

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

ІНСТИТУТ ЛІСОВОГО І САДОВО-ПАРКОВОГО ГОСПОДАРСТВА

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри лісівництва

_____ **Наталія ПУЗРІНА**
(підпис)
« _____ » _____ 20 ____ р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: Аналіз сучасних і прогнозованих викликів для лісів
Українського Полісся та шляхи підвищення їхньої стійкості**

Спеціальність _____ **205 «Лісове господарство»**

Гарант освітньої програми

канд. с.-г. наук, доцент

_____ **Наталія ПУЗРІНА**
(підпис)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

канд. с.-г. наук, доцент

_____ **Олександр СОШЕНСЬКИЙ**
(підпис)

Виконав

_____ **Іван САМОПЛАВСЬКИЙ**
(підпис)

КИЇВ – 2026

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

ІНСТИТУТ ЛІСОВОГО І САДОВО-ПАРКОВОГО ГОСПОДАРСТВА

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

завідувач кафедри лісівництва

канд.с.-г. наук, доцент _____ Наталія ПУЗРІНА

«_____» _____ 20 _____ року

ЗАВДАННЯ

на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту

Самоплавський Іван Святославович

Спеціальність: 205 «Лісове господарство»

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи: «Аналіз сучасних і прогнозованих викликів для лісів Українського Полісся та шляхи підвищення їхньої стійкості»

Затверджена наказом ректора від 21.11.2025 р. № 2856 "С"

Термін подання студентом завершеної роботи на кафедру 25.05.2026 р.

Вихідні дані до роботи: Статистичні та наукові дані про стан лісів Українського Полісся. Дані кліматичних спостережень і прогнозів (ІРСС, національні кліматичні звіти). Інформація про вплив шкідників, хвороб та пожеж на ліси регіону. Вітчизняні та закордонні наукові публікації з тематики стійкості лісових екосистем та їх адаптації до змін клімату.

Перелік завдань, які потрібно виконати:

1. Описати постановку проблеми та її актуальність;
2. Виконати короткий огляд наукової літератури відповідно до тематики;
3. Навести коротку характеристику об'єкта дослідження;
4. Зібрати інформацію для написання роботи;
5. Виконати аналіз та синтез зібраної інформації;
6. Навести результати роботи.
7. Зробити висновки та рекомендації за результатами виконаної роботи.

Дата видачі завдання: 10.10.2025 р.

Керівник бакалаврської

кваліфікаційної роботи, доц. _____ О.М. Сошенський

Завдання прийняв до виконання _____ І.С. Самоплавський

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	6
РОЗДІЛ 2 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ	19
2.1 Характеристика Поліської природної зони	19
2.2 Характеристика лісів.....	23
2.3 Характеристика клімату	27
РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА ЗБОРУ, ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ПЕРВИННА ОБРОБКА ДОСЛІДНОГО МАТЕРІАЛУ	32
3.1 Методика збору дослідних даних.....	32
3.2 Характеристика дослідного матеріалу.....	35
РОЗДІЛ 4 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ І ПРОГНОЗОВАНИХ ВИКЛИКІВ ДЛЯ ЛІСІВ УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ ТА ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЇХНЬОЇ СТІЙКОСТІ.....	41
4.1 Кліматичні зміни та їх вплив на ліси Українського Полісся: сучасний стан і тенденції	41
4.2 Сучасні біотичні та абіотичні загрози: шкідники, хвороби, пожежі в умовах змін клімату	48
4.3 Прогнозовані виклики для лісових екосистем Полісся згідно з кліматичними сценаріями (RCP 4.5 / RCP 8.5).....	53
4.4 Лісівничі та організаційні шляхи підвищення стійкості лісів: вітчизняний і зарубіжний досвід	59
4.5 Адаптація нормативно-правового регулювання та перспективи сталого управління лісами Полісся	65
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	70
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	72
ДОДАТКИ.....	76

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна бакалаврська робота бакалаврського рівня вищої освіти на тему «Аналіз сучасних і прогнозованих викликів для лісів Українського Полісся та шляхи підвищення їхньої стійкості» містить 81 сторінку, 3 таблиці, 12 рисунків, 1 додаток. Перелік посилань нараховує 30 найменувань.

Метою цієї бакалаврської кваліфікаційної роботи є проведення всебічного аналізу сучасних і перспективних викликів для лісів Поліського регіону та обґрунтування науково-практичних і лісівничих рекомендацій щодо підвищення їхньої адаптаційної здатності та довгострокової стійкості до пожеж, шкідників і хвороб в умовах глобальних кліматичних змін.

Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та рекомендацій, а також списку використаної літератури. У першому розділі наведено комплексний огляд наукової літератури, здійснено аналіз вітчизняного та світового досвіду щодо впливу біокліматичних трансформацій на деградацію лісових екосистем. У другому розділі наведено детальну фізико-географічну характеристику Поліської природної зони, проаналізовано сучасний стан, породну й вікову структуру лісового фонду, а також динаміку трансформації температурного режиму та режиму зволоження регіону. У третьому розділі обґрунтовано методологічну основу дослідження, описано методику збору таксаційних та метеорологічних даних, а також специфіку первинної обробки геопросторової інформації за допомогою платформ дистанційного зондування Землі Global Forest Watch, Copernicus та NASA FIRMS. У четвертому розділі здійснено глибокий аналіз синергізму біотичних та абіотичних загроз, наведено результати прогностичного моделювання стану лісів за кліматичними сценаріями RCP 4.5 та RCP 8.5 до 2050 року, а також обґрунтовано лісівничі, організаційні та нормативно-правові шляхи адаптації лісоуправління Полісся до умов наростаючої аридизації.

ВСТУП

Актуальність дослідження стану лісових екосистем Українського Полісся на сучасному етапі зумовлена низкою небезпечних факторів, які загрожують природі та господарству всього регіону. Процеси глобальної зміни клімату спричинили глибоку трансформацію гідрологічного режиму територій, що виражається у критичному зниженні рівня ґрунтових вод та зміні режимів зволоження. Це призвело до масового ослаблення біологічної стійкості насаджень, насамперед соснових лісостанів, та спровокувало активізацію осередків стовбурових шкідників, серед яких особливу загрозу становить верхівковий короїд. Окрім природних викликів, лісове господарство Полісся стикається з катастрофічними наслідками військової агресії, що виражаються у мінуванні значних площ, пошкодженні деревної рослинності внаслідок бойових дій та обмеженні доступу до масивів для проведення вчасних санітарно-оздоровчих заходів. У таких умовах традиційні підходи до лісовирощування потребують переосмислення на користь методів наближеного до природи лісівництва, що здатні забезпечити довгострокову стійкість екосистем.

З огляду на зазначене, метою даної бакалаврської роботи є проведення всебічного аналізу сучасних і перспективних викликів для лісів Поліського регіону з подальшим обґрунтуванням науково-практичних рекомендацій щодо підвищення їхньої адаптаційної здатності. Об'єктом дослідження виступають лісові екосистеми Українського Полісся в умовах сучасних антропогенних та кліматичних трансформацій, тоді як предметом є динаміка санітарного стану насаджень та ефективність лісівничих заходів, спрямованих на зміцнення їхньої стійкості. Для досягнення поставленої мети робота передбачає послідовне вирішення низки завдань, що включають аналіз структури лісового фонду, ідентифікацію ключових біотичних та абіотичних загроз, а також оцінку впливу деградаційних процесів на продуктивність лісів у середньостроковій перспективі.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Сучасний етап розвитку лісівничої науки характеризується зміною парадигми від статичного управління ресурсами до адаптивного менеджменту в умовах високої невизначеності. Аналіз наукових джерел свідчить, що лісові екосистеми Українського Полісся, які є частиною ширшого природного комплексу Центральної та Східної Європи, перебувають під впливом безпрецедентних за інтенсивністю змін. Згідно з доповідями Міжурядової групи експертів з питань зміни клімату (ІРСС), глобальне підвищення температури вже призвело до зміщення лісорослинних зон у північному напрямку, що докорінно змінює умови функціонування традиційних для Полісся біогеоценозів. Науковці наголошують, що швидкість кліматичних трансформацій значно перевищує природну здатність лісових видів до адаптації та міграції [2, 3, 22].

Дослідження Європейського агентства з довкілля (ЕЕА) підтверджують, що ліси Центральної та Східної Європи дедалі частіше піддаються впливу екстремальних погодних явищ, серед яких найнебезпечнішими є тривалі засухи та теплові хвилі. У працях вітчизняних вчених, зокрема представників школи академіка П.І. Лакиди та професора А.Ф. Гойки, зазначається, що для Українського Полісся критичним чинником став дефіцит атмосферного зволоження у поєднанні з падінням рівня ґрунтових вод. Це створює умови для фізіологічного ослаблення деревостанів, що автоматично знижує їхню стійкість до біотичних загроз. Продовольча та сільськогосподарська організація ООН (FAO) у своїх звітах про стан лісів світу (SOFO) акцентує увагу на тому, що зміна клімату діє як каталізатор для інших деструктивних процесів, перетворюючи локальні пошкодження на масштабні екологічні кризи [2, 3, 22].

Огляд публікацій українських дослідників, таких як І.Ф. Букша та В.П. Пастернак, вказує на те, що прогнозовані сценарії кліматичних змін для України

передбачають подальше зростання середньорічної температури, що для Полісся означатиме поступову «степизацію» найбільш вразливих ділянок. Це ставить під загрозу домінування сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.), яка наразі формує основу лісового фонду регіону. Закордонні автори, аналізуючи досвід Польщі та Білорусі, які мають схожі з Українським Поліссям лісорослинні умови, вказують на необхідність переходу до формування складних, мішаних насаджень із високою часткою листяних порід. Такий підхід, відомий у європейській практиці як «close-to-nature forestry» (наближене до природи лісівництво), розглядається як основний інструмент підвищення екосистемної стійкості [2, 3, 22].

Аналіз світового наукового досвіду також висвітлює проблему кумулятивного ефекту викликів. Зокрема, у працях науковців УкрНДІЛГА [1, 2, 3, 17, 22] підкреслюється, що сучасний виклик для лісів Полісся – це не просто зміна температури, а синергія кліматичного стресу, антропогенного навантаження та нових фітопатологічних загроз. Прогнозовані моделі, розроблені міжнародними інституціями, вказують на те, що до середини XXI століття структура лісів Східної Європи зазнає суттєвих трансформацій, де традиційні методи лісовпорядкування, орієнтовані на короткострокову економічну вигоду, стануть неефективними або навіть шкідливими для збереження біологічної різноманітності. Таким чином, літературний огляд засвідчує гостру потребу у розробці локалізованих стратегій адаптації, які б враховували як глобальні тенденції, так і специфічні регіональні особливості Українського Полісся в умовах сучасних криз.

Окремим вагомим блоком наукових досліджень, що висвітлюють деградаційні процеси в лісах Українського Полісся, є вивчення патологічних станів деревостанів, спричинених поширенням стовбурових шкідників. Аналіз праць провідних вітчизняних ентомологів, зокрема професора В.Л. Мешкової та її школи [1, 17], свідчить про зміну стратегії виживання комах-фітофагів у відповідь на кліматичний стрес. Основним дестабілізуючим чинником для соснових насаджень регіону стало масове розмноження верхівкового короїда (*Ips acuminatus*), чия

агресивність значно зросла через збільшення кількості генерацій за один вегетаційний період. Науковці підкреслюють, що якщо раніше цей вид вважався технічним шкідником, який заселяв лише сильно ослаблені дерева, то за сучасних умов він здатен атакувати практично здорові насадження, формуючи масштабні осередки всихання. Аналогічні тенденції простежуються у дослідженнях польських та білоруських вчених, які відзначають, що подібна ситуація характерна для всього трансграничного регіону Полісся, де сосна звичайна стає найбільш вразливою ланкою екосистеми.

Дослідження взаємозв'язку між гідротермічним коефіцієнтом та санітарним станом лісу вказують на те, що першопричиною ентомологічних спалахів є фізіологічне виснаження дерев через дефіцит вологи. Вчені УкрНДІЛГА [1, 2, 3, 17, 22] зазначають, що падіння тургору в хвої та зниження смоловиділення роблять дерево беззахисним перед первинним заселенням шкідниками. Паралельно з ентомологічними загрозами наукова література фіксує поширення грибних захворювань, зокрема кореневої губки (*Heterobasidion annosum*) та диплодіозу, які діють синергічно з короїдами. У звітах FAO та EEA акцентується увага на тому, що зміна фітопатологічної ситуації в Європі має транскордонний характер, а отже, вимагає уніфікації методів моніторингу та захисту лісів. Особливо критичним є питання інвазійних видів, які раніше не були притаманні північним широтам України, але тепер успішно акліматизуються завдяки м'яким зимам.

Не менш важливим аспектом, що розглядається у контексті викликів для лісів Полісся, є трансформація пірологічного режиму територій. Прогнози ІРСС вказують на збільшення тривалості пожежонебезпечного періоду в Східній Європі, що безпосередньо впливає на частоту та інтенсивність лісових пожеж. Вітчизняні дослідники, аналізуючи досвід масштабних пожеж 2020 року на Житомирщині та Луганщині, наголошують на переході від локальних загорянь до категорій «мега-пожеж», які мають катастрофічні наслідки для біорізноманіття та здатні повністю змінювати структуру лісового ландшафту. В наукових публікаціях останніх років

окрема увага приділяється накопиченню горючих матеріалів у лісах, що всихають, оскільки сухостій та захаращеність створюють ідеальні умови для виникнення верхових пожеж, які є найбільш складними для гасіння [1, 22].

Сучасний науковий дискурс також включає аналіз специфічних викликів, пов'язаних із мілітарним впливом на лісові екосистеми. Дослідження впливу бойових дій та мінування територій на стан лісів України свідчать про виникнення нових ризиків, які не мають аналогів у сучасній європейській практиці. По-перше, це обмеження можливостей наземного моніторингу та гасіння пожеж на замінованих ділянках, що робить ліси Полісся заручниками стихійних процесів. По-друге, це пряме механічне пошкодження деревостанів та хімічне забруднення ґрунтів продуктами вибухів, що додатково знижує життєздатність екосистем. Міжнародні організації, такі як FAO, у своїх аналітичних записках підкреслюють, що відновлення стійкості лісів у зонах конфліктів потребуватиме десятиліть та принципово нових підходів до рекультивації та лісовідновлення [10, 29].

Таким чином, огляд світової та вітчизняної літератури дозволяє констатувати, що ліси Полісся перебувають у стані постійного стресу, де кожен окремий виклик, такий як кліматична аномалія, спалах чисельності шкідників, чи пожежна загроза, підсилюється іншими. Науковці однак у висновках, що традиційні стратегії «пасивного» захисту лісу більше не є ефективними. Необхідний перехід до активного формування стійких лісових ландшафтів, що передбачає зміну підходів до вибору лісоутворюючих порід, впровадження систем раннього попередження пожеж на основі дистанційного зондування Землі та розробку нових методів біологічного захисту лісу. Це створює наукове підґрунтя для подальшого аналізу шляхів підвищення стійкості насаджень, що є центральною темою даного дослідження.

Аналіз наукових стратегій подолання вищезазначених криз вказує на поступову відмову світової лісівничої спільноти від жорстких методів інтенсивного лісовирощування на користь концепції адаптивного управління лісами. У

документах FAO та стратегічних напрацюваннях Європейського лісового інституту (EFI) наголошується, що ключовим інструментом підвищення стійкості насаджень у Центральній та Східній Європі є перехід до принципів наближеного до природи лісівництва. Цей підхід передбачає максимальне використання природних процесів саморегуляції екосистем, зокрема стимулювання природного поновлення та формування багаторусних, складних за структурою деревостанів. Вітчизняні науковці, розглядаючи специфіку Українського Полісся, підкреслюють, що саме перехід від чистих соснових монокультур до мішаних сосново-дубових чи сосново-березових лісостанів є головною запорукою їхнього виживання в умовах температурних аномалій. Складні насадження краще утримують вологу, створюють специфічний лісовий мікроклімат та є менш вразливими до масового розмноження комах-фітофагів завдяки вищому біорізноманіттю ентомофагів [7, 20].

Важливим напрямом досліджень, що висвітлюється у працях таких вчених, як О.М. Борисова та С.А. Генсірук [4], є оптимізація вікової та просторової структури лісів. Науковці доводять, що одновікові насадження великої площі є критично вразливими до вітровалів та верхових пожеж. Натомість мозаїчність ландшафту та наявність різних вікових груп дерев у межах одного масиву дозволяють локалізувати пошкодження та забезпечити швидке відновлення екосистеми. У контексті Українського Полісся це означає необхідність поступової заміни суцільних зрубів на вибіркові та поступові системи рубань, що дозволяють зберігати лісове середовище на всіх етапах лісогосподарського циклу. Закордонний досвід, зокрема досвід Німеччини та Австрії, свідчить, що така трансформація не лише підвищує екологічну стабільність, а й забезпечує більш сталий вихід високоякісної деревини у довгостроковій перспективі.

Суттєва увага у сучасній літературі приділяється також генетичним та селекційним аспектам стійкості. У звітах ІРСС та спеціалізованих виданнях з лісової генетики розглядається концепція «допоміжної міграції» (assisted migration), яка передбачає використання насінневого матеріалу більш південних екотипів

основних лісоутворюючих порід для створення лісових культур у північних регіонах. Для Українського Полісся це питання є дискусійним, проте перспективним, оскільки місцеві популяції сосни звичайної можуть бути не адаптованими до прогнозованого режиму посух через 30–50 років. Дослідження генетичного поліморфізму деревостанів дозволяють виділяти стійкі форми, що володіють механізмами адаптації до водного дефіциту. Водночас науковці застерігають від безконтрольного введення інтродукованих видів, наголошуючи на важливості збереження автохтонної флори як основи біологічної рівноваги.

Цифровізація моніторингу та управління лісами виділяється як окремий інноваційний шлях підвищення стійкості у працях європейських дослідників останнього десятиліття. Використання даних дистанційного зондування Землі (супутникові системи Sentinel, Landsat) та безпілотних літальних апаратів дозволяє виявляти осередки всихання та загоряння на ранніх стадіях, що є критично важливим для Полісся з його великими площами важкодоступних лісів. Програмне забезпечення для моделювання розвитку лісових екосистем за різними кліматичними сценаріями дає змогу лісогосподарським підприємствам приймати правильні стратегічні рішення щодо вибору порідного складу майбутніх лісів вже сьогодні. Світова наука дедалі частіше розглядає ліс не просто як джерело сировини, а як складну систему, що потребує інтелектуального управління та постійної підтримки її здатності до самовідновлення [11].

Підсумовуючи огляд літературних джерел щодо шляхів підвищення стійкості, слід зазначити, що більшість авторів сходяться на необхідності інтегрованого підходу. Він має поєднувати лісівничі методи (зміна систем рубань та порідного складу), технологічні інновації (цифровий моніторинг) та правове регулювання, що стимулювало б збереження біорізноманіття. Для Українського Полісся впровадження цих стратегій ускладнюється необхідністю адаптації до умов воєнного та повоєнного періодів, що потребує подальшого детального дослідження в межах даної роботи. Таким чином, сформована наукова база підтверджує, що

стійкість лісів – це не статична характеристика, а динамічний процес, який вимагає гнучкості управлінських рішень та глибокого розуміння екологічних взаємозв'язків у біогеоценозах.

Розглядаючи ліси Українського Полісся як невід'ємну складову частину лісового поясу Центральної та Східної Європи, необхідно звернутися до досвіду суміжних держав, які мають подібні лісорослинні умови та стикаються з аналогічними екологічними викликами. Аналіз наукових публікацій польських дослідників, зокрема фахівців Інституту дослідження лісу (IBL) у Варшаві, свідчить про те, що деградація соснових насаджень у Люблінському та Підляському воєводствах, які безпосередньо межують з українським Поліссям, має ідентичну етіологію. Польські вчені вказують на те, що критичне поєднання тривалих посух та зниження рівня ґрунтових вод призвело до втрати життєздатності деревостанів на піщаних ґрунтах, що раніше вважалися оптимальними для вирощування сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.). У працях таких авторів, як С. Малек та Я. Бодзярчик, наголошується, що зміна біокліматичних умов у Центральній Європі вимагає перегляду концепції господарської придатності порід, оскільки традиційні лісотипологічні схеми втрачають свою прогностичну здатність.

Аналогічна ситуація простежується і в науковому дискурсі Білорусі, де Поліська низовина займає значну частину території. Наукові звіти фіксують, що транскордонний характер поширення верхівкового короїда та інших стовбурових шкідників не визнає державних меж, що робить спільний моніторинг та координацію лісозахисних заходів життєво необхідними. Специфічною рисою досліджень у цьому регіоні є також аналіз впливу радіоактивного забруднення на стійкість лісів у зоні відчуження, що додає додатковий рівень складності до прогнозування розвитку екосистем Полісся в умовах кліматичного стресу.

Огляд досвіду країн Центральної Європи, зокрема Німеччини, Чехії та Словаччини, демонструє, що виклики, з якими стикається Українське Полісся, є частиною масштабної кризи європейського лісівництва, орієнтованого на

створення чистих монокультур. Масштабні вітровали та епіфітотії шкідників останнього десятиліття у цих країнах змусили наукову спільноту прискорити розробку моделей «лісів майбутнього». У звітах Європейського лісового інституту (EFI) підкреслюється, що стратегічна стійкість лісів Східної Європи безпосередньо залежить від успішності впровадження принципів біорізноманіття на ландшафтному рівні. Це включає не лише зміну головних порід, а й збереження мертвої деревини, підтримку природних гідрологічних об'єктів у межах лісових масивів та відмову від масштабного осушення боліт, що було характерним для радянського та постсоціалістичного періодів управління лісами.

Окрему увагу в сучасній літературі приділено прогнозуванню динаміки лісових екосистем за сценаріями RCP 4.5 та RCP 8.5, розробленими IPCC. Наукові прогнози для Поліського регіону вказують на те, що до 2050 року частота екстремальних посух може зрости вдвічі, що призведе до докорінної зміни структури лісової рослинності. У працях вітчизняних вчених-кліматологів та лісівників, таких як С.В. Адаменко та П.І. Лакида, зазначається, що такий розвиток подій вимагає вже зараз розпочинати процес заміщення вразливих соснових монокультур більш пластичними та посухостійкими видами, зокрема дубом звичайним та скельним, а також іншими супутніми листяними породами. Практична реалізація таких наукових рекомендацій ускладнюється тривалим циклом вирощування лісу, що породжує конфлікт між короткостроковими економічними інтересами лісогосподарських підприємств та довгостроковою екологічною стійкістю.

Таким чином, порівняльний аналіз досліджень у країнах Центральної та Східної Європи дозволяє зробити висновок, що ліси Українського Полісся перебувають в епіцентрі регіональної екологічної трансформації. Спільність викликів – від кліматичних аномалій до транскордонного поширення шкідників – вимагає від української науки інтеграції в європейський дослідницький простір. Вивчення закордонного досвіду адаптивного лісівництва є критично важливим для

розробки власних алгоритмів підвищення стійкості насаджень, які б враховували як глобальні тенденції, так і унікальні особливості Поліського ландшафту, включаючи його гідрологічну мережу та специфіку ґрунтового покриву. Це закладає основу для переходу від констатації фактів деградації лісів до активного формування моделей їхнього сталого майбутнього.

Фундаментальним чинником, що визначає специфіку вразливості лісових екосистем Українського Полісся, є глибока трансформація гідрологічного режиму регіону, спричинена масштабною гідротехнічною меліорацією минулого століття. Аналіз наукових праць, присвячених динаміці вологості ґрунтів та рівнів залягання ґрунтових вод, свідчить про те, що сучасна екологічна криза в лісах регіону має глибоке антропогенне коріння. Дослідники, зокрема Я.П. Дідух та В.П. Ландін, наголошують, що створена у 60–80-х роках мережа осушувальних каналів, яка свого часу мала на меті підвищення продуктивності лісів та сільськогосподарських угідь, за умов сучасного клімату перетворилася на чинник прискореної деградації екосистем. Осушення боліт та заплав призвело до втрати природних акумуляторів вологи, що в періоди тривалих засух позбавляє деревостани доступу до ґрунтового живлення [5, 6, 16, 26, 27].

У науковій літературі останнього десятиліття широко обговорюється концепція «фізіологічної посухи», яка виникає навіть за наявності певних запасів води у ґрунті, але через зміну його структури та падіння капілярного підняття волога стає недоступною для кореневих систем сосни та дуба. Особливої гостроти ця проблема набуває на дерново-підзолистих піщаних ґрунтах, де фільтраційна здатність є високою, а вологоємність – мінімальною. Вітчизняні вчені зазначають, що ліси Полісся, які історично формувалися в умовах високого рівня ґрунтових вод, мають поверхневу кореневу систему, що робить їх критично вразливими до різких коливань гідрологічного горизонту. Коли рівень вод опускається нижче критичної межі (зазвичай понад 2–2,5 метри), дерева входять у стан постійного стресу, що стає

пусковим механізмом для подальшого заселення шкідниками та розвитку грибкових патологій.

Питання трансформації гідрології нерозривно пов'язане з проблемою пожежної безпеки торфовищ, які є невід'ємним елементом Поліського ландшафту. Огляд публікацій з лісової пірології вказує на те, що пересушені торфовища у поєднанні з лісовими масивами створюють умови для виникнення складних підземно-наземних пожеж, які надзвичайно важко піддаються локалізації та гасіння. Вчені наголошують, що зміна клімату лише посилює негативний ефект від меліорації: вища випаровуваність (транспірація) у поєднанні з відсутністю паводків призводить до того, що природний процес відновлення вологи у лісових біогеоценозах Полісся практично зупиняється. У цьому контексті науковий інтерес представляють дослідження щодо «ревайлдингу» або вторинного обводнення осушених територій як методу відновлення екосистемної рівноваги.

Закордонні наукові джерела, що описують стан лісів у подібних умовах (наприклад, у Німеччині чи Скандинавії), акцентують увагу на тому, що збереження малих річок та заболочених ділянок усередині лісових масивів є природним бар'єром проти розповсюдження вогню та осередків шкідників. У звітах ЕЕА підкреслюється, що стратегія адаптації лісів до змін клімату повинна базуватися на принципах «water-smart forestry» (лісівництва, що враховує водний режим). Це передбачає відмову від подальшого осушення, консервацію існуючих каналів та створення мікропонижень для затримання талої води. Для Українського Полісся впровадження таких підходів вимагає не лише технічних рішень, а й зміни нормативно-правової бази управління лісовим господарством, яка тривалий час була орієнтована на інтенсивне відведення «зайвої» вологи.

Підсумовуючи гідрологічний аспект огляду літератури, можна стверджувати, що підвищення стійкості лісів Полісся неможливе без ревіталізації водного балансу регіону. Наукові дані підтверджують, що навіть найбільш стійкі до посухи породи не зможуть забезпечити стабільне функціонування екосистеми, якщо гідрологічна

основа буде остаточно зруйнована. Це ставить перед лісовою наукою завдання розробки інтегрованих проектів лісо- та водомеліорації, де головною метою буде не осушення, а управління водними ресурсами для підтримки біологічної стійкості насаджень. Такий підхід є ключовим елементом сучасного адаптивного лісівництва, який дозволяє пом'якшити вплив кліматичних екстремумів та забезпечити збереження лісів як стратегічного ресурсу держави.

Детальний аналіз біотичних загроз, що висвітлюється у працях сучасних фітопатологів та ентомологів, дозволяє стверджувати, що ліси Українського Полісся перебувають у стані хронічної епіфітотії. Центральне місце у дослідженнях останнього десятиріччя посідає проблема поширення верхівкового короїда (*Ips acuminatus* Gyll.), який із другорядного шкідника перетворився на головний дестабілізуючий фактор соснових лісів. Науковці, зокрема В.Л. Мешкова та І.М. Жежкун, наголошують на зміні біологічних циклів шкідника: через подовження вегетаційного періоду та аномально високі температури повітря короїд встигає дати дві основні та одну-дві сестринські генерації за рік. Це призводить до геометричного зростання чисельності популяції, з якою природні ентомофаги вже не здатні впоратися. Важливим аспектом наукових дискусій є також трофічний зв'язок між короїдами та грибами-офіостомами, які шкідники заносять у провідні тканини дерева. Це викликає закупорку судин (трахеомікоз), що пришвидшує загибель насаджень навіть за умови вчасного проведення лісозахисних заходів [8, 9, 18, 25].

Паралельно з ентомологічними загрозами значна увага в літературі приділяється грибовим захворюванням кореневих систем, серед яких найбільш деструктивним для Полісся залишається коренева губка (*Heterobasidion annosum*). Дослідження свідчать, що найбільшої шкоди цей патоген завдає лісовим культурам першої та другої генерацій, створених на колишніх сільськогосподарських угіддях («староорні» землі), де відсутня специфічна мікрофлора, здатна стримувати поширення гриба. Сучасні автори вказують на синергізм між ураженням кореневою

губкою та подальшим заселенням стовбуровими шкідниками: ослаблені хворобою дерева стають первинними осередками, з яких починається масове всихання всього масиву. У наукових джерелах також фіксується зростання агресивності диплодіозу сосни (*Diplodia pinea*), що раніше зустрічався спорадично, а зараз стає масовим явищем на тлі посушливих літніх періодів [15].

Огляд шляхів підвищення стійкості лісів у контексті сучасного законодавства та стратегічного планування дозволяє оцінити готовність галузі до викликів. «Державна стратегія управління лісами України до 2035 року» та оновлений «Порядок організації та здійснення моніторингу лісів» закладають нормативне підґрунтя для переходу до сталого, адаптивного лісівництва. Науковці аналізують ці документи крізь призму європейської інтеграції, зокрема відповідності до «Лісової стратегії ЄС до 2030 року» (EU Forest Strategy 2030), яка акцентує увагу на збереженні біорізноманіття та наданні лісами екосистемних послуг. У публікаціях останніх років підкреслюється, що підвищення стійкості насаджень неможливе без реформи системи лісозахисту, яка має змінити акцент із ліквідації наслідків (суцільних санітарних рубок) на раннє виявлення осередків за допомогою феромонного моніторингу та дистанційного зондування.

Окремий пласт сучасної літератури присвячений безпековому аспекту, який став критичним для лісів Полісся після 2022 року. Дослідники розглядають вплив мінування та безпосередніх пошкоджень лісів у прикордонних районах як фактор, що провокує виникнення некерованих осередків шкідників та пожеж. Вчені наголошують, що неможливість ведення повноцінного господарства на замінованих ділянках створює «зони екологічного ризику», які можуть стати джерелом розповсюдження патогенів на сусідні здорові лісові масиви. Це ставить перед наукою нові завдання щодо розробки методів дистанційного оцінювання стану лісів та моделювання їхнього самовідновлення в умовах обмеженого антропогенного втручання.

Висновки до розділу I. Підсумовуючи результати аналізу літературних джерел, можна констатувати, що лісові екосистеми Українського Полісся перебувають у зоні критичного ризику. Комплексна дія кліматичних змін, гідрологічної деградації, поширення шкідників та нових воєнно-антропогенних викликів вимагає радикального перегляду існуючих методів ведення лісового господарства. Наукова спільнота одностайна в тому, що стійкість лісів майбутнього залежатиме від успішності впровадження принципів наближеного до природи лісівництва, формування мішаних та різновікових насаджень, а також відновлення природного водного балансу регіону. Вивчений досвід та теоретичні напрацювання вітчизняних і закордонних авторів створюють необхідну базу для проведення власного дослідження та розробки конкретних рекомендацій, що будуть викладені у наступних розділах роботи. Сформоване розуміння викликів дозволяє перейти від теоретичного огляду до практичного аналізу об'єкта дослідження та розробки шляхів мінімізації негативних наслідків для лісового фонду Полісся.

РОЗДІЛ 2

КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Характеристика Поліської природної зони

Українське Полісся являє собою унікальну фізико-географічну область, що займає північну частину України і є складовою частиною великої Поліської низовини, яка поширюється на території сусідніх Білорусі та Польщі. Географічно цей регіон охоплює значні площі в межах Волинської, Рівненської, Житомирської, Київської, Чернігівської та частково Сумської областей, що визначає його стратегічне значення для формування екологічного каркасу країни. Південна межа зони проходить лінією, що розділяє Полісся та Лісостеп, і характеризується поступовим переходом від піщаних низовин до височинних плато. Геоморфологічна будова регіону тісно пов'язана з його розташуванням на північному краї Українського кристалічного щита та прилеглих до нього прогинів Східноєвропейської платформи. Це зумовило панування низовинного рельєфу з незначними коливаннями відносних висот, де переважають слабохвилясті та плоскі рівнини, сформовані під впливом давнього зледеніння та наступної діяльності флювіогляціальних вод [4, 7].

Геологічна основа Полісся представлена переважно антропогеновими відкладами, серед яких домінують піски, супіски та суглинки льодовикового походження. Наявність потужних шарів кварцових пісків визначає бідність ґрунтового покриву та високу водопроникність поверхневих шарів, що є ключовим фактором для формування лісової рослинності. У геоструктурному відношенні західна частина Полісся приурочена до Волино-Подільської плити, тоді як центральна та східна – до Прип'ятського прогину та схилів Українського щита. Саме кристалічний фундамент, що подекуди виходить на поверхню (зокрема на Житомирщині), створює специфічні умови для формування кам'янистих

ландшафтів та унікальних типів лісу на виходах гранітів. Рельєфоутворюючі процеси регіону значною мірою визначалися діяльністю льодовика, який залишив по собі моренні пасма та зандрові поля, що сьогодні складають основу ландшафтної структури регіону [4, 7].

Гідрологічна мережа Полісся є однією з найгустіших в Україні та відіграє вирішальну роль у функціонуванні лісових екосистем. Головною водною артерією є річка Прип'ять з її численними притоками, такими як Стир, Горинь, Случ, Уж та інші. Більшість річок мають повільну течію, низькі береги та широкі заплави, що в минулому призводило до інтенсивного заболочування значних територій. Велика кількість озер, серед яких виділяються Шацькі озера, та широка мережа меліоративних каналів створюють специфічний гідрологічний фон. Проте сучасні дослідження вказують на суттєву деградацію водної мережі через тривалу відсутність паводків та загальне обміління річок. Наявність значних масивів низинних та верхових боліт раніше виконувала роль природного буфера, що регулював мікроклімат, проте на сьогодні велика частина цих територій є осушеною, що докорінно змінило умови вологозабезпечення лісів [4, 7].

Ґрунтовий покрив Полісся вирізняється строкатістю та відносно низькою природною родючістю, що є наслідком панування дерново-підзолистих ґрунтів. У структурі земельного фонду переважають дерново-слабопідзолисті піщані та супіщані ґрунти, які характеризуються високою кислотністю, низьким вмістом гумусу та слабкою поглинальною здатністю. У пониженнях рельєфу та заплавах річок поширені торфово-болотні та лучні ґрунти, які внаслідок меліорації зазнали суттєвої мінералізації та втрати органічної речовини. Саме специфіка ґрунтових умов у поєднанні з гідрологічним режимом визначає типологію лісів Полісся, де домінують соснові бори на бідних пісках та субори на більш багатих ґрунтах. Стан ґрунтів на сучасному етапі характеризується тенденціями до пересушування та посилення процесів вітрової ерозії, що створює додаткові виклики для сталого лісовідновлення та продуктивності деревостанів [4, 7].

Ландшафтна структура Українського Полісся відзначається високим ступенем мозаїчності, що безпосередньо впливає на розподіл і стан лісової рослинності. У межах зони виділяються специфічні природні райони – фізико-географічні області (Волинське, Житомирське, Київське, Чернігівське та Новгород-Сіверське Полісся), кожна з яких має свої особливості геологічної будови та гідротермічного режиму. Особливу роль у формуванні стійкості регіону відіграє його екотонний характер на межі з Лісостепом. Ця перехідна смуга характеризується змішуванням флористичних елементів різних зон, що створює передумови для високого генетичного різноманіття, проте водночас робить такі території найбільш вразливими до кліматичних флуктуацій. Науковий інтерес становить те, що саме в межах Полісся пролягають межі суцільного поширення багатьох лісоутворюючих порід, зокрема граба звичайного та дуба скельного, що перетворює регіон на своєрідний природний полігон для відстеження реакції рослинності на глобальне потепління [4, 7].

Важливою характеристикою Поліської зони є специфічний мікрорельєф, сформований еоловими процесами. Наявність піщаних дюн та грядових комплексів, що часто чергуються з перезволоженими пониженнями, створює надзвичайну строкатість лісорослинних умов на обмеженій площі. Це зумовлює формування так званих едафічних сіток, де на відстані кількох десятків метрів можуть межувати сухі лишайникові бори та вологі вільшняки. Таке ландшафтне різноманіття історично допомагало підтримувати біологічну стійкість лісу: у посушливі роки вологі пониження ставали природним притулком для вологолюбних рослин і тварин, а в надмірно вологі періоди підвищені ділянки рятували насадження від вимокання. Однак сучасна антропогенна трансформація, насамперед тотальна меліорація, порушила ці природні компенсаторні механізми, вирівнявши гідрологічний фон та зробивши ландшафт більш однорідним і, як наслідок, менш адаптивним [4, 7].

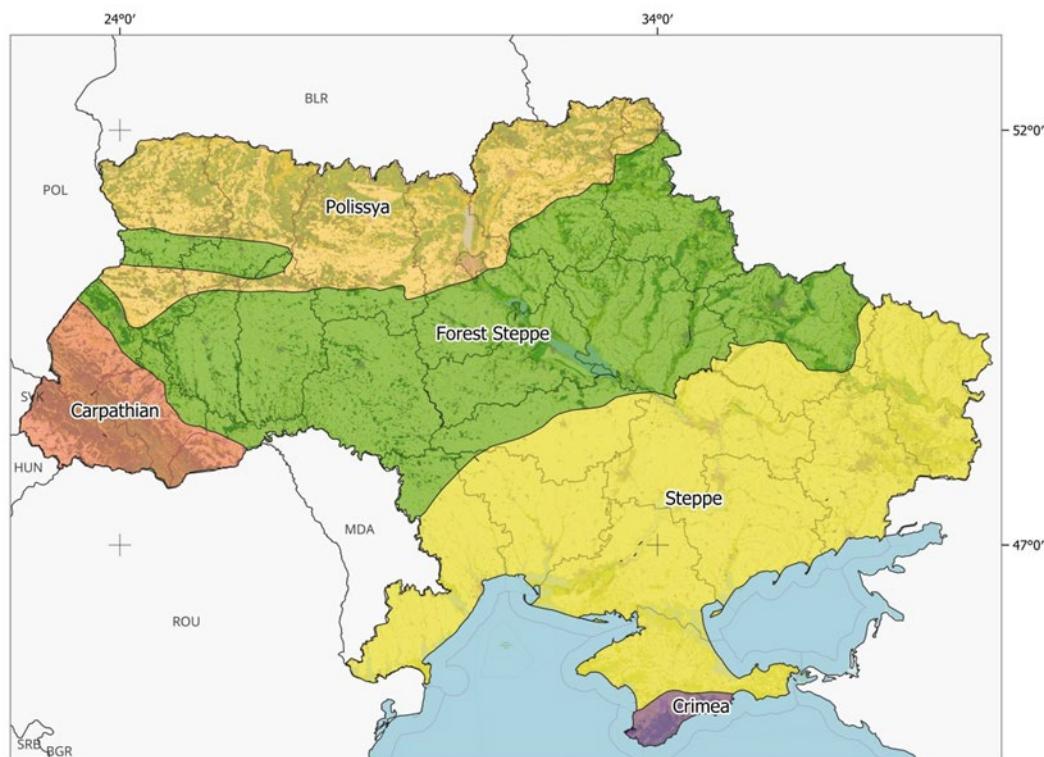


Рис. 1.1. Картохема Поліської природної зони України (за С. А. Генсіруком)

Біогеографічна значущість Полісся також визначається його роллю як головного екологічного коридору Східної Європи. Велика кількість заповідних територій, серед яких Поліський та Рівненський природні заповідники, Шацький національний природний парк та низка регіональних ландшафтних парків, створюють умови для збереження автохтонних популяцій лісових видів. Взаємозв'язок між лісовими масивами та великими болотними комплексами підтримує стабільний кругообіг води в регіоні завдяки випаровуванню та конденсації. Слід зазначити, що ліси Полісся виконують не лише ресурсну, а й важливу екологічну функцію, оскільки вони накопичують вуглець та регулюють стік річок Дніпровського басейну. Будь-які негативні зміни у структурі цього природного комплексу мають кумулятивний ефект, що виходить далеко за межі самого регіону [4, 7].

Окремим аспектом, який необхідно враховувати при характеристиці об'єкта дослідження, є радіоекологічний стан значної частини територій після аварії на Чорнобильській АЕС. Наявність зони відчуження та безумовного відселення створила парадоксальну ситуацію: з одного боку, ліси зазнали значного техногенного впливу, а з іншого через припинення активної господарської діяльності тут розпочалися процеси відновлення природних екосистем. Дослідження цих територій дає цінну інформацію про здатність лісових біогеоценозів до самовідновлення в умовах мінімального антропогенного втручання. Таким чином, Полісся постає як складна природно-техногенна система, де природні закономірності розвитку переплітаються з наслідками інтенсивного землекористування та глобальними екологічними викликами, що вимагає інтегрованого підходу до аналізу його майбутнього стану [4, 7].

2.2 Характеристика лісів

Лісовий фонд Українського Полісся характеризується специфічною структурою, що історично сформувалася під впливом як природно-кліматичних чинників, так і інтенсивної господарської діяльності. Домінуючою лісоутворюючою породою регіону є сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.), яка займає близько 60–65% загальної площі лісопокритих земель. Таке домінування хвойних насаджень зумовлене пануванням бідних піщаних та супіщаних ґрунтів, де сосна виявляє найвищу біологічну пристосованість. Слід зауважити, що значна частина сучасних соснових масивів представлена штучними насадженнями (лісовими культурами), створеними у післявоєнний період на великих площах зрубів та галявин. Це призвело до формування великих за площею чистих насаджень, які, попри високу продуктивність, мають знижену природну стійкість до спалахів чисельності стовбурових шкідників та пожеж, що є критичним викликом у контексті даного дослідження [4, 7].

Другою за значенням породою в структурі лісів Полісся є дуб звичайний (*Quercus robur* L.), частка якого суттєво варіює залежно від регіону, зростаючи у південній частині зони та на багатих суглинкових ґрунтах. Дубові насадження виконують роль головного стабілізуючого компонента, оскільки мають потужну кореневу систему та вищу опірність до кліматичних коливань порівняно з хвойними. Важливе місце в екосистемах займають також м'яколистяні породи, зокрема береза повисла (*Betula pendula* Roth) та вільха чорна (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.). Вільхові ліси приурочені переважно до перезволожених понижень та заплавл річок, виконуючи незамінну гідрологічну та берегозахисну функцію. Береза часто виступає як порода-піонер на порушених територіях та згарищах, формуючи тимчасові деревостани, які з часом замінюються більш довговічними видами [4, 7, 14, 24].

Типологічна структура лісів Полісся базується на класифікаційній сітці Алексєєва–Погребняка, де основна частина насаджень зосереджена в умовах борів (А) та суборів (В). Найбільш поширеними типами лісорослинