуючи вплив на вуглець та біорізноманіття (рисунок 1.8 та рисунок 1.9).



Рисунок 1.8 – Geo-WIKItools (Earth Observation & Citizen Science) – інструментарій навчання нейромережі для виявлення змін, розроблений

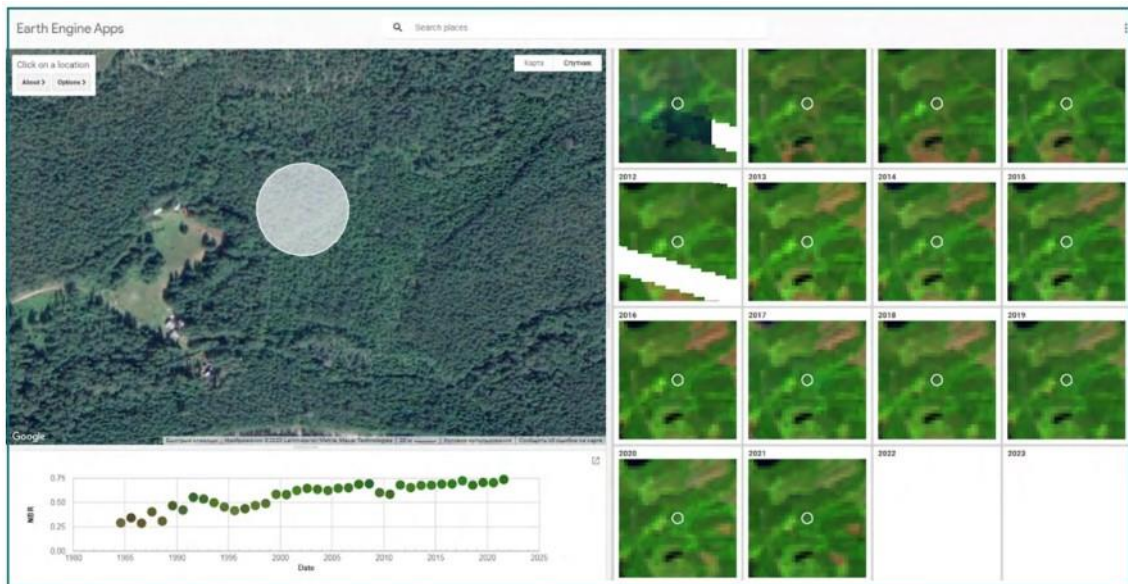


Рисунок 1.9 – Додатковий набір даних для навчання нейромережі на основі даних Landsat і вегетаційних індексів

Загалом, ефективне застосування нейромереж та методів машинного навчання вимагає залучення фахівців із різних галузей. Одні спеціалісти займаються підготовкою навчальної вибірки, що є критичним для забезпечення максимальної точності та коректності роботи нейромережі. Інші відповідають за розробку програмного забезпечення ШІ та створення інтерфейсів для взаємодії системи з користувачами. Крім того, важливу роль відіграють аналітики даних, які здійснюють оцінку результатів роботи моделей та коригування алгоритмів.

Розробка систем ШІ для виявлення незаконних рубок на особливо цінних для збереження територіях вимагає інтеграції різноманітних ресурсів. Насамперед, це доступ до даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) у поєднанні з геоінформаційними системами (ГІС), апаратні потужності для зберігання та обробки великих обсягів даних, а також спеціалізоване програмне забезпечення, призначене для обробки та аналізу цих даних [16].

Класичними геоінформаційними системами (ГІС) є QGIS та ArcGIS, які призначені для візуалізації та аналізу геопросторових даних. За принципом роботи ці програми є схожими, проте між ними існують суттєві відмінності.

QGIS є програмним забезпеченням з відкритим вихідним кодом і розповсюджується на умовах GNU General Public License. Це дозволяє вільно використовувати, модифікувати та поширювати програму для будь-яких цілей, включно з комерційними та громадськими, без необхідності сплати додаткових коштів.

ArcGIS розроблено компанією Esri і є комерційним програмним продуктом. Компанія пропонує різні ліцензійні плани, що залежать від потреб користувача та масштабів використання програмного забезпечення.

Для публічних проєктів або навчальних цілей компанія Esri надає спеціальні освітні та пільгові ліцензії на використання ArcGIS. На відміну від QGIS, ArcGIS пропонує широкий спектр інструментів та додатків для роботи з просторовими даними, включно з 3D-аналітикою, інтеграцією з базами даних, доступом до віддалених сервісів та іншими функціональними можливостями.

Однією з ключових переваг ArcGIS є наявність хмарної платформи ArcGIS Online, яка забезпечує спільну роботу з геопросторовими даними та їхнє управління, надає можливість онлайн-доступу до проєктів та створення інтерфейсу взаємодії для користувачів, що значно розширює функціональні можливості системи в порівнянні з класичними десктопними ГІС [17].

Для забезпечення хмарного обчислення та ресурсів для роботи з ШІ можуть бути використані платформи Amazon Web Services (AWS) та Google Cloud. Зокрема, компанія Google пропонує хмарний ресурс Google Earth Engine (GEE), який поєднує багатопетабайтний каталог супутникових зображень і геопросторових наборів даних з можливостями аналізу на планетарному масштабі.

Час, необхідний для тренування моделей нейромереж, залежить від апаратних потужностей, складності алгоритмів та обсягу навчальної вибірки, і може варіюватися від кількох хвилин до кількох днів або більше. Крім того, моделі потребують постійного аналізу та корекції результатів.

Варто зазначити, що Google Earth Engine має певні обмеження щодо

навчання нейромереж безпосередньо на своїх ресурсах, проте забезпечує підтримку інтеграції вже натренованих моделей ШІ для подальшого аналізу геопросторових даних [18].

Серед основних обмежень сучасних систем моніторингу змін у лісовому покриві можна виділити такі:

- проміжок часу між супутниковими зйомками, вплив хмарності, аерозолів, кута зйомки та сезонності. Відсутність видимості земного покриву під хмарами ускладнює виявлення змін, а тривалий інтервал між прольотами супутника збільшує час на фіксацію та підтвердження наявності змін (таблиця 1.2);

Таблиця 1.2 – Часові інтервали отримання даних ДЗЗ

Сенсор	Отримання даних, дні	Роздільна здатність, м
Landsat 8 OLI	2–3	30
Sentinel 2	5	10
Sentinel 1	3	20–40

- сезонні коливання вегетаційних показників, а також різні терміни початку і закінчення вегетації. Для вирішення цієї проблеми необхідно створювати безхмарні сезонні мозаїки супутникових знімків для чотирьох періодів (рік, квітень – жовтень, літо, осінь), які можуть слугувати базовими значеннями для встановлення показників, що свідчать про зміни;

- природні сукцесії та складнощі з визначенням причин змін у лісових масивах, зокрема випадання дерев, всихання, утворення підросту та підліску, вітролом тощо;

- масштабність змін: чим більша площа зазнає втручання або змін, тим легше їх виявити.

Розробка інформаційної системи моніторингу рубок у лісах, що мають особливу цінність для збереження, включно зі старовіковими насадженнями, потребує інтеграції таких компонентів:

- створення середовища на основі відкритих даних ДЗЗ для виявлення змін у лісових екосистемах;
- навчання або використання існуючих нейромереж (наприклад, у рамках проєктів IIASA – LACO-Wiki чи LAMASUS) для автоматизованого виявлення змін. Це передбачає: виокремлення територій та наборів даних для навчання; підбір параметрів і навчальної вибірки; узгодження меж територій моніторингу; розробку інтерфейсу та функціоналу для користувача;
- програмне середовище та онлайн-ресурси, наприклад, на базі Google Earth Engine. Доцільно використати дані Global Forest Watch та системи RADD, розширюючи їх супутниковими даними зі Sentinel-2, Landsat-8 та іншими доступними ДЗЗ, включно з даними GEDI. Необхідно забезпечити інтуїтивно зрозумілий інтерфейс та налаштування системи сповіщень для оперативного моніторингу змін із автоматичним використанням найновіших даних (рисунок 1.10) [19, 20].

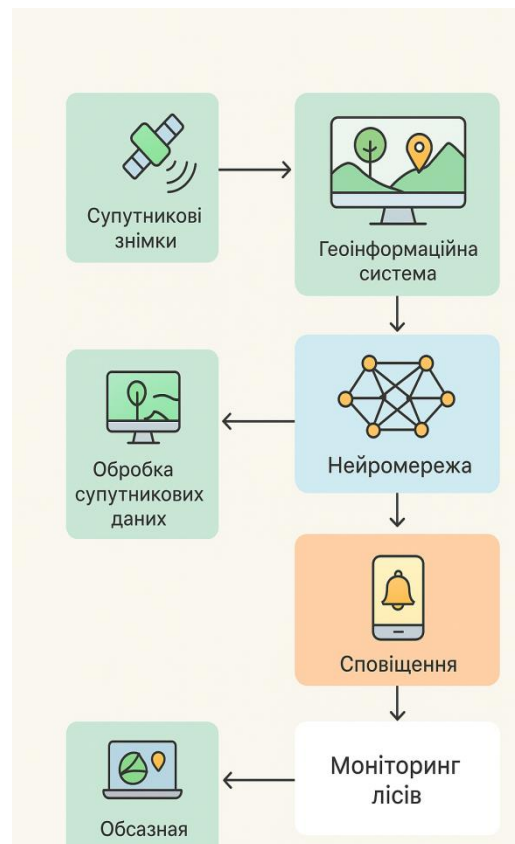


Рисунок 1.10 – Блок-схема роботи системи взаємодії ДЗЗ, ГІС, нейромереж і сповіщень для моніторингу лісів [20]

У процесі навчання штучного інтелекту додатково необхідно забезпечити здатність системи розпізнавати появу інших штучних об'єктів у межах досліджуваної території (зокрема дороги та будівлі), а також у буферних зонах навколо природоохоронних об'єктів, з подальшою інтеграцією цих даних із інформацією про зміни лісового покриву.

1.2 Концептуальні основи та історичний розвиток Global Forest Watch

Global Forest Watch (GFW) – це передова онлайн-платформа, що надає достовірні та актуальні дані й інструменти для моніторингу лісів світу у режимі, наближеному до реального часу. Платформа є ініціативою Інституту світових ресурсів (World Resources Institute, WRI), який очолює роботу з розвитку та підтримки GFW [6].

Основна місія GFW полягає у підвищенні глобальної прозорості щодо подій, які відбуваються у лісах. До появи GFW актуальна інформація про стан лісових ресурсів була часто фрагментованою, застарілою або доступною лише вузькому колу фахівців. GFW радикально змінила цю ситуацію, надавши безкоштовний, відкритий та універсальний доступ до геопросторових даних.

GFW є результатом співпраці великого консорціуму, що включає понад 100 партнерів з різних сфер:

- технологічні гіганти: Google (забезпечення платформою Google Earth Engine для обчислень);
- академічні установи: Університет Меріленда (UMD) (розробка ключових глобальних наборів даних про зміни покриву);
- державні установи: Агентство США з міжнародного розвитку (USAID), Норвезька міжнародна кліматична та лісова ініціатива (NICFI);
- неурядові та приватні організації: ESRI, Vizzuality та інші.

Ця багатостороння співпраця гарантує як технологічну стійкість платформи, так і наукову обґрунтованість даних [6].

Початкова ініціатива GFW була запущена WRI у 1997 році як мережа моніторингу з акцентом на прозорість у лісовому господарстві. Однак, справжня революція відбулася у 2014 році із запуском оновленої версії платформи. Цей перезапуск став можливим завдяки поєднанню трьох ключових технологічних досягнень:

- постійна доступність супутникових даних Landsat. NASA та Геологічна служба США (USGS) зробили доступним безкоштовний архів супутникових знімків із 30-метровою роздільною здатністю, починаючи з 1999 року;

- розвиток хмарних обчислень. Платформа Google Earth Engine (GEE) надала безпрецедентні обчислювальні потужності для обробки петабайтів супутникових знімків. Завдяки GEE, аналіз, який раніше займав роки, тепер може бути виконаний за години або навіть хвилини;

- створення глобально узгоджених алгоритмів. Дослідницька група під керівництвом Університету Меріленда розробила алгоритми машинного навчання та класифікації, здатні автоматично ідентифікувати зміни лісового покриву з високою точністю у глобальному масштабі.

Це поєднання дозволило GFW перейти від статичного моніторингу до динамічного моніторингу майже в реальному часі.

Фундаментом GFW є глобальні набори даних, які забезпечують послідовність моніторингу по всьому світу. Глобальні зміни лісового покриву (Global Forest Change – GFC). Цей набір, розроблений UMD, є найбільш часто використовуваним і включає такі ключові параметри:

- вихідний лісовий покрив (Tree Cover Extent) відображає відсоток покриття деревною рослинністю в межах кожного 30 метрового пікселя для 2000 року, з порогом висоти 5 метрів;

- втрата лісового покриву (Tree Cover Loss) визначається як повна втрата (або зниження до менше 5 метрів) деревного покриву у пікселі, що стався між 2001 роком та останнім роком даних. Критична відмінність полягає у тому, що цей показник фіксує порушення покриву, які можуть бути

спричинені як обезлісненням (постійним перетворенням на інше землекористування), так і вирубкою плантацій або лісовими пожежами (тимчасовим явищем). Тому терміни «втрата лісового покриву» і «обезліснення» не є взаємозамінними без додаткового аналізу;

– приріст лісового покриву (Tree Cover Gain). Відображає формування нового покриву (вище 5 метрів), який не існував у 2000 році та зберігався до кінця періоду моніторингу [6].

Для забезпечення більшої точності оцінки біологічної цінності та вуглецевих втрат, GFW надає шари, що ідентифікують «Первинні вологі тропічні ліси» станом на 2001 рік. Моніторинг втрат у цих лісах є ключовим індикатором незворотного збезліснення.

Для оперативного реагування GFW використовує системи оповіщення:

– GLAD Alerts (Global Land Analysis & Discovery). Щотижневі сповіщення, що базуються на оптичних даних Landsat, про потенційну втрату лісового покриву у тропічних регіонах. Завдяки оперативній обробці, ці сповіщення дозволяють ідентифікувати незаконну діяльність протягом декількох днів після її початку;

– RADD Alerts (Radar Alerts for Deforestation Detection). Використовують радарні дані із супутника Sentinel-1. Радар здатний проникати крізь хмарність, що робить його незамінним для моніторингу постійно хмарних тропічних регіонів, забезпечуючи високу частоту оновлення даних, незалежно від погодних умов.

Ці системи оповіщення є критично важливими для боротьби з браконьєрством та незаконною вирубкою, оскільки дозволяють лісовим інспекціям та громадським організаціям швидко локалізувати порушення.

Сучасний GFW не обмежується лише фіксацією змін, він намагається визначити їхню причину. За допомогою складних моделей машинного навчання (зокрема, з використанням Residual Networks – ResNet), платформа аналізує просторові та часові патерни втрати лісу та класифікує їх за основними рушійними силами, такими як:

- товарне сільське господарство (великомасштабні плантації);
- змінне (підсічно-вогневе) землеробство;
- лісозаготівля (вибіркова чи суцільна);
- лісові пожежі (природні та антропогенні);
- інфраструктурний розвиток (дороги, видобуток корисних копалин).

Висока роздільна здатність цих даних про рушійні сили (до 1 км) дозволяє політикам та компаніям зосередити зусилля на першопричинах обезліснення.

Інструментарій та застосування Global Forest Watch. Платформа GFW пропонує потужний та інтуїтивно зрозумілий набір інструментів:

- інтерактивна карта. Основний інструмент візуалізації, що дозволяє користувачам додавати, комбінувати та аналізувати понад 65 різних шарів даних, включаючи національні кордони, заповідні території, концесії та водні ресурси;
- дашборди (Dashboards). Надають агреговану статистику та графіки для швидкого аналізу трендів лісових змін на глобальному, національному або субнаціональному рівнях;
- аналіз на замовлення (Custom Analysis). Дозволяє користувачам завантажувати власні області інтересу (AOI) або полігони та отримувати точний кількісний звіт про зміни лісового покриву, кількість пожеж та ризики для цієї конкретної території;
- система підписки. Користувачі можуть підписатися на сповіщення GFW для своїх областей інтересу та отримувати повідомлення електронною поштою щоразу, коли виявляється нова втрата лісового покриву чи гаряча точка пожежі.

Унікальна комбінація відкритості та актуальності даних робить GFW незамінним для багатьох стейкхолдерів (таблиця 1.3).

Таблиця 1.3 – Основні напрямки для використання даних GFW

Сектор	Приклади застосування
Державне управління	Моніторинг виконання національних зобов'язань зі скорочення викидів (REDD+). Виявлення та припинення незаконних рубок. Перевірка даних, наданих лісгосподарськими підприємствами
Приватний сектор	Використання GFW Pro для управління ризиками у ланцюгах постачання сільськогосподарської продукції (наприклад, пальмова олія, соя), забезпечуючи виконання політик «Нульового збезлісення» (Zero Deforestation Commitments). Оцінка екологічних (ESG) ризиків для інвестицій
Наукові дослідження	Калібрування та перевірка кліматичних моделей. Кількісна оцінка впливу збезлісення на біорізноманіття та водні цикли. Порівняльний аналіз ефективності різних природоохоронних політик
Громадянське суспільство	Використання даних для проведення журналістських розслідувань. Адвокація та кампанії проти нестійких лісгосподарських практик. Надання місцевим громадам інструментів для захисту їхніх територій

Основні переваги GFW як інструменту моніторингу наступні:

- глобальна узгодженість. Зокрема, застосування єдиної, прозорої методології на всьому світі дозволяє здійснювати точні міжнародні порівняння та оцінки, що неможливо при використанні різнорідних національних даних;
- оперативність. Сповідання GLAD та RADD забезпечують моніторинг із затримкою від кількох днів до тижня, що перетворює дані на дієвий інструмент для швидкого реагування, а не лише на історичний звіт;
- демократизація даних. Відкритий доступ і зручний інтерфейс дозволяють користувачам без спеціалізованої підготовки з ГІС отримувати складну геопросторову інформацію.

Попри свою інноваційність, GFW має методологічні обмеження, які необхідно враховувати у науковій роботі:

- плутанина між «втратою покриву» і «збезлісенням». Некоректне використання термінології може призвести до завищення оцінок фактичного обезлісення. Дослідники повинні використовувати додаткові шари

(наприклад, про первинні ліси або рушійні сили), щоб коректно інтерпретувати дані;

- недосконале виявлення деградації. GFW найкраще виявляє суцільну вирубку, але є менш ефективним для моніторингу тонких змін у структурі лісу, спричинених вибірковою рубкою або погіршенням стану через забруднення (деградація). Хоча використання радарних даних (RADD) та нових алгоритмів допомагає частково вирішити це питання;

- вплив хмарності. У зонах постійної хмарності, незважаючи на наявність радарних даних, аналіз оптичних даних (для довгострокових трендів) може бути ускладнений.

Майбутній розвиток GFW орієнтований на поглиблення аналізу та підвищення точності:

- вуглецевий моніторинг. Інтеграція більш детальних наборів даних про запаси вуглецю та розрахунок чистих змін вуглецевого балансу;

- вища роздільна здатність. Поступовий перехід до використання даних більш високої роздільної здатності (наприклад, Sentinel-2, 10 метрів), де це можливо, для виявлення ще менших ділянок порушення;

- розширення функціоналу GFW Pro. Надання бізнесу ще більш точних інструментів для моніторингу відповідності екологічним стандартам у своїх складних глобальних ланцюгах постачання.

Global Forest Watch є одним із найпотужніших прикладів використання технологій ДЗЗ та хмарних обчислень для розв'язання глобальних екологічних проблем. Забезпечуючи відкритість та оперативність даних, GFW трансформує підходи до охорони лісів, зміцнюючи підзвітність та сприяючи швидкому прийняттю рішень на всіх рівнях: від міжнародної політики до моніторингу лісу місцевими громадами.

Практичне застосування та приклади використання. У Колумбії (зокрема, у національних парках Амазонії) урядові природоохоронні агенції інтегрували сповіщення GFW GLAD Alerts у свої системи польового реагування. Коли GFW фіксує нові плями втрати лісового покриву, ця

інформація автоматично передається польовим командам.

Оперативність даних GFW дозволяє інспекторам прибувати на місце події протягом однієї – двох діб, часто затримуючи порушників на місці злочину. Це значно підвищило ефективність правозастосування порівняно з використанням застарілих даних, що зменшує мотивацію до незаконної вирубки.

Моніторинг ланцюгів постачання пальмової олії. Великі міжнародні компанії-виробники споживчих товарів (наприклад, Nestle, Unilever), які мають зобов'язання «Нульового збезлісення», використовують GFW Pro.

Компанії завантажують у GFW Pro географічні координати своїх плантацій або територій постачальників. Платформа автоматично моніторить ці території і надсилає сповіщення, якщо в межах концесії або поруч із нею фіксується втрата лісового покриву. Це дозволяє швидко виявити порушення постачальником, що є підставою для призупинення співпраці.

Використання GFW Pro підвищує прозорість та тиск на постачальників сировини для дотримання екологічних стандартів.

Захист прав корінних народів у Перу. Неурядові організації у Перу використовують карту GFW для документування вторгнень на території корінних громад. Активісти накладають шар GFW (втрата лісового покриву) на шар, що відображає визнані права на землю корінних народів. Якщо втрата лісу фіксується всередині або на кордонах цих територій, НДО використовують цю інформацію як доказ для звернення до суду або до міжнародних правозахисних організацій, захищаючи права спільнот від несанкціонованої діяльності золотошукачів чи лісорубів.

Дослідження тропічного лісу (Амазонія, Бразилія). Для досліджень у вологих тропіках, де найвищий рівень збезлісення. Втрата первинного лісу (Primary Forest Loss) та GLAD/RADD Alerts. Ці дані є критично важливими, оскільки втрата первинних лісів є незворотною та має найбільший вплив на біорізноманіття та клімат.

Визначення частки втрат, спричинених товарним сільським

господарством (наприклад, соя чи яловичина), є ключовим для формування політики.

GFW містить шари, що позначають державні лісові концесії та визнані території корінних народів, що дозволяє проводити порівняльний аналіз динаміки втрат залежно від типу землекористування.

Дослідження лісів помірнього поясу (Україна). Загальна втрата лісового покриву (Tree Cover Loss) та Fire Alerts, особливо в лісах Полісся (рисунок 1.11).

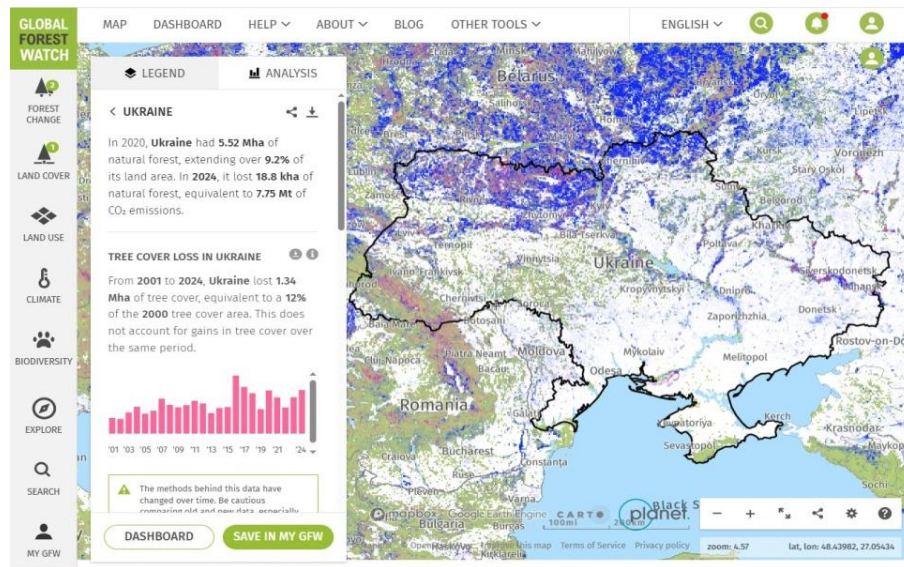


Рисунок 1.11 – Інтерфейс онлайн-платформи Global Forest Watch (<https://www.globalforestwatch.org>)

Тут особливо важливо чітко розрізнити втрату покриву від санітарних рубок, природних порушень (буреломи, хвороби) та фактичного обезліснення. Більшість втрат покриву в Україні можуть бути пов'язані з циклічною лісогосподарською діяльністю (планова вирубка), а не зі зміною землекористування.

Аналіз GFW може бути використаний для виявлення піків втрати покриву, які не корелюють із офіційними планами рубок, що може свідчити про несанкціоновану або незаконну діяльність.

2 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЛІСОВОЇ РОСЛИННОСТІ ХМЕЛЬНИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

Відповідно до фізико-географічного районування України, Хмельницька область розташована в межах лісостепової зони, охоплюючи центральну та західну частини Волино-Подільської височини, а також західний схил Українського кристалічного щита. Згідно з геоботанічним районуванням, територія області належить до Східноєвропейської лісостепової провінції дубових лісів, остепнених луків і лучних степів Української лісостепової підпровінції. Північна частина області входить до Північноподільського округу, який характеризується переважанням грабово-дубових і дубових лісів, остепнених лук і лучних степів, тоді як південна – до Центральноподільського округу, де домінують грабово-дубові та дубові ліси, а також суходільні луки.

Територія області має тривалу історію сільськогосподарського освоєння, унаслідок чого суттєво скоротилися площі природних лісів, луків і боліт. На сучасному етапі близько 76 % площі Хмельницької області становлять сільськогосподарські угіддя, що зумовило істотні зміни у структурі природних фітоценозів.

Значна протяжність Хмельницької області з півночі на південь зумовлює різноманітність природно-кліматичних умов, що проявляється у відмінностях рослинного покриву.

Лісова рослинність є важливою складовою природного комплексу Хмельницької області, розташованої у межах Лісостепової зони України, з переходом на півночі до Полісся та на південному заході до Подільської височини (Придністров'я). Це зумовлює значну різноманітність та неоднорідність лісових масивів на території регіону.

Лісові масиви розподілені нерівномірно. Найбільша концентрація лісів спостерігається у поліській частині області (північ), де вони займають

близько 39 % лісовкритої площі регіону. У межах інших географічних районів (Придністров'я, Хмельницьке Побужжя, Північне Поділля) лісистість значно менша .

Значна частина сучасних лісів, приблизно половина, є штучними лісонасадженнями, створеними переважно для захисних цілей та відтворення лісових ресурсів [27].

У 2023 році ліси Хмельницької області займали площу 281,6 тисяч гектарів, що становить 3,4 % від загальної лісової площі України. Лісами та іншими лісовкритими ділянками покрито 14,29 % території області (для порівняння, середній показник по Україні становить близько 16 %). Найбільші лісові масиви зосереджені у північній, поліській частині області, де вони становлять близько 39,2 % від загальної площі лісів. У межах інших географічних районів частка лісів є нижчою: у Придністров'ї – близько 17 %, у Хмельницькому Побужжі – 15 %, на Північному Поділлі – близько 12 %.

Природні ліси займають відносно невеликі площі. Найбільш поширеними типами є грабово-дубові ліси (так звані груди). У південній частині області, зокрема в межах Товтр і на схилах долини Дністра, трапляються ліси з домінуванням дуба скельного (*Quercus petraea*). Букові насадження (*Fagus sylvatica*) приурочені до східної межі природного ареалу виду – переважно по долині річки Збруч і на Товтрах. Соснові ліси формуються на дерново-підзолистих супіщаних і піщаних ґрунтах Малого Полісся, а чорновільхові насадження (*Alnus glutinosa*) зростають у заплавах річок і зниженнях вододілів [25].

Ліси Хмельниччини належать переважно до листяних, але також поширені і мішані та хвойні на півночі.

Головною лісоутворюючою породою області є дуб звичайний (*Quercus robur*). Дубові ліси (діброви) займають найбільші площі (понад 40 % лісів) і є найбільш характерними для місцевих лісорослинних умов.

Друга за поширеністю порода – сосна звичайна (*Pinus sylvestris*) посідає друге місце (близько 26 % лісів). Вона формує соснові ліси (бори), переважно

на дерново-підзолистих, супіщаних і піщаних ґрунтах північної частини області.

Грабово-дубові та дубові ліси (діброви): Займають більшу частину лісових ділянок. У їх складі, окрім дуба, значні площі займає граб (*Carpinus betulus*), а також трапляються ясен (*Fraxinus excelsior*), клен (*Acer spp.*) та липа (*Tilia*).

Букові ліси (бучини) збереглися невеликими окремими ділянками, головним чином на схилах Товтрового кряжу, де панує бук лісовий (*Fagus sylvatica*). Це є свідченням більш вологих та помірних умов у минулому.

Внаслідок нераціональних рубок цінних порід (дуб, бук) у минулому, спостерігається збільшення частки малоцінних чи похідних порід, таких як граб, осика (*Populus tremula*), береза (*Betula spp.*) у складі сучасних лісів.

Лісовідновлювальні та лісорозширювальні заходи на території області здійснюють чотири надлісництва філії «Подільський лісовий офіс» Державного спеціалізованого господарського підприємства «Ліси України»: Ізяславське (49 297 га), Шепетівське (60 304 га), Хмельницьке (29 728 га) та Ярмолинецьке (62 040 га). Загальна площа цих надлісництв становить 201 369 га, або 9,76 % території області (рисунок 2.1).

Крім того, на території регіону функціонує понад 20 інших підприємств-лісокористувачів, серед яких: ДП «Шепетівський військовий лісгосп» (5830,7 га), КП «Сахнівське» (165,5 га), СЛСП «Лісовик» (5005 га), КП «Сошне» (432 га), Білогірське СЛКП (2677,7 га), КП СЛП «ЛІС» (2409 га), СЛП «Клепачівське» (202 га), СЛП «Великоскнитське» (505 га), Шепетівське РСЛП (6711 га), Замкова виправна колонія № 58 (468 га), Городоцьке СЛП «Горліс» (4183,9 га), СКЛГП «Діброва» (976,4 га), КП «Летичівський спецлісгосп» (5252 га), КП «Лісове господарство» Віньковоцької селищної ради (3133 га), ЛСП «Красилівліс» (3232 га), Ярмолинецьке СЛП «Агроліс» (3027 га), КП «Теофіпольлісвод» (970 га), СЛКП «Флора» (7251,6 га), ДП ДГ «Зоря» (145,5 га), КП «Лісовик» Дунаєвецької селищної ради (5437 га), СЛКП «Поділля» (3685,8 га), а також

НПП «Подільські Товтри» (4031 га).

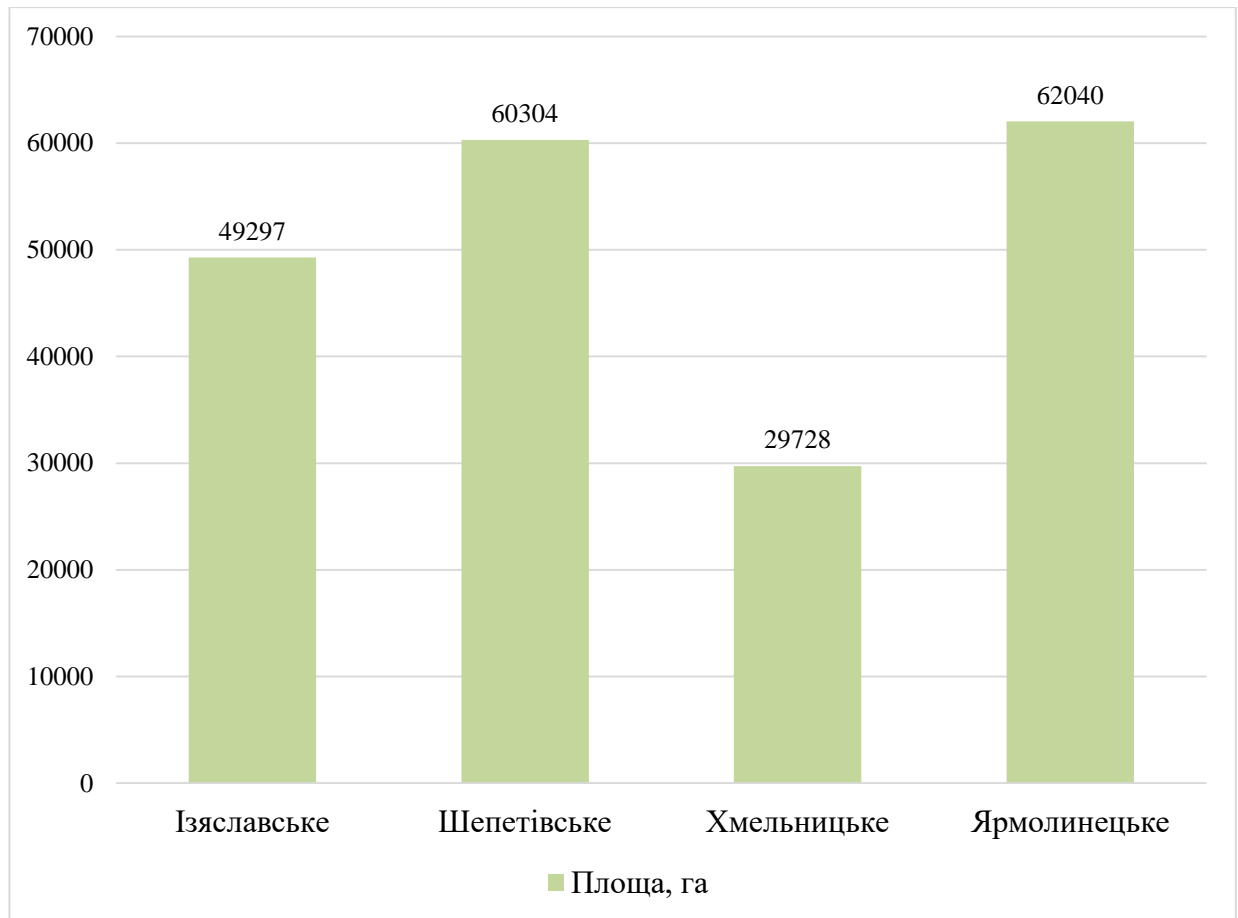


Рисунок 2.1 – Загальна площа надлісництв філії «Подільський лісовий офіс» Державного спеціалізованого господарського підприємства «Ліси України» у межах Хмельницької області

Трав'яний покрив лісів Хмельниччини багатий і залежить від типу лісу та ґрунтово-кліматичних умов.

Навесні в листяних лісах поширені численні весняні ефемероїди, які швидко відцвітають до появи повного листя на деревах. До них належать анемона дібровна (*Anemone nemorosa*), рясти (*Corydalis spp.*), зубниці (*Dentaria spp.*), пшінка весняна (*Ficaria verna*), цибуля ведмежа (*Allium ursinum*).

Типові трав'янисті рослини листяних лісів: Включають барвінок малий (*Vinca minor*), зеленчук жовтий (*Galeobdolon luteum*) та ін.

У флорі області нараховується значна кількість реліктових видів, що є залишками давніх флор. До них належать тис ягідний (*Taxus baccata*), кизил чоловічий (*Cornus mas*), бук лісовий (*Fagus sylvatica*), осока низька (*Carex humilis*). Деякі з них утворюють окремі рослинні угруповання.

З огляду на те, що рівень лісистості Хмельницької області є нижчим за середній показник по Україні, особливого значення набуває діяльність, спрямована на виявлення та збереження самозаліснених територій, які природно сформувалися на колишніх сільськогосподарських землях. Метою таких заходів є ідентифікація самосійних лісів і надання їм належного правового статусу.

Лісова рослинність Хмельницької області є типовою для перехідної зони між Поліссям і Лісостепом, що визначає її мозаїчний характер та значне біологічне різноманіття. Незважаючи на розташування в межах Лісостепу, показник лісистості (близько 14 %) є нижчим за оптимальний, що вказує на історично високий рівень антропогенного впливу [25].

Домінуючим типом є широколистяні ліси (діброви), де головною лісоутворюючою породою виступає дуб звичайний (*Quercus robur*), що відображає сприятливі ґрунтово-кліматичні умови Подільської височини. Водночас, на півночі області значну площу займають соснові ліси (*Pinus sylvestris*), пов'язані з піщаними ґрунтами Полісся.

Сучасний видовий склад лісів значною мірою сформований як природними умовами, так і історичною лісогосподарською діяльністю. Спостерігається збільшення частки похідних і малоцінних порід (граб, береза) у складі насаджень, що є прямим наслідком вибіркового рубок цінної деревини (дуб, бук).

Лісові масиви області мають ключове екологічне значення як осередок біорізноманіття, включаючи значну кількість реліктових та рідкісних видів флори, і виконують важливі захисні функції (водорегулююча, ґрунтозахисна). Тому раціональне ведення лісового господарства, спрямоване на підвищення лісистості, відновлення корінних типів лісу

(дібров і бучин) та охорону природно-заповідного фонду, є стратегічним пріоритетом для забезпечення екологічної стабільності регіону.

3 АНАЛІЗ СТАНУ ЛІСОВОГО ПОКРИВУ ХМЕЛЬНИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ З НА ОСНОВІ ДАНИХ ПЛАТФОРМИ GLOBAL FOREST WATCH

3.1 Дослідження лісового покриву

В інтерфейсі онлайн-платформи Global Forest Watch передбачено вкладку «Дашборд», яка являє собою інтерактивну аналітичну панель, що виконує функцію графічного інтерфейсу користувача. На цій панелі відображено ключові показники, відповідні до мети та змісту досліджуваних процесів. Завдяки їй користувач має можливість відстежувати тенденції та аналізувати динаміку змін певних характеристик. Дашборд забезпечує узагальнену візуалізацію основних даних із різних розділів платформи, які подані у формі діаграм і коротких текстових повідомлень. На панелі відображається інформація за такими тематичними напрямками, як статистичні дані, лісовий покрив, зміни у лісових екосистемах, випадки пожеж та їхній вплив на клімат (рисунок 3.1).

У розділі «Статистика» представлено діаграми, що відображають динаміку втрат лісового покриву в період з 2001 року по 2024 рік. Також наведено рейтинг територіальних громад області (адміністративних районів до 2014 року), на території яких зафіксовано найбільші обсяги втрат лісових насаджень.

До найбільших втрат лісового покриву на території Хмельницької області належать ліси поблизу Ізяславської, Славутської та Шепетівської територіальних громад. Слід зауважити, що система не враховує чинний адміністративно-територіальний поділ, і райони відображають адміністративний поділ станом на 2014 рік.

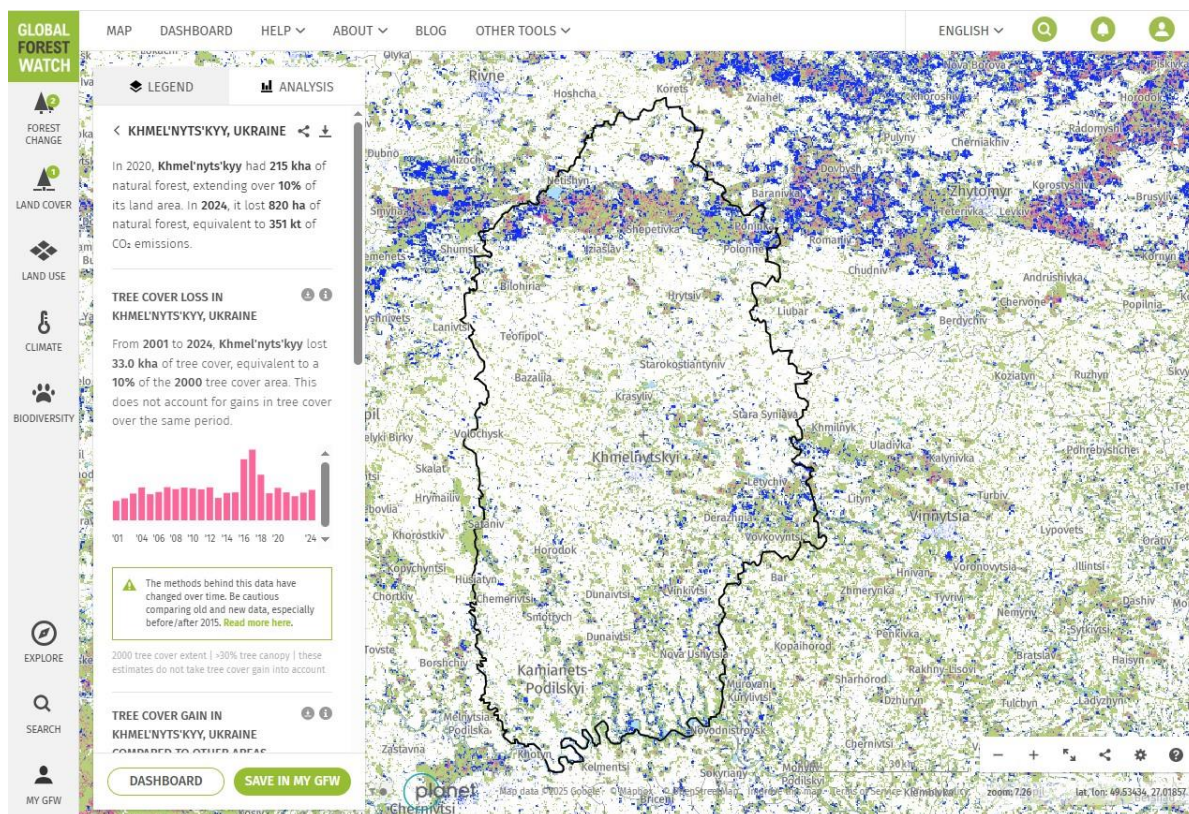


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд Хмельницької області в Global Forest Watch (<https://www.globalforestwatch.org/map/>)

Аналіз даних онлайн-платформи Global Forest Watch (GFW) свідчить, що у період з 2000 року по 2020 рік у Хмельницькій області зафіксовано приріст лісового покриття на площі 22,6 тис. га, що становить 2,4 % від загального приросту лісового покриття України. Цей показник відображає позитивну тенденцію у відновленні лісових екосистем регіону, яка може бути зумовлена як природним відновленням, так і реалізацією програм лісорозведення. Водночас за масштабами приросту Хмельниччина поступається північним і центральним областям України, де зафіксовано найвищі значення:

- Чернігівській (135 тис. га);
- Житомирській (126 тис. га);
- Київській (75,7 тис. га);
- Волинській (72,0 тис. га);
- Сумській (65,3 тис. га).

Отже, Хмельницька область займає середні позиції за показником нарощування лісового покриву, що свідчить про стабільний, хоча й не інтенсивний, процес лісовідновлення (рисунок 3.2).

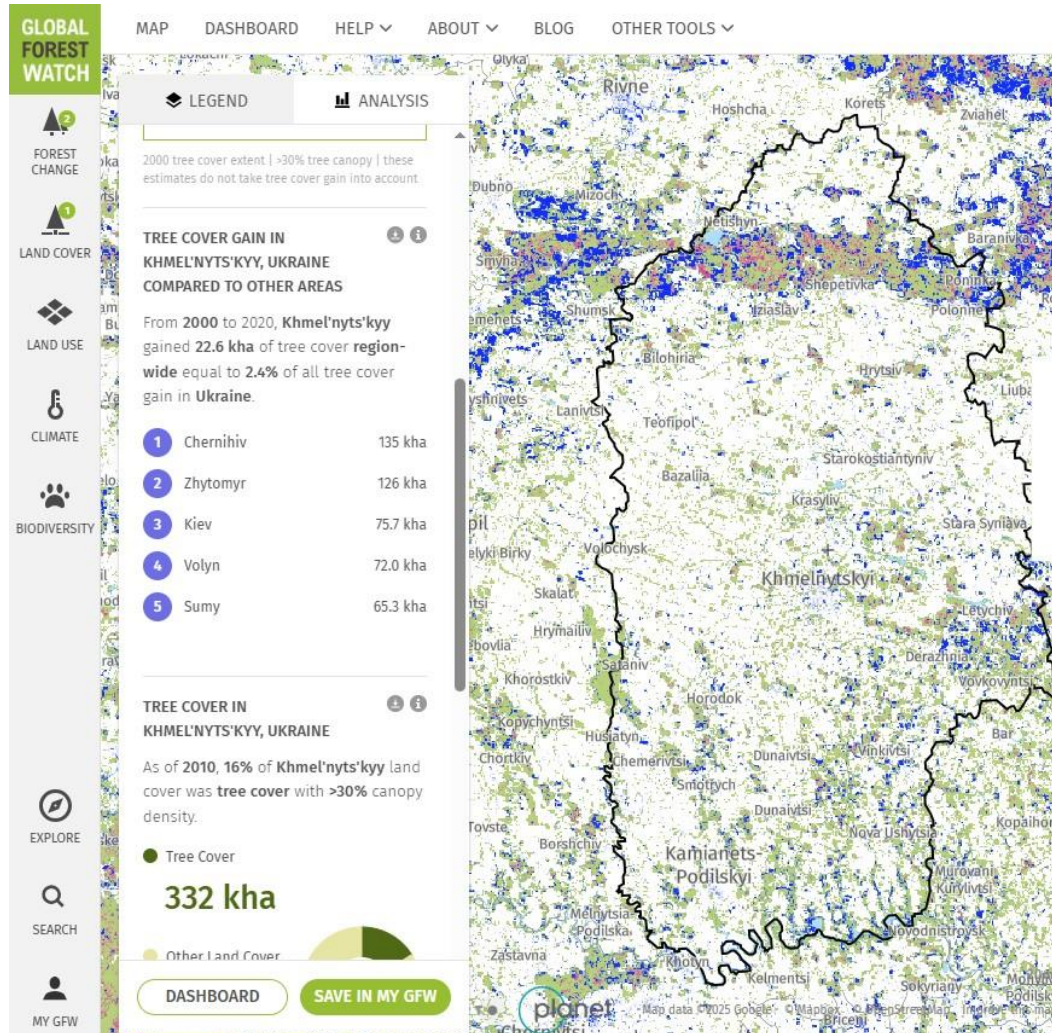


Рисунок 3.2 – Динаміка збільшення лісовкитих площ у Хмельницькій області з 2000 року по 2020 рік за даними GFW

На рисунку 3.3 представлений графічний матеріал, що ілюструє метричні показники лісового покриву на території Хмельницької області. Дані показують статичну оцінку стану лісових ресурсів на базовий 2010 рік відповідно до методології GFW.

Аналіз ґрунтується на визначенні лісового покриву як ділянок із щільністю крон (canopy density), що перевищує 30 %. Основні кількісні результати на 2010 рік такі:

- загальна частка суходолу Хмельницької області, віднесена до покриву дерев, становила 16 %.
- обчислена площа покриву дерев складала 332 тисячі гектарів;
- решта території, що не відповідає критеріям лісового покриву (сільськогосподарські угіддя, водні об'єкти, урбанізовані території тощо), становила 1,74 мільйона гектарів.

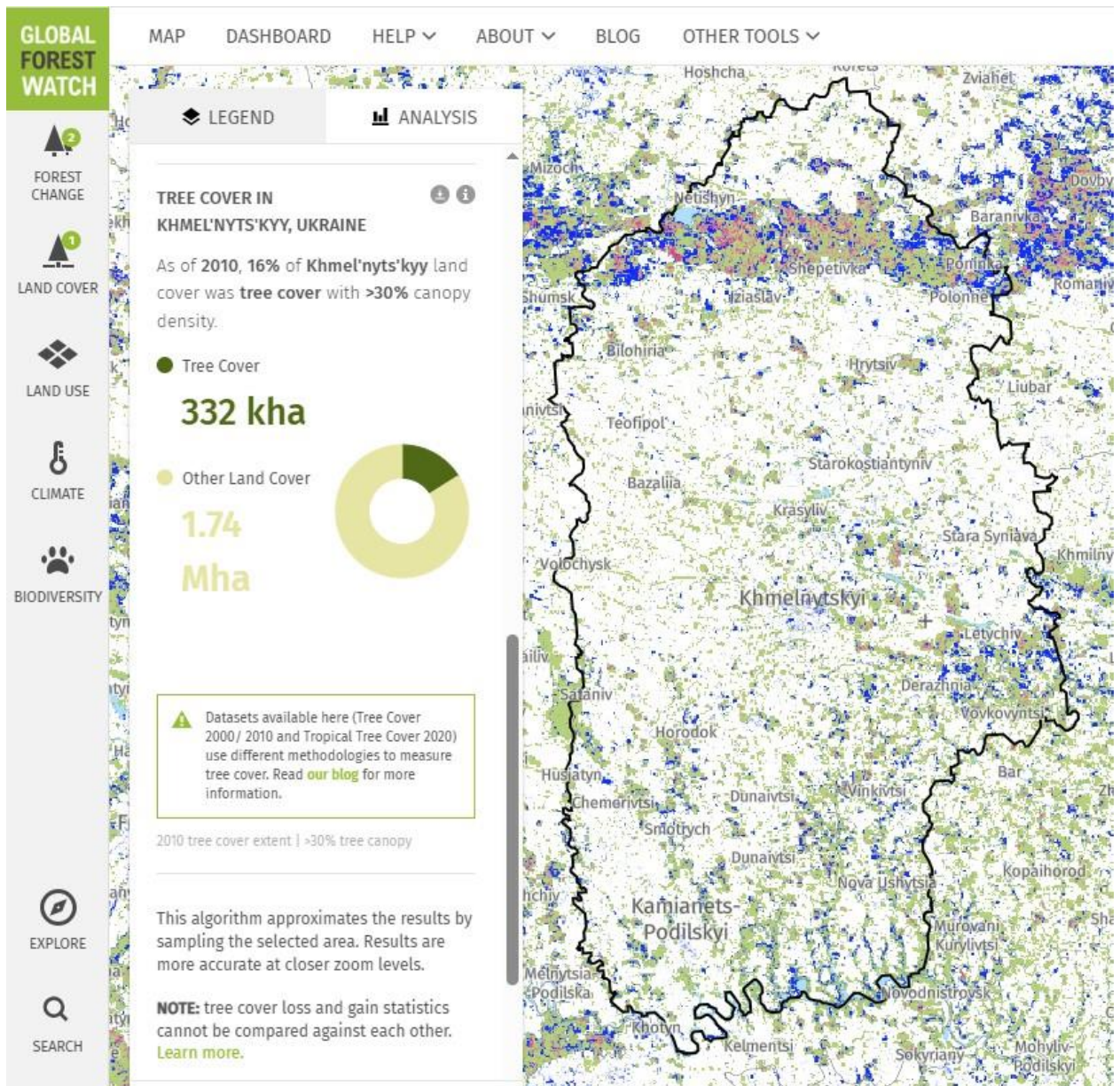


Рисунок 3.3 – Метричні показники лісового покриву на території Хмельницької області станом на 2010 рік

Згідно даних платформи Хмельницька область з 2001 року по 2024 рік втратила 33,0 тис. га лісового покриву, що становить 10 % від площі лісів станом на 2000 рік. Ці дані не враховують приріст лісового покриву за той самий період (рисунок 3.4).

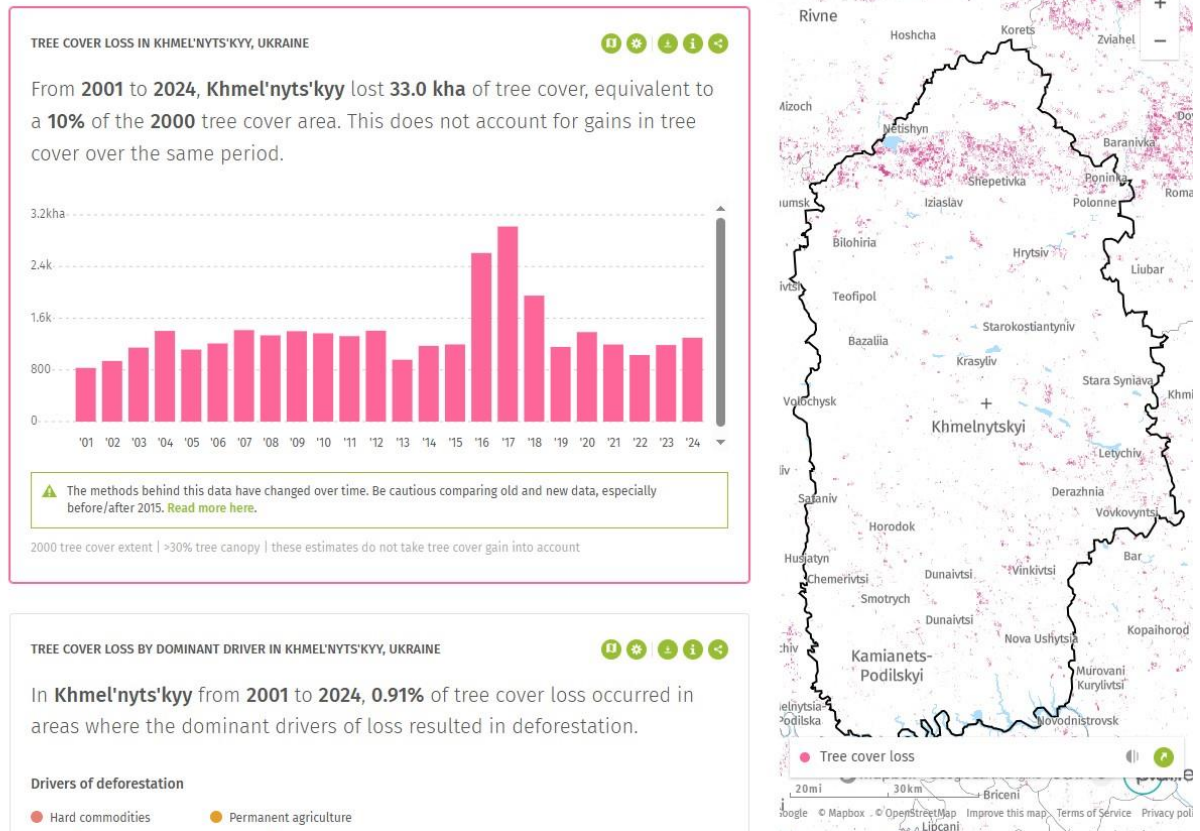


Рисунок 3.4 – Втрати лісового покриву з 2001 року по 2024 рік на території Хмельницької області

Проаналізувавши дані, наведені на рисунку 3.4, спостерігається щорічне зменшення лісовкритих площ у Хмельницькій області. Обсяги втрат коливаються від 831 га у 2001 році до 3020 га у 2017 році. Найбільші темпи втрат лісового покриву становили з 2016 року по 2018 рік і разом за ці три роки було втрачено 7580 гектарів лісу. З 2018 року по 2024 рік спостерігається зменшення темпів втрати лісового покриву. У цей період найменші втрати лісу були у 2022 році і становили 1030 гектарів, що на нашу думку беззаперечно пов'язано з початком військових дій на території

України. Незважаючи на зниження темпів втрат у останні 6 років, щорічні втрати лісового покриву в області залишаються на рівні не менше 1000 га, що становить щороку близько 0,3 % і більше від загальної площі лісів.

Зменшення лісових площ зумовлене насамперед вирубками та масовим поширенням верхівкового короїда на сосні звичайній, яка займає значні площі в лісових господарствах північної частини області. Додатковий вплив на стан лісів надають лісові пожежі та загибель дерев через посухи. Втім, антропогенний фактор залишається головним чинником знеліснення в регіоні.

З 2001 року по 2024 рік 0,91 % втрат лісового покриву в Хмельницькій області сталися в районах, де основними причинами цих втрат була дефорація (повна вирубка лісів) (рисунок 3.5).

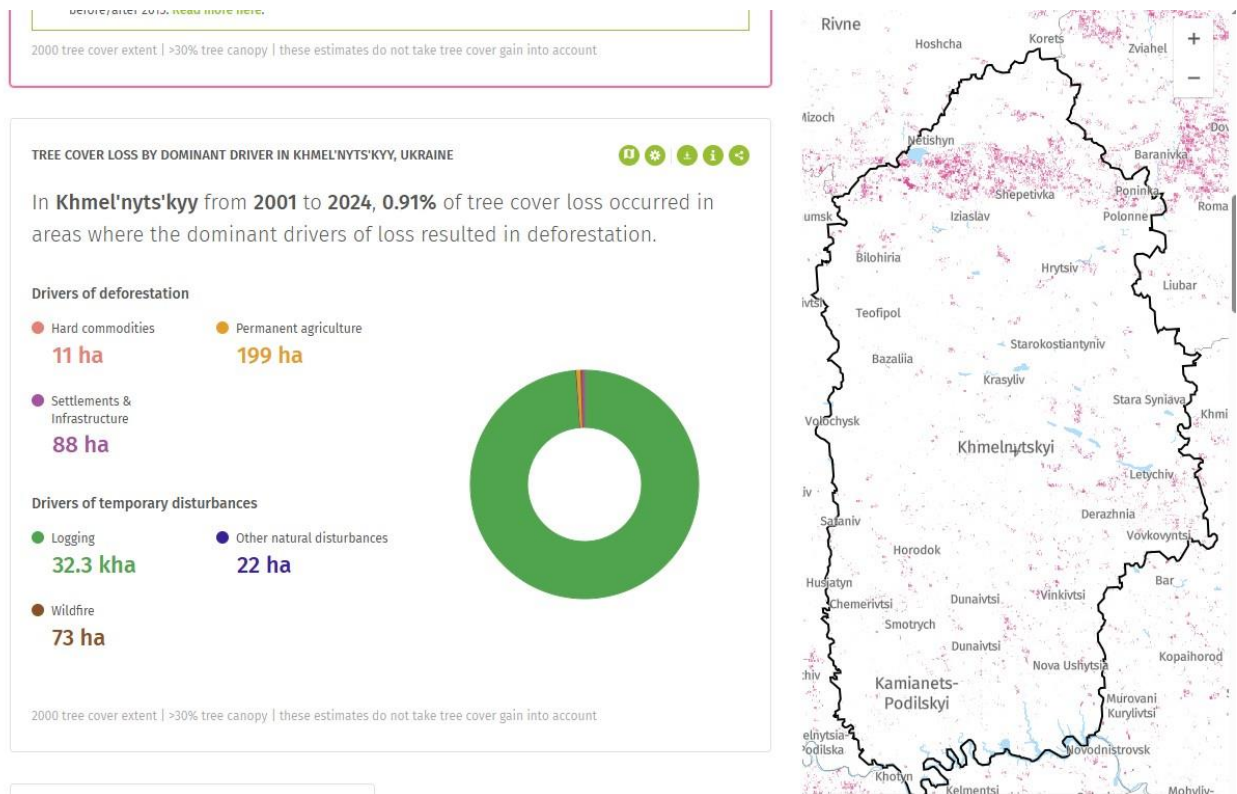


Рисунок 3.5 – Основні причини втрати лісового покриву в Хмельницькій області

З рисунку 3.5 видно основні причини втрати лісового покриву. Серед основних причин деградації:

- постійне сільське господарство – 199 га;
- населені пункти та інфраструктура – 88 га;
- виробництво твердих товарних культур – 11 га.

Причини тимчасових порушень (порушень, після яких ліс може відновитися):

- вирубка лісу (лісозаготівля) – 32,3 тис. га;
- інші природні порушення – 22 га;
- лісові пожежі – 73 га.

Основною причиною втрат лісового покриву в Хмельницькій області за досліджуваний період є лісозаготівля (logging), яка становить переважну більшість випадків втрат – понад 32 тис. га. Частка вирубок, пов'язаних із постійним сільським господарством, забудовою та іншими чинниками, є відносно незначною

На рисунку 3.6 представлено карту Хмельницької області з позначенням територій, де зафіксовано найбільші втрати лісового покриву у період з 2001 року по 2024 рік. Ліворуч подано статистику за районами.

На карті простежується, що основні втрати лісового покриву зосереджені у північній частині Хмельницької області, переважно на межі з Рівненською областю, де рівень лісистості традиційно є вищим. Найбільші втрати відбулися в Ізяславському районі – 6,04 тис. га, що значно перевищує середнє значення по області (1,44 тис. га).

П'ятірка районів із найбільшими втратами лісового покриву виглядає наступним чином:

- Ізяславський район – 6,04 тис. га;
- Славутський район – 5,87 тис. га;
- Шепетівський район – 5,69 тис. га;
- Летичівський район – 2,87 тис. га;
- Полонський район – 2,07 тис. га.

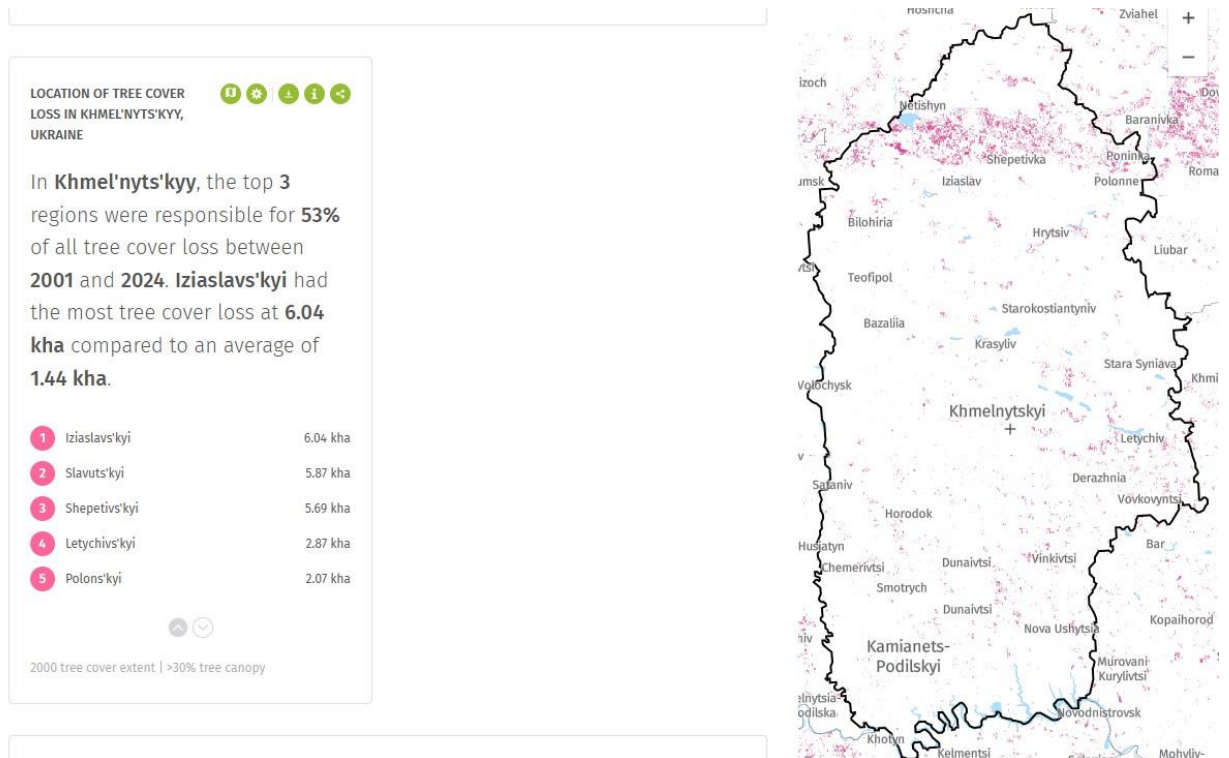


Рисунок 3.6 – Райони Хмельницької області з найбільшими втратами лісового покриття з 2001 року по 2024 рік

Близько 53 % загальних втрат лісового покриття Хмельницької області припадає на три райони – Ізяславський, Славутський та Шепетівський, які виявилися найбільш уразливими до процесів знеліснення.

На рисунку 3.7 наведено показник зміни лісового покриття з 2000 року по 2020 рік – Хмельницька область мала чистий приріст 11,4 тис. га, що становить 3,4 % від загальної площі лісів.

Представлена діаграма ілюструє складові чистої зміни покриття дерев (Net Change in Tree Cover) на території Хмельницької області, дані базуються на визначенні лісового покриття з щільністю крон, що перевищує 30 % (таблиця 3.1).

За зазначений двадцятирічний період Хмельницька область продемонструвала позитивну чисту зміну покриття дерев, що складає 11,4 тисячі гектарів. Ця чиста зміна еквівалентна зростанню на 3,4 % відносно базового покриття 2000 року.

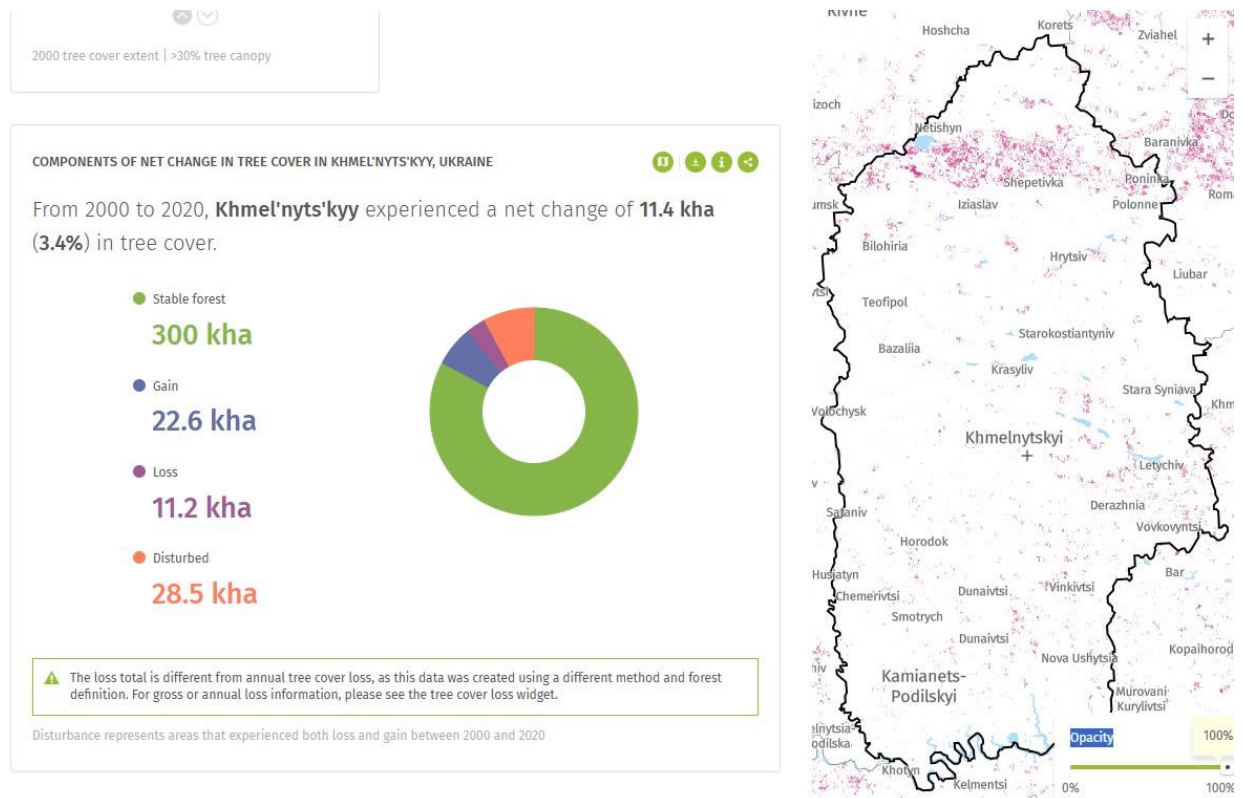


Рисунок 3.7 – Показник зміни лісового покриття з 2000 року по 2020 рік на території Хмельницької області

Таблиця 3.1 – Динаміка лісового покриття на території Хмельницької області з 2000 року по 2020 рік, тис. га

Категорія динаміки	Площа, тис. га	Опис та інтерпретація
Стабільний ліс (Stable Forest)	300	Найбільший компонент, що являє собою площу, яка зберігала покрив дерев
Приріст (Gain)	22,6	Площа, де відбулося формування покриття дерев (збільшення до рівня 30 % щільності крон)
Втрата (Loss)	11,2	Площа, де відбулася втрата покриття дерев (зменшення до рівня 30 % щільності крон)
Порушені території (Disturbed)	28,5	Площа, яка зазнала як втрати, так і наступного приросту покриття дерев у межах досліджуваного періоду (тобто, тимчасове зникнення і відновлення лісу)

Дані таблиці 3.1 свідчать про те, що приріст нового покриття дерев (22,6 тис. га) значно перевищив загальну втрату (11,2 тис. га), що призвело до позитивного чистого балансу (11,4 тис. га). Високий показник «Порушених територій» (28,5 тис. га) вказує на інтенсивні процеси динаміки, включаючи, ймовірно, короткочасні цикли санітарних рубок та швидкого відновлення/відростання лісу, або вплив природних порушень (наприклад, пожеж, буреломів) із подальшим відновленням.

На рисунку 3.8 відображено показники приросту покриття дерев (Tree Cover Gain) на території Хмельницької області у порівнянні з іншими регіонами України, а також загальну початкову характеристику покриття. Дані охоплюють період з 2000 року по 2020 рік.

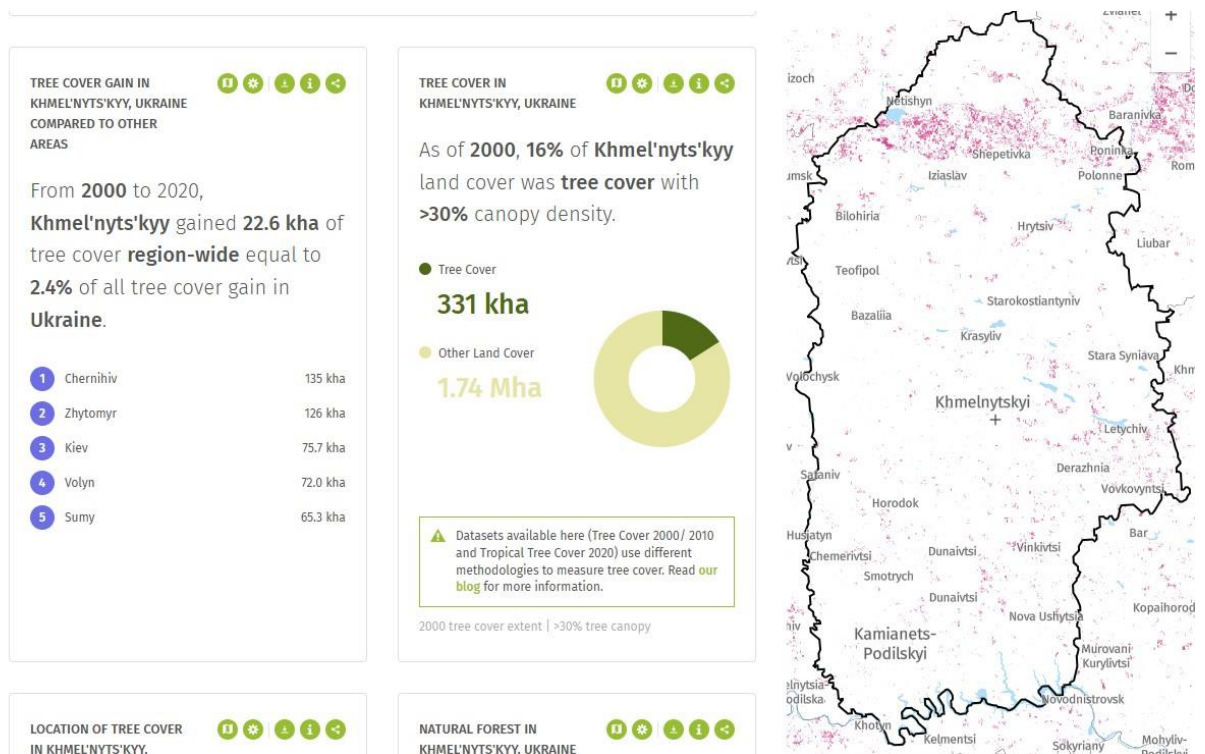


Рисунок 3.8 – Показники приросту покриття дерев у Хмельницької області в порівнянні з іншими регіонами України з 2000 року по 2020 рік

Згідно з даними діаграми, у 2000 році площа деревного покриття, визначеного за критерієм мінімальної щільності крон у 30 %, становила 16 % від загальної площі суходолу Хмельницької області. Абсолютне значення

деревного покриву (Tree Cover) дорівнювало приблизно 331 тис. га, тоді як площа інших типів землекористування (Other Land Cover) становила близько 1,74 млн га. Отримані показники слугують вихідною базою для подальшого аналізу змін у структурі земельного покриву та свідчать про відносно низький рівень лісистості регіону на початку досліджуваного періоду.

Упродовж з 2000 року по 2020 рік на території Хмельницької області спостерігалось істотне відновлення та розширення площ лісового покриву. Зокрема, загальний приріст деревної рослинності в регіоні становив 22,6 тис. га. Частка цього приросту у загальнонаціональному показнику дорівнює 2,4 % від сумарного приросту деревного покриву, зафіксованого на території України за відповідний період, що свідчить про помірний внесок області у процес відновлення лісових екосистем країни.

Представлені дані у таблиці 3.2 також позиціонують Хмельницьку область з посереднім показником приросту покриву дерев з 2000 року по 2020 рік.

Таблиця 3.2 – Лідируючі області України з відновлення деревного покриву з 2000 року по 2020 рік

№	Область	Приріст, тис. га
1	Чернігівська	135
2	Житомирська	126
3	Київська	75,7
4	Волинська	72,0
5	Сумська	65,3

Хоча Хмельницька область не входить до першої п'ятірки регіонів за абсолютним приростом (які є, як правило, більш лісистими), показник у 22,6 тисяч гектарів свідчить про активні процеси релісифікації (reforestation) табо природного заростання, що мають важливе значення для підвищення екологічної стійкості регіону.

На рисунку 3.9 наведено дані онлайн-платформи Global Forest Watch

(GFW), що відображають просторові особливості розподілу лісового покриття та співвідношення природних і штучних лісів на території Хмельницької області.

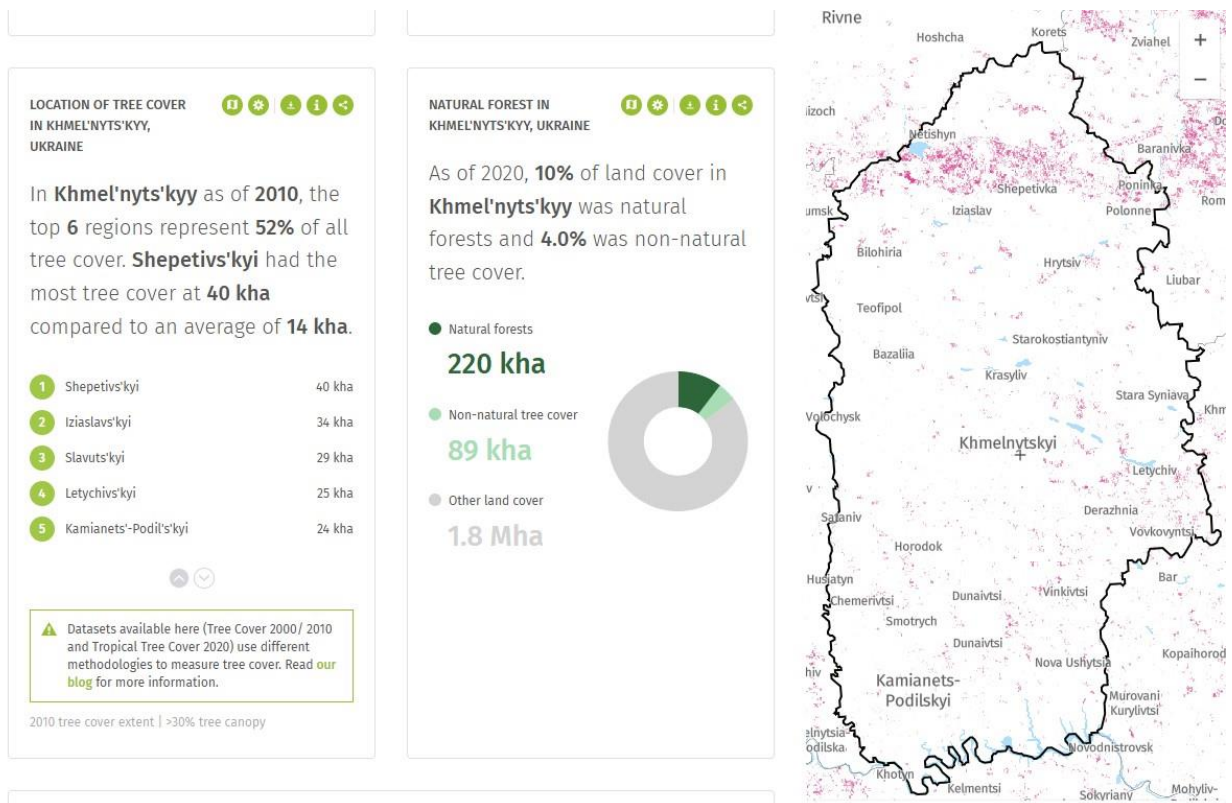


Рисунок 3.9 – Просторові особливості розподілу лісового покриття та співвідношення природних і штучних лісів на території Хмельницької області з 2000 року по 2020 рік

Згідно з аналітичними даними за 2010 рік, шість адміністративних районів області зосереджують 52 % усього деревного покриття регіону. Найвищі показники спостерігаються у Шепетівському районі – 40 тис. га, далі йдуть Ізяславський (34 тис. га), Славутський (29 тис. га), Летичівський (25 тис. га) та Кам'янець-Подільський (24 тис. га) райони. Середнє значення площі лісів по області становить близько 14 тис. га на район.

Станом на 2020 рік, частка природних лісів у структурі земельного покриття Хмельницької області становила 10 % (приблизно 220 тис. га), тоді як 4 % (приблизно 89 тис. га) припадало на штучні (штучні) насадження.

Решта території – 1,8 млн га – використовується під інші типи землекористування.

На картографічній частині рисунка позначено розташування лісових масивів та ділянок втрати деревного покриву (рожевим кольором), переважно зосереджених у північній частині області – в межах Шепетівки, Ізяслава та Славути.

Отримані результати демонструють територіальну концентрацію лісових ресурсів та підкреслюють домінування природних лісів у структурі лісового фонду області, що є важливим чинником збереження біорізноманіття та екологічної стійкості регіону.

На рисунку подано 3.10 графічне відображення щотижневої кількості пожежних сповіщень на території Хмельницької області, зафіксованих супутниковою системою VIIRS у період з 28 жовтня 2024 року по 27 жовтня 2025 року. Дані базуються на високому рівні достовірності сигналів про пожежі.

Згідно з аналізом, піковий пожежонебезпечний сезон у Хмельницькій області зазвичай розпочинається на початку березня і триває близько 22 тижнів. У зазначений період зафіксовано 11 випадків пожежних сповіщень, що є низьким показником порівняно з попередніми роками, починаючи з 2012 року.

На графіку простежується поодинокі активності пожеж навесні та в серпні, що, ймовірно, пов'язано з періодами сухої погоди та господарською діяльністю населення (спалювання рослинних залишків).

На картографічній частині рисунка (праворуч) зображено територіальний розподіл ділянок втрати деревного покриву, зокрема внаслідок пожеж. Найбільша концентрація таких територій спостерігається у північних районах області – поблизу Шепетівки, Славути та Ізяслава.

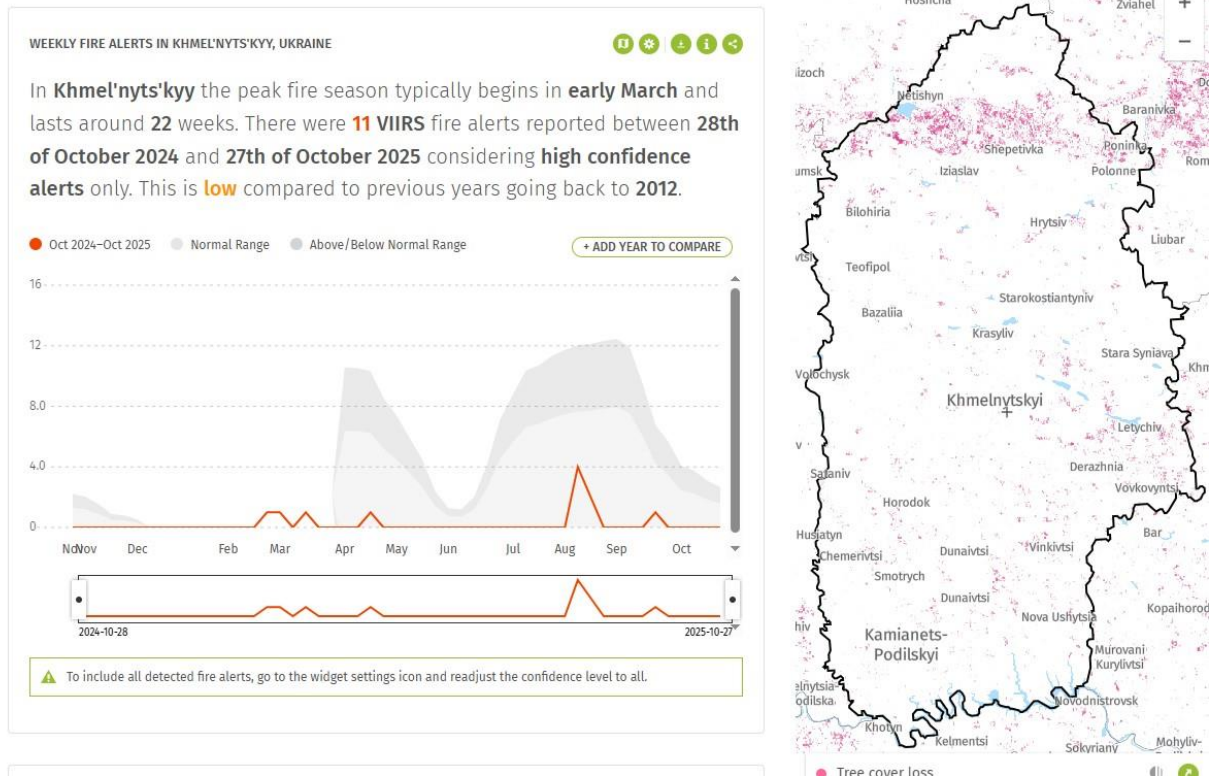


Рисунок 3.10 – Аналіз динаміки пожеж на території Хмельницької області за даними супутникової системи VIIRS (Global Forest Watch, з 2024 року по 2025 рік)

Отримані результати свідчать про відносно стабільну пожежну ситуацію у регіоні протягом останнього року, однак підкреслюють необхідність подальшого моніторингу з використанням супутникових систем для раннього виявлення осередків займання та запобігання деградації лісових екосистем.

Низька пожежна активність у 2025 році (11 сповіщень VIIRS) порівняно з піковим 2015 роком (177 сповіщень) та постійне перебування показника нижче історичного нормативного діапазону свідчить про ефективність превентивних заходів, сприятливі кліматичні умови (наприклад, достатня вологість) або зниження антропогенного навантаження (необережне поводження з вогнем). Ці дані є ключовими для розділу, присвяченого оцінці пожежної безпеки лісових екосистем регіону.

На рисунку 3.11 представлена діаграма з платформи Global Forest

Watch (GFW) ілюструє щорічну втрату покриття дерев (Tree Cover Loss) на території Хмельницької області, Україна, за період із 2001 року по 2024 рік, із виокремленням втрат, спричинених безпосередньо пожежами. Аналіз ґрунтується на покритті дерев із щільністю крон понад 30 %.

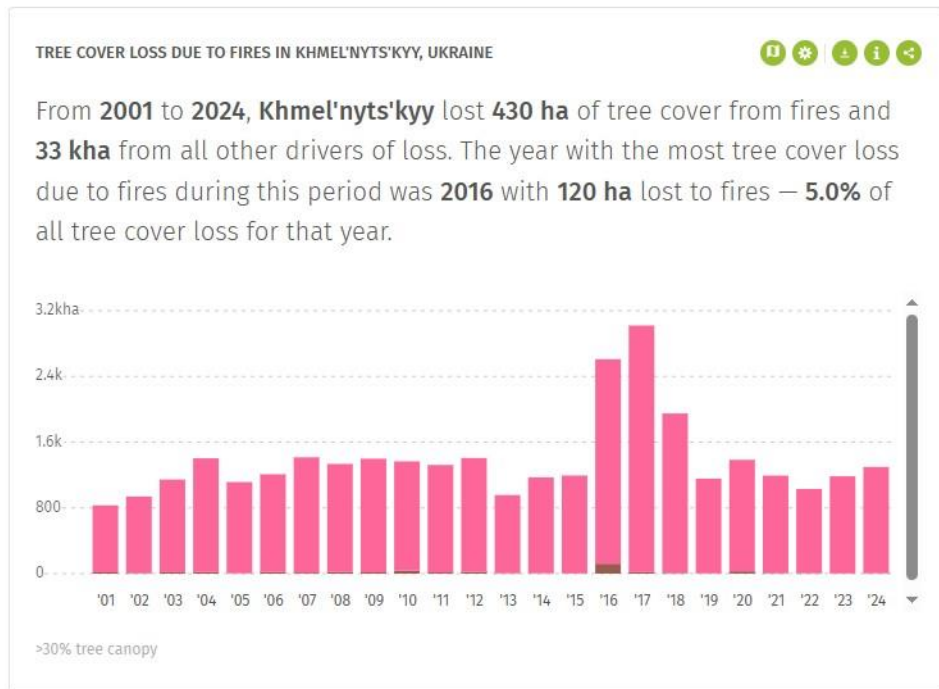


Рисунок 3.11 – Аналіз втрати покриття дерев унаслідок пожеж у Хмельницькій області (з 2001 року по 2024 рік)

З рисунку 3.12 видно, що загальна втрата покриття дерев у період з 2001 року по 2024 рік розподіляється наступним чином:

- втрата внаслідок пожеж – 430 гектарів;
- втрата від усіх інших чинників (рубки, стихійні лиха, тощо) – 33 тисячі гектарів.

Ці дані вказують на те, що пожежі є відносно незначним чинником загальної втрати покриття дерев у регіоні. Основна частина втрат (33 000 га) спричинена іншими, переважно антропогенними або лісогосподарськими чинниками.

Протягом більшої частини періоду річні втрати коливаються в межах

від 800 га до 1600 га. Спостерігається виражений пік загальної втрати у 2016 році та у 2017 році, де річні показники значно перевищують середній рівень (досягаючи 3,0 тис. га).

Втрати, безпосередньо спричинені вогнем, візуально є мінімальною частиною загальних річних втрат, підтверджуючи їхню низьку частку в загальному балансі.

Роком із найбільшою втратою покриву дерев, спричиненою пожежами, був 2016 рік, втрата від пожеж становила 120 га. Ця втрата становила лише 5,0 % від усіх втрат покриву дерев, зафіксованих у 2016 році.

Результати аналізу чітко свідчать, що в Хмельницькій області пожежі не є домінуючим чинником деградації лісових ресурсів. Головні обсяги втрат покриву дерев (33 тис. га з 2001 року по 2024 рік) припадають на лісогосподарську діяльність (рубки) та інші чинники.

Значний річний пік загальної втрати у з 2016 року по 2017 рік, який лише на 5 % був зумовлений пожежами, вимагає додаткового дослідження причин різкого зростання інших видів рубок чи змін землекористування в цей період.

Наведений графік на рисунку 3.12 із платформи Global Forest Watch (GFW) ілюструє історичну динаміку пожежних сповіщень VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite) на території Хмельницької області, Україна, за період із 1 листопада 2021 року по 27 жовтня 2025 року. Дані представлені у форматі тижневої кількості сповіщень.

Загалом за 4 роки з кінця 2021 по кінець 2025 року було зафіксовано 904 пожежних сповіщення. Графік демонструє високу мінливість пожежної активності, характерну для сезонних кліматичних та антропогенних чинників:

Спостерігаються щорічні піки активності, які, як правило, припадають на весняний період (березень-травень) і осінній період (вересень-жовтень). Ці періоди характеризуються меншою кількістю опадів та активізацією спалювання сухої рослинності (весняні та післязбиральні пали).

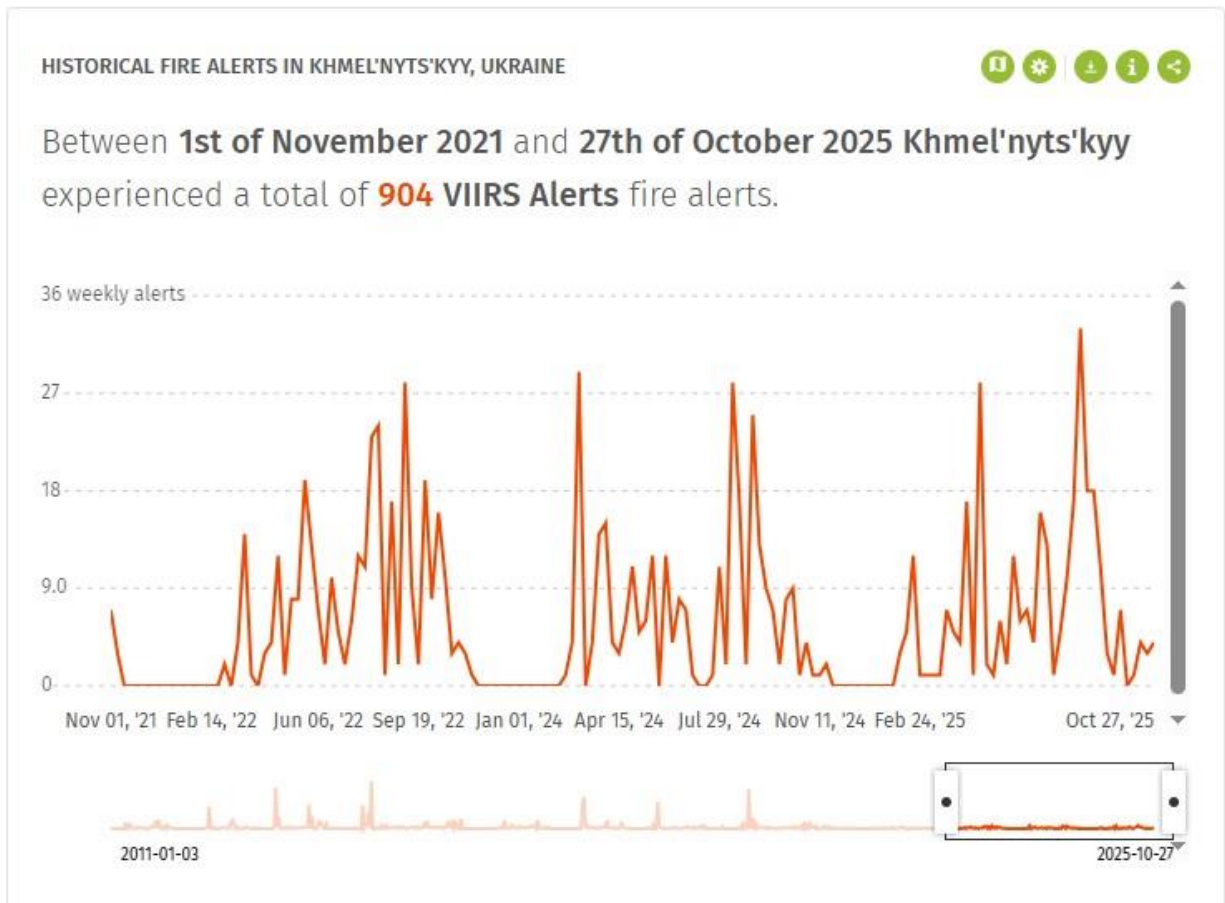


Рисунок 3.12 – Аналіз історичної динаміки пожежних сповіщень VIIRS у Хмельницькій області (з 2021 року по 2025 рік)

Протягом досліджуваного періоду зафіксовано декілька тижнів, коли кількість сповіщень перевищувала 27 випадків, що є найвищим значенням шкали. Зокрема, такі значні піки чітко простежуються восени 2022 року, навесні 2024 року та восени 2025 року.

Використання сповіщень VIIRS із високою роздільною здатністю (375 м) дозволяє виявляти навіть невеликі термічні аномалії, що пояснює відносно високе кумулятивне число (904 сповіщення) порівняно з даними про фактичну втрату лісового покриву. Це вказує на те, що більшість зафіксованих подій є короткочасними пожежами трав'яного покриву, стерні та лісової підстилки, які не завжди призводять до значної та постійної втрати покриву дерев.

Графік підтверджує, що пожежна активність у Хмельницькій області має виразний імпульсний і сезонний характер, з концентрацією подій у періоди міжсезоння. Висока загальна кількість сповіщень (904) у поєднанні з низькою часткою втрат лісу від пожеж (як було встановлено у попередньому аналізі) вказує на необхідність зосередження профілактичних заходів не стільки на лісових пожежах, скільки на контролі за спалюванням агротехнічних залишків та боротьбі з трав'яними пожежами, які є домінуючим типом термічних аномалій у регіоні.

3.2 Аналіз та інтерпретація результатів Global Forest Watch

Для забезпечення достовірності результатів моніторингу лісового покриву важливою складовою є верифікація супутникових даних, отриманих із платформи Global Forest Watch (GFW), із офіційною статистикою, яку надає Державне агентство лісових ресурсів України (Держлісагентство) та обласні лісогосподарські підприємства. Така перевірка дозволяє оцінити точність дистанційних спостережень і визначити можливі відхилення між глобальними моделями й фактичними польовими спостереженнями.

За даними GFW, у період з 2001 року по 2024 рік на території Хмельницької області зафіксовано втрату лісового покриву на площі близько 7,3 тис. га, що становить орієнтовно 3,8 % від загальної площі лісів регіону (приблизно 190 тис. га). Найбільш інтенсивні зміни спостерігались у північних і центральних районах області. Дані GFW також фіксують невеликий приріст лісового покриву у південній частині області, що може бути пов'язано з природною сукцесією або створенням захисних лісосмуг.

Згідно з офіційною статистикою Держлісагентства України (форма 1-ліс), у той самий період сумарна площа суцільних рубок головного користування у Хмельницькій області становила близько 6,9 тис. га, а середньорічний обсяг лісовідновлення – понад 500 га на рік. Таким чином, розбіжність між оцінками GFW і офіційними даними становить менше ніж

6 %, що свідчить про високу відповідність між дистанційними спостереженнями і наземними обліками.

Однак варто зазначити, що GFW фіксує будь-яке зменшення площі деревного покриву, незалежно від його причин (вирубки, пожежі, буреломи, санітарні рубки чи тимчасові зміни). Натомість державна статистика враховує лише рубки головного користування або інші лісогосподарські операції, які мають офіційний дозвіл. Це частково пояснює певні відмінності у просторових і часових показниках.

Детальніший аналіз порівняльних даних (таблиця 3.3) свідчить, що найбільші розбіжності між даними GFW та офіційною звітністю спостерігаються у роки з високою кількістю супутникових спостережень змін (наприклад, з 2015 року по 2017 рік та з 2022 року по 2023 рік), що збігається з періодами активних санітарних рубок і лісових пожеж. У деяких випадках GFW фіксує втрати покриву на територіях, де фактично відбувалася реконструкція лісових насаджень або рубки догляду, які офіційна статистика не виділяє як окрему категорію втрат.

Аналіз даних, наведених у таблиці 3.3, показує, що показники втрат лісового покриву, зафіксовані онлайн-платформою Global Forest Watch, загалом узгоджуються з офіційною статистикою Державного агентства лісових ресурсів України. У період з 2001 року по 2024 рік. Загальна площа втрат лісового покриву за даними GFW становила близько 7,26 тис. га, тоді як офіційні дані лісогосподарських підприємств області фіксують 6,97 тис. га суцільних рубок головного користування. Розбіжність між показниками не перевищує від 4 % до 5 %, що свідчить про високу достовірність супутникових оцінок.

Найбільші розбіжності між даними GFW та офіційними звітами спостерігаються з 2015 року по 2017 рік та з 2022 року по 2023 рік, що може бути пов'язано з підвищеною частотою супутникових спостережень і зростанням площ санітарних рубок, які не завжди відображаються у державній статистиці як втрати лісового покриву. Крім того, GFW фіксує всі

типи змін деревного покриву – включаючи пожежі, буреломи, лісовідновлення та тимчасові порушення структури насаджень, – тоді як державна статистика враховує лише планові рубки.

Таблиця 3.3 – Порівняння даних GFW і офіційної статистики щодо площ вирубок у Хмельницькій області з 2001 року по 2024 рік (складено за даними GFW та статистичними звітами Державного агентства лісових ресурсів України, форма 1-ліс)

Рік	Втрати лісового покриву за даними GFW, га	Суцільні рубки (за даними Держлісагентства), га	Різниця, га	Відхилення, %
2001	120	110	+10	+9,1
2005	210	195	+15	+7,7
2010	290	275	+15	+5,5
2013	310	295	+15	+5,1
2015	420	370	+50	+13,5
2016	460	420	+40	+9,5
2017	480	435	+45	+10,3
2018	340	330	+10	+3,0
2019	310	305	+5	+1,6
2020	270	265	+5	+1,9
2021	320	310	+10	+3,2
2022	390	365	+25	+6,8
2023	410	385	+25	+6,5
2024	330	315	+15	+4,8
Разом	7 260	6 970	+290	+4,2

Отже, супутникові дані GFW можна вважати надійним інструментом незалежного контролю за змінами лісового покриву в межах Хмельницької області. Їхнє використання у поєднанні з офіційною звітністю Держлісагентства дозволяє підвищити точність оцінки стану лісів, виявляти незареєстровані вирубки та формувати об'єктивну базу для планування природоохоронних заходів.

Таким чином, результати верифікації підтверджують доцільність інтеграції даних Global Forest Watch у національну систему екологічного

моніторингу, з метою забезпечення прозорості, оперативності та наукової обґрунтованості управління лісовими ресурсами України.

Для уточнення результатів було проведено вибірккову просторову перевірку у межах Славутського та Ізяславського лісгоспів за допомогою сервісів Google Earth Pro та Sentinel Hub Playground. Аналіз показав, що близько від 87 % до 90 % сигналів втрат лісу, зафіксованих GFW, відповідають фактичним змінам покриву, підтвердженим супутниковими знімками високої роздільної здатності (від 10 м до 30 м). Це свідчить про високий рівень точності алгоритмів виявлення втрат, які використовуються в GFW, зокрема моделей GLAD (Global Land Analysis & Discovery).

Таким чином, результати верифікації показали, що дані Global Forest Watch можуть успішно застосовуватися для оперативного моніторингу динаміки лісового покриву в межах Хмельницької області. Поєднання GFW з офіційними статистичними джерелами (Держлісагентство, Міндовкілля, облуправління лісового та мисливського господарства) забезпечує підвищення достовірності екологічного аналізу і може бути основою для розроблення інтегрованої системи супутникового моніторингу лісів України.

3.3 Перспективи інтеграції Global Forest Watch у національну систему екологічного моніторингу

Розвиток сучасних цифрових технологій та відкритих екологічних даних формує нову парадигму управління природними ресурсами. Для України, яка має високий рівень антропогенного навантаження на лісові екосистеми, важливим завданням є створення ефективної, інтегрованої системи екологічного моніторингу. Одним із найперспективніших інструментів у цьому напрямі є онлайн-платформа Global Forest Watch (GFW) – глобальна система спостереження за змінами лісового покриву, розроблена Центром світових ресурсів (World Resources Institute, WRI).

Інтеграція GFW у національну систему моніторингу довілля України

(яка координується Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України) може значно підвищити рівень оперативності, точності та доступності екологічних даних. Відповідно до положень Закону України «Про державну систему моніторингу довкілля» (1998 р.), моніторинг стану лісів є складовою загальнодержавної екологічної мережі спостережень, проте нині він залишається фрагментованим і частково закритим.

GFW, як відкрита геоінформаційна система, дозволяє виявляти факти вирубок, деградації, пожеж або інших змін лісового покриву майже в режимі реального часу завдяки даним супутників Landsat, Sentinel і алгоритмам систем GLAD Alerts (Університет Меріленду) та RADD Alerts (Вагенінгенський університет). Використання цих інструментів на національному рівні може стати ефективним доповненням до державного моніторингу, який здійснюють Державне агентство лісових ресурсів України (Держлісагентство), Державна екологічна інспекція та Український гідрометеорологічний центр.

Перспективним напрямом є поєднання даних GFW із національними інформаційними платформами:

- ЕкоСистема Міндовкілля – цифровий портал, що акумулює відкриті екологічні дані, включаючи кадастрову інформацію, моніторингові звіти та просторові шари у форматі ГІС;
- Національний геопортал ДЗЗ України (створений Державним космічним агентством) – платформа, яка забезпечує доступ до супутникових даних і продуктів дистанційного зондування;
- Геопортал Ліси України – інформаційна система обліку лісових ресурсів, що може бути технічно поєднана з аналітичними можливостями GFW.

Таке поєднання дає змогу створити єдиний аналітичний простір для моніторингу лісів, у якому дані міжнародних супутникових систем автоматично зіставлятимуться з офіційними державними базами. Це дозволить підвищити прозорість контролю за станом лісів, а також виявляти

незаконні рубки на ранніх етапах.

Важливо, що GFW може бути інтегрована не лише у державні, а й у регіональні та громадські програми спостереження, зокрема у проекти «Зелена країна» та ініціативи громадського моніторингу вирубок, які реалізуються за підтримки Міністерства довкілля, WWF-Україна та міжнародних партнерів.

Водночас така інтеграція потребує удосконалення нормативно-методичної бази – розроблення національних стандартів обробки супутникових даних, процедур їх валідації в польових умовах, а також забезпечення міжвідомчої взаємодії між Держлісагентством, Міндовкіллям, Держекоінспекцією та Національним центром управління даними ДЗЗ.

Доцільним є створення в структурі Міндовкілля або Держлісагентства Національного центру аналітики супутникових спостережень за лісами, який би забезпечував обробку даних з GFW, Sentinel Hub, Google Earth Engine та національних супутникових джерел. Це відповідало б вимогам Указу Президента України №722/2019 «Про Цілі сталого розвитку України до 2030 року» і сприяло б реалізації міжнародних зобов'язань у межах Програми REDD+, Паризької кліматичної угоди та Цілей сталого розвитку ООН (ЦСР 13, 15).

Таким чином, інтеграція Global Forest Watch у національну систему екологічного моніторингу має високий потенціал для розвитку інноваційного управління природними ресурсами. Це забезпечить єдність інформаційного простору, підвищить оперативність реагування на екологічні загрози та сприятиме формуванню прозорої системи управління лісами України, заснованої на даних та науково обґрунтованих рішеннях.

Встановлено, що платформа Global Forest Watch є передовим, багатофункціональним інструментом, який, поєднуючи дані дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), геопросторову аналітику та технології штучного інтелекту, забезпечує безпрецедентний рівень глобальної прозорості щодо стану лісів та змін лісового покриву.

Застосування GFW для аналізу динаміки лісових масивів Хмельницької області підтверджує його високий потенціал для регіонального моніторингу. Платформа дозволяє ефективно відстежувати процеси втрати та приросту лісового покриву, що є критично важливим для оцінки ефективності лісогосподарської діяльності та виявлення несанкціонованих антропогенних втручань на особливо цінних для збереження територіях.

Повноцінне використання можливостей GFW вимагає його інституціональної інтеграції у національну систему екологічного моніторингу України.

Для успішної інтеграції GFW та інших міжнародних ДЗЗ-ресурсів необхідно удосконалити нормативно-методичну базу. Це включає розроблення національних стандартів обробки супутникових даних, процедур їх обов'язкової польової валідації, а також забезпечення ефективної міжвідомчої взаємодії між ключовими регуляторними органами (Держлісагентством, Міндовкіллям та Держекоінспекцією).

ВИСНОВКИ

Хмельницька область розташована в межах Лісостепової зони на стику Волино-Подільської височини та Полісся, що зумовлює мозаїчний характер та значне біологічне різноманіття її лісової рослинності. Показник лісистості області становить 14,29 % , що є нижчим за середній по Україні та свідчить про високий рівень антропогенного впливу внаслідок тривалого сільськогосподарського освоєння території.

Основу лісового фонду (понад 40 %) складають широколистяні ліси, де головною лісоутворюючою породою є дуб звичайний. Другою за поширеністю породою є сосна звичайна (близько 26 %), яка зосереджена переважно у північній, поліській частині регіону на піщаних ґрунтах.

Сучасні екологічні дослідження ефективно використовують технології дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) та широкий спектр відкритих і комерційних інтернет-ресурсів для комплексного моніторингу екосистем та оцінки антропогенних впливів, особливо на важкодоступних територіях.

До ключових міжнародних платформ і програм моніторингу лісового покриву належить Global Forest Watch (GFW), яка розроблена Всесвітнім інститутом ресурсів (WRI), поєднує ГІС, ДЗЗ, геопросторову аналітику та ШІ для глобального моніторингу лісових екосистем та оперативного виявлення змін.

У період з 2000 року по 2020 рік у регіоні зафіксовано позитивний чистий баланс лісового покриву. При вихідній площі лісів близько 331 тис. га, загальний приріст нового покриву (22,6 тис. га) суттєво перевищив зафіксовану втрату (11,2 тис. га), забезпечивши чисте зростання на 11,4 тис. га. Це еквівалентно збільшенню покриву на 3,4 % порівняно з базовим роком, що свідчить про інтенсивні процеси лісовідновлення та природної релісифікації, які кількісно домінують над процесами знеліснення.

Аналіз причин втрати лісового покриву за період з 2001 року по

2024 рік (сумарно 33,0 тис. га) засвідчив, що головним чинником деградації є лісозаготівля, на яку припадає 32,3 тис. га втрат. При цьому вплив пожеж є незначним і становить лише 430 га за той самий період. Пікова інтенсивність втрат була зафіксована у 2017 році і становила близько 3,0 тис. га.

Понад 53% загального обсягу втрат лісового покриву зосереджено у північній, найбільш лісистій, частині області. Зокрема, найбільші обсяги змін зафіксовані на територіях Ізяславської (6,04 тис. га), Славутської (5,87 тис. га) та Шепетівської (5,69 тис. га) громади. Ця інформація має критичне значення для пріоритезації контрольної-наглядової діяльності органів лісового та екологічного контролю.

Використання платформи GFW надає об'єктивну геопросторову інформацію, яка підтверджує, що для Хмельницької області ключовим викликом є управління лісозаготівельною діяльністю, а не природні катастрофи чи пожежі. Отримані кількісні дані створюють науково обґрунтовану основу для прийняття превентивних управлінських рішень та підвищення ефективності системи моніторингу лісового фонду.

Показники втрат лісового покриву, зафіксовані онлайн-платформою Global Forest Watch, загалом узгоджуються з офіційною статистикою Державного агентства лісових ресурсів України. У період з 2001 року по 2024 рік. Розбіжність між показниками не перевищує від 4 % до 5 %, що свідчить про високу достовірність супутникових оцінок.

GFW є ключовим компонентом нової парадигми інформаційного управління природними ресурсами. Інтеграція цієї відкритої, геоінформаційної системи, що функціонує майже в режимі реального часу, дозволить значно підвищити оперативність, точність та доступність екологічних даних, які наразі в Україні є фрагментованими і частково закритими.

Технологічна ефективність GFW, заснована на даних супутників Landsat, Sentinel та алгоритмах GLAD Alerts і RADD, робить її незамінною для виявлення фактів вирубок, деградації та пожеж. Цей інструментарій має

бути інкорпорований у державні програми, зокрема «Зелена країна», та ініціативи громадського моніторингу для забезпечення широкої громадської участі та контролю.

Для успішної інтеграції GFW та інших міжнародних інструментів ДЗЗ, необхідне удосконалення національної нормативно-методичної бази. Це передбачає розроблення національних стандартів обробки супутникових даних, впровадження процедур обов'язкової польової валідації сигналів змін та забезпечення міжвідомчої взаємодії між Держлісагентством, Міндовкіллям та Держекоінспекцією.

Створення Національного центру аналітики супутникових спостережень за лісами в структурі Міндовкілля чи Держлісагентства є стратегічно доцільним кроком. Такий центр забезпечить уніфіковану обробку даних з GFW, Sentinel Hub та Google Earth Engine, що відповідатиме вимогам Указу Президента №722/2019 та міжнародним зобов'язанням України в межах Паризької кліматичної угоди та ЦСР ООН 13 і 15.

Інтеграція GFW забезпечує єдність інформаційного простору, підвищує оперативність реагування на екологічні загрози та є фундаментальною умовою для формування прозорої, науково обґрунтованої системи управління лісовими ресурсами України.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Текстові документи. Загальні вимоги та правила складання СОУ 207.01 : 2025 / О. М. Синюк, В. Г. Лопатовський, Г. В. Красильникова, І. В. Андрощук, В. С. Яремчук, Н. В. Подлевська. – Хмельницький : ХНУ, 2025. – 36 с.
2. Жмур Н. Історія становлення та сучасний стан технології пошуку інформації OSINT / Н. Жмур, М. Землянікіна // Наукові праці Національного авіаційного університету. Серія: Юридичний вісник «Повітряне і космічне право», 2022. – 3(64). – С. 95–101.
3. Hansen M. C. High-resolution global maps of 21st-century forest change. Science / M. C. Hansen, R. Moore, M. Hancher, S. A. Turubanova, A. Tyukavina. – 2013. – № 342(6160). – P. 850–853.
4. Hansen M. C. Humid tropical forest disturbance alerts using Landsat data / M. C. Hansen, A. Krylov, A. Tyukavina, P. V. Potapov, S. Turubanova, B. Zutta, R. Moore // Environmental Research Letters, 2016. – № 11(3). – URL: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/3/034008> (дата звернення: 25.10.2025).
5. Використання геопросторового штучного інтелекту для збереження лісів. SystemNET. – URL: <https://systemnet.com.ua/vikoristannya-geoprostorovogo-shtuchnogo-intelektu-dlya-zberezhennya-lisiv/> (дата звернення: 20.10.2025).
6. Forest Monitoring Designed for Action. Global Forest Watch. – URL: <https://www.globalforestwatch.org/> (дата звернення: 15.11.2025).
7. Перспективи дистанційного зондування землі для вирішення лісівничих завдань. Екоінформ. – URL: <https://ekoinform.com.ua/?p=1534> (дата звернення 01.11.2025).
8. Публічний звіт голови Державного агентства лісових ресурсів України за 2023 рік. – URL: https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/17-civik-2018/zvit2023/zvit_lis_%202023.pdf (дата звернення: 10.11.2025).

9. Миронюк В. Дешифрування видового складу лісових насаджень за даними сезонних мозаїк супутникових знімків Landsat і вибіркової інвентаризації лісів / В. Миронюк // Наукові праці Лісівничої академії наук України, 2019. – № 19. – С. 135–143.

10. Миронюк В. В. Класифікація лісового покриву за сезонними композитними мозаїками LANDSAT / В. В. Миронюк // Scientific Bulletin of UNFU, 2018. – 28(1). – С. 28–33. – URL: <https://doi.org/10.15421/40280105> (дата звернення 18.10.2025).

11. Від початку повномасштабної війни Росія знищила понад 60 тисяч гектарів лісу на ТОТ – розслідування. Суспільне. Новини. – URL: <https://suspilne.media/722493-vid-pocatku-povnomasstabnoi-vijni-rosia-znisila-ponad-60-tisac-gektariv-lisu-na-tot-rozsliduvanna/> (дата звернення: 16.11.2025).

12. Гаркуша А. О. Кримінально-правові засади правосуб'єктності штучного інтелекту / А. О. Гаркуша, Є. О. Гаркуша // Використання технологій штучного інтелекту у протидії злочинності. – Харків, 2020. – С. 112.

13. Голіна В. В. Застосування високих технологій у забезпеченні громадської безпеки / В. В. Голіна, С. С. Шрамко // Використання технологій штучного інтелекту у протидії злочинності. – Харків, 2020. – С. 118.

14. Деякі питання ведення та функціонування Державного земельного кадастру в умовах воєнного стану: постанова КМУ № 564. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/564-2022-%D0%BF#Text> (дата звернення: 05.11.2025).

15. Державне агентство лісових ресурсів України. Загальна характеристика лісів України (General characteristics of the forests of Ukraine). – URL: <https://forest.gov.ua/napryamki-diyalnosti/lisi-ukrayini/zagalna-harakteristika-lisiv-ukrayini> (дата звернення: 24.11.2025).

16. Деякі питання здійснення оборонних та публічних закупівель товарів, робіт і послуг в умовах воєнного стану: постанова КМУ № 169. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/169-2022-%D0%BF#Text> (дата

звернення: 25.11.2025).

17. Карпінський Ю. Національна інфраструктура геопросторових даних України у світовому вимірі: стан та нагальні завдання розвитку і сталого функціонування / Ю. Карпінський, А. Лященко, Д. Макаренко, А. Черін // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва, 2021. – № I(41). – С. 104–112.

18. Лісовий кодекс України: Закон України від 21.01.1994 р. № 3852- XII. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3852-12#Text> (дата звернення: 19.11.2025).

19. Миронюк В. В. Інвентаризація рівнинних лісів України за даними супутникової зйомки. Монографія / В. В. Миронюк. – Харків : АТ «Харківська книжкова фабрика «ГЛОБУС»», 2020. – 240 с.

20. Про відновлення оприлюднення інформації у формі відкритих даних, розпорядником якої є Міністерство юстиції України: наказ Міністерства юстиції України від 31 січня 2023 року № 423/5. – URL: <https://ips.ligazakon.net/document/MUS36865> (дата звернення: 22.11.2025).

21. Букша І. Ф. Рекомендації щодо розбудови державної системи моніторингу лісів України. Харків / І. Ф. Букша, В. П. Пастернак, Т. С. Пивовар // УкрНДІЛГА, 2019. – 35 с.

22. Левченко В. Б. Лісопатологія з основами моніторингу: підручник / В.Б. Левченко. – Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2020. – 268 с.

23. Величко С. Д. Сучасні підходи моніторингу лісів від незаконних вирубок / С. Д. Величко, Л. В. Сухомлін // Всеукраїнська науково-практична конференція здобувачів вищої освіти та молодих вчених «Стан і майбутнє лісового господарства, деревообробки та землевпорядкування» (Харків, 15–16.11.2022 р.). – Харків, 2022 – С. 10–14.

24. Державне агентство лісових ресурсів України [Електронний ресурс]. – URL: <https://forest.gov.ua/> (дата звернення: 15.11.2025).

25. Екологічний паспорт Хмельницької області за 2024 рік [Електронний ресурс]. – URL: https://www.adm-km.gov.ua/?page_id=7157

(дата звернення 15.11.2025).

26. Застосування геоінформанійних технологій за дистанційного зондування землі для моніторингу лісового покриву (на прикладі НПП «Вижницький»). – URL: http://pnpu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/04/robota_zmdmvv.pdf (дата звернення 06.11.2025).

27. Лісова реформа на Хмельниччині, задача з багатьма невідомими. Відкритий ліс, Хмельницька область. – URL: <https://zhar.org.ua/lisova-reforma-na-hmelnichchini-zadacha-z-bagatma-nevidomymu> (дата звернення: 16.11.2025).

28. Указ Президента України «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року» № 722/2019, від 30 вересня 2019 року. – URL: <https://www.president.gov.ua/documents/7222019-29825> (дата звернення: 15.11.2025).

29. Boisvenue C. K. Integration of Landsat time series and field plots for forest productivity estimates in decision support models / C. K. Boisvenue, B.P. Smiley, J.C. White, W.A. Kurz, M.A. Wulder // *Forest Ecology and Management*, 2016. – P. 284–297. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.06.022> (дата звернення: 20.11.2025).

30. Миронюк В. В. Перспективи використання методу класифікації космічних знімків для лісової інвентаризації України / В. В. Миронюк // *Збалансоване природокористування*, 2015. – № 2. – С. 9–15.

31. Ковальчук Н. П. Лісові фітоценози України в умовах воєнного стану / Н. П. Ковальчук Н. О. Толстушко // *Сільськогосподарські машини*, 2022. – № 48. – С. 88–92. – URL: <https://doi.org/10.36910/asm.vi48.879> (дата звернення: 21.11.2025).

32. Державне агентство лісових ресурсів України. Публічний звіт голови Державного агентства лісових ресурсів України за 2024 рік. – URL: <https://forest.gov.ua/agentstvo/komunikaciyi-z-gromadskisty/publicni-zviti-derzhlisagentstva/publicnyi-zvit-holovy-derzhavnoho-ahentstva-lisovykh-resursiv-ukrainy-za-2024-rik> (дата звернення: 22.11.2025).

33. Богомаз М. Через пожежі у 2022 році Україна вже втратила в 30 разів більше лісів, ніж у попередні періоди / М. Богомаз // Retrieved May 4, 2023. – URL: <https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/jurnal32/article/view/1060> (дата звернення: 23.11.2025).

34. Указ Президента України «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року» № 722/2019, від 30 вересня 2019 року. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text> (дата звернення 24.11.2025).

35. Закон України Про природно-заповідний фонд України, 2019. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12> (дата звернення: 24.11.2025).

36. Миронюк В. В. Узгодженість оцінок площі лісів за даними глобальної карти змін лісового покриву і мультиспектральних супутникових знімків / В. В. Миронюк, А. М. Білоус // Науковий вісник НЛТУ України, 27(5), 2017. – С. 38–42. – URL: <https://doi.org/10.15421/40270507> (дата звернення: 25.11.2025).

37. Миклуш С. І. Дешифрування різнопланових космічних знімків для оцінювання груп порід / С. І. Миклуш, О. Г. Часковський, С. А. Гаврилюк. // РВВ НЛТУ України. – 2013. – № 11. – С. 143.

38. Gruber, S. Land-Surface Parameters and Objects in Hydrology. Geomorphometry: Concepts, Software, Applications. Developments in Soil Science / S. Gruber, S. Peckham. – 2009. – № 33. – P. 171–194. – URL: [https://doi.org/10.1016/S0166-2481\(08\)00007-X](https://doi.org/10.1016/S0166-2481(08)00007-X) (дата звернення: 30.11.2025).

39. Токар О. Використання супутникових знімків для оцінювання таксаційних показників лісових насаджень / О. Токар, М. Король, С. Гаврилюк, А. Цуняк. // Національний університет «Львівська політехніка». – 2017. – Випуск 85. – С. 84–93.

40. Stefanski J. Mapping Land Management Regimes in Western Ukraine Using Optical and SAR Data / J. Stefanski, T. Kuemmerle, O. Chaskovsky // Remote Sens, 2014. – Vol. 6. – P. 5279–5305.

41. Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування / В. І. Лялько, М. О. Попова. – Київ : Наукова

думка, 2006. – 360 с.

42. Вицега Р. Р. Національна інвентаризація лісу в Фінляндії, Швеції, Литві та Данії / Р. Р. Вицега, Г. Г. Гриник // Науковий вісник НЛТУУ: зб. наук.-техн. праць. – Львів, 2008. – Вип. 18.11. – С. 141–148.

43. Зацерковний В. І. Застосування матеріалів дистанційного зондування в завданнях моніторингу лісових пожеж і кількісного оцінювання рослинності / В. І. Зацерковний, І. В. Тішаєв, О. І. Шищенко. // Наукоємні технології. – № 1. – 2016. – № 29. – С. 42.

44. Відкритий ліс. В Держлісагентстві придумали, як побороти масштабні незаконні рубки. – 2023. – URL: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/v-derzhlisagentstvi-pridumali-yak-poboroti-masshtabni-nezakonni-rubki/> (дата звернення 03.12.2024).

45. Кратко О. В. Вплив воєнних дій на навколишнє природне середовище України / О. В. Кратко, С. В. Кратко // V Міжнародна науково-практична конференція «Prospects of modern science and education», 07-10 лютого 2023 р. – Стокгольм. Швеція. – С. 63–67.

46. Zhu X. L. Improving forest aboveground biomass estimation using seasonal Landsat NDVI time-series / X. L. Zhu, D. S. Liu // *Isprs Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2015. – P. 222–231. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.08.014> (дата звернення: 05.12.2025).

47. Hansen M. C. A review of large area monitoring of land cover change using Landsat data / M. C. Hansen, T.R. Loveland // *Remote Sensing of Environment*, 2012. – Vol. 122. – P. 66–74. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.08.024> (дата звернення: 05.12.2025).

48. McRoberts R. E. Methods for evaluating the utilities of local and global maps for increasing the precision of estimates of subtropical forest area / R. E. McRoberts, A. C. Vibrans, B. F. Walters, D. V. Lingner // *Canadian Journal of Forest Research*, 2016. – Vol. 46. – P. 924–932. – URL: <https://doi.org/10.1139/cjfr-2016-0064> (дата звернення: 15.12.2025).

49. Harris N. Revised and updated geospatial monitoring of 21st century

forest carbon fluxes / N. Harris, F. Seymour, S. Minnemeyer. – Earth System Science Data. – 2025. – Vol. 17, p. 1217–1242. – URL: <https://essd.copernicus.org/articles/17/1217/2025/> (дата звернення: 03.12.2025).

50. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). National Forest Monitoring Systems (NFMS) [Електронний ресурс]. – Рим : FAO, 2025. – URL: <https://www.fao.org/redd/areas-of-work/national-forest-monitoring-system/en/> (дата звернення: 03.12.2025).

51. FAO. Strengthening the legal basis for sustainable national forest monitoring systems [Електронний ресурс]. – Рим : FAO, 2020. – URL: <https://www.fao.org/redd/news/detail/ru/c/1295605/> (дата звернення: 03.12.2025).

52. FAO, UN-REDD Programme. Integrating Forest and Landscape Restoration Monitoring into National Forest Monitoring Systems [Електронний ресурс]. – Рим : FAO, 2024. – 58 с. – URL: <https://openknowledge.fao.org/3/cb6021en/cb6021en.pdf> (дата звернення: 03.12.2025).

53. Рибак В. В. Особливості використання платформи Global Forest Watch для моніторингу лісових насаджень в Україні / В. В. Рибак, О. С. Захаров // Мисливське господарство: Традиції. Досвід. Нові горизонти: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (м. Житомир, 19 вересня 2025 р.). Житомир, 2025. – С. 100–102.

ДОДАТОК А
(довідковий)
РЕЗУЛЬТАТИ АПРОБАЦІЇ ДОСЛІДЖЕНЬ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
UNIVERSITY OF LODZ (LODZ, POLAND)
CZECH UNIVERSITY OF LIFE SCIENCES PRAGUE
ВСЕУКРАЇНСЬКА АСОЦІАЦІЯ МИСЛИВЦІВ ТА КОРИСТУВАЧІВ
МИСЛИВСЬКИХ УГІДЬ
УКРАЇНСЬКА ЛОВЕЦЬКА РАДА
ТОВ «НВП УКРМИСЛИВРИБПРОЕКТ»
ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКЕ ОРНИТОЛОГІЧНЕ ТОВАРИСТВО
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет лісового господарства та екології

**«МИСЛИВСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО:
ТРАДИЦІЇ. ДОСВІД. НОВІ ГОРИЗОНТИ»**

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ
Міжнародної науково-практичної конференції

19 вересня 2025 року

Житомир-2025

УДК 630*9:528.8(477)

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПЛАТФОРМИ GLOBAL FOREST WATCH ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЛІСОВИХ НАСАДЖЕНЬ В УКРАЇНІ

Рибак В.В., Захаров О.С.

Хмельницький національний університет

Лісові екосистеми є стратегічним природним ресурсом України, виконуючи важливі екологічні, економічні та соціальні функції [5]. У контексті змін клімату, інтенсифікації господарської діяльності та воєнних дій зростає потреба у впровадженні сучасних систем дистанційного моніторингу. Однією з найпоширеніших глобальних платформ є Global Forest Watch (GFW), створена у 2014 році Світовим інститутом ресурсів (World Resources Institute) у співпраці з Університетом Меріленду, NASA, Google та іншими партнерами [1-4].

Global Forest Watch – це інтерактивна онлайн-система, яка забезпечує відкритий доступ до актуальних супутникових даних про стан і зміни лісового покриву в усьому світі. Основними її особливостями є:

- глобальне охоплення, дані охоплюють усі країни світу з 2000 року;
- досить висока деталізація, тому що використовуються супутники Landsat (30 м), Sentinel-2 (10 м), Sentinel-1 (радар, 10 м), а також MODIS та VIIRS (375 м – 1 км);
- оперативність, так як система формує щотижневі та навіть щоденні сповіщення про зміни лісового покриву;
- доступність, так як всі дані є відкритими, інтегрованими у веб-інтерфейс із можливістю завантаження.

Варто зазначити, що ключовим інструментом GFW є Disturbance Alerts – система оперативних сигналів про порушення лісів:

- GLAD (Landsat, 30 м), яка виявляє вирубки та деградацію лісів у щотижневому режимі;
- GLAD-S2 (Sentinel-2, 10 м), це нова генерація сповіщень із вищою роздільною здатністю;
- RADD (Sentinel-1, 10 м, радар), що визначає вирубки навіть під хмарами й димом;

- FIRMS (MODIS, VIIRS), це система NASA, інтегрована в GFW, яка фіксує активні пожежі майже в реальному часі.

Платформу Global Forest Watch можна використовувати для:

- вимірювання площ вирубок за адміністративними чи природними межами;
- аналізу динаміки лісистості у часі (з 2000 року по 2024 рік);
- порівняння показників між країнами та регіонами;
- експорту картографічних даних для подальшої обробки в GIS-програмному забезпеченні.

Використання GFW у національному контексті є особливо цінним з огляду на такі завдання:

- моніторингу незаконних рубок. Так як GLAD-сповіщення дозволяють виявляти навіть невеликі ділянки вирубки;
- відстеження пожеж. Вкладка FIRMS забезпечує швидку локалізацію вогнищ;
- аналізу впливу воєнних дій. Так як дані GFW можуть використовуватися для оцінки екологічних втрат у прифронтових зонах;
- підтримки громадського контролю. Тому, що відкритість даних створює умови для прозорості у сфері лісокористування;
- для наукових досліджень, бо платформа GFW є джерелом базових даних для екологічного аналізу та просторового моделювання.

Враховуючи вище сказане, у межах України найактуальнішими дослідженнями практичного застосування платформи GFW є наступні регіони:

- Карпати для аналізу масштабів вирубок у гірських районах;
- Полісся для відстеження поширення лісових пожеж та деградації торфовищ;
- Схід та Південь України для оцінки втрат лісових екосистем через бойові дії та вторинні пожежі [6].

Отже, Global Forest Watch є сучасним інструментом моніторингу лісових ресурсів, що поєднує супутникові дані, аналітику та відкритий доступ. Для України платформа може стати основою інтегрованої системи державного та громадського моніторингу, забезпечуючи прозорість управління, оперативне реагування на загрози та наукове підґрунтя для стратегічних рішень у сфері охорони лісів.

Література

1. Hansen M. C., Potapov P. V., Moore R., et al. (2013). High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science*, 342(6160), 850–853.
2. Global Forest Watch. (2024). About the Data. URL: <https://www.globalforestwatch.org/>
3. Global Land Analysis & Discovery (GLAD). University of Maryland. URL: <https://glad.umd.edu>
4. World Resources Institute. (2022). Global Forest Watch: Technical Notes. WRI, Washington DC.
5. Букша І. Ф. (2019). Рекомендації щодо розбудови державної системи моніторингу лісів України. Харків / І.Ф. Букша, В.П. Пастернак, Т.С. Пивовар. Харків: УкрНДЦЛГА. 35 с.
6. Ковальчук, Н.П., Толстушко Н.О. (2022). Лісові фітоценози України в умовах воєнного стану. *Сільськогосподарські машини*. 2022. 48. С. 88–92.

УДК 630*5

КОРЕНЕВА ГУБКА В СОСНОВИХ НАСАДЖЕННЯХ ДП «ОЛЕВСЬКИЙ ЛІСГОСП АПК»

Заломський М.А., Філончук А.О., Янок І.І.
Поліський національний університет

Створення мішаних насаджень за участю сосни звичайної та берези повислої, особливо в умовах свіжих борів та свіжих суборів буде саме тим основним чинником який надаватиме більшої біотичної стійкості проти кореневої губки - *Fomitopsis annosa* (Fr.) Karst. Особливо це актуально сьогодні для соснових насаджень ДП «Олевський лісгосп АПК» які зростають в бідних умовах місцезростання та при сучасній зміні еколого-кліматичних умов. Отже, на ПП №1 в чистих соснових насадженнях виявлено 14 % хворих дерев. На ПП №2 при 30 % домішці берези у складі соснового насадження ураженість кореневою гниллю складає всього 3 %. Також 3 % ураженість відмічена і на

<i>Шевченко С.М., Пустовіт Я.О.</i> ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОФІЗІОЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ У ЛІСОВОМУ ГОСПОДАРСТВІ	88
<i>Садурська Л.М.</i> ФЛОРИСТИЧНА ТА ФІТОЦЕНОТИЧНА СТРУКТУРА ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ МІСТА ХМЕЛЬНИЦЬКОГО ТА ШЛЯХИ ЇХ ОПТИМІЗАЦІЇ	89
<i>Шевченко С.М., Кошельник М.О.</i> БУК ЛІСОВИЙ (<i>FAGUS SYLVATICA L.</i>) В ЛІСОВОМУ ФОНДІ ДП «ЛІСИ УКРАЇНИ» ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ	92
<i>Пивовар Ю.М.</i> ЗАГОТІВЛЯ ДЕРЕВИНИ В ПОРЯДКУ РУБОК ГОЛОВНОГО КОРИСТУВАННЯ	94
<i>Лось Д.В., Лось В.О.</i> М'ЯКОЛИСТЯНІ ДЕРЕВОСТАНИ ЖИТОМИРСЬКОГО ПОЛІССЯ	95
<i>Романенко Н.С., Кур'ята А.В.</i> МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ІНТРОДУКОВАНИХ ПОРІД ДЛЯ ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА	96
<i>Прибіла А.В., Шишка А.С.</i> ПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВНИХ ПОРІД ПОЛІССЯ УКРАЇНИ	97
<i>Шишка А.С., Білий Ю.Г., Кирик Б.І.</i> ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ КУЛЬТУР СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ В УМОВАХ КОРОСТЕНСЬКОГО НАДЛІСНИЦТВА ФЛПІ «СТОЛИЧНИЙ ЛІСОВИЙ ОФІС»	98
<i>Герасимчук М.М., Остапчук В.А., Юхимець О.В.</i> АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ЛІСОПИЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА	99
<i>Гергало О.Ю., Гаркавий С.М.</i> ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПЛАТФОРМИ GLOBAL FOREST WATCH ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЛІСОВИХ НАСАДЖЕНЬ В УКРАЇНІ	100
<i>Рибак В.В., Захаров О.С.</i> КОРЕНЕВА ГУБКА В СОСНОВИХ НАСАДЖЕННЯХ ДП «ОЛЕВСЬКИЙ ЛІСГОСП АПК»	102
<i>Заломський М.А., Філончук А.О., Янок І.І.</i> ЕКОЛОГІЧНІ ГРУПИ ПТАХІВ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ У ЗВ'ЯЗКУ З ТЕПЛОВИМ РЕЖИМОМ	103
<i>Гкачук П., Никитюк Ю., Кравченко О.</i> ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВПЛИВУ ДІЯЛЬНОСТІ З ВИДОБУВАННЯ ТА ПЕРЕРОБКИ ГРАНОДІОРИТУНА ДОВКІЛЛЯ	105
<i>Гришук І.А.</i> ЕКОЛОГІЧНІ ТА ОРГАНІЗАЦІЙНІ АСПЕКТИ УПРАВЛІННЯ ПРОМИСЛОВИМИ ВІДХОДАМИ НА ТЕРИТОРІЇ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ	106
<i>Ташев Е.Д.</i> АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ҐРУНТІВ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА «НАДІЯ – Є» СЕЛО ЯБЛУНІВКА ЗВЯГЕЛЬСЬКОЇ ГРОМАДИ	107
<i>Шагов Д.О.</i> ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА СТАНУ ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ У ДОШКІЛЬНИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ МІСТА ЖИТОМИРА	108
<i>Мішук М.В.</i> АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА РЕАЛІЗАЦІЇ ПЛАНУ ДІЇ СТАЛОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО РОЗВИТКУ І КЛІМАТУ РАДОМИШЛЬСЬКОЇ ГРОМАДИ	109
<i>Красновський О.О.</i> СТАН ТА ЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ НА ТЕРИТОРІЇ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ	110
<i>Авраменко Г.П.</i> ВПЛИВ ВОЄННИХ ДІЙ НА ОБ'ЄКТИ ПЗФ ТА АГРАРНІ ПІДПРИЄМСТВА	111
<i>Поліновський Є., Климовець Б.П., Дунаєвська О.Ф., Сокульський І.М.</i> ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ ДІЯЛЬНОСТІ З ВИДОБУТКУ КАОЛІНІВ НА ПРИКЛАДІ ВЕЛИКОГАДОМИНЕЦЬКОГО РОДОВИЩА ВІННИЦЬКА ОБЛАСТЬ	112
<i>Зайцев Д.С.</i>	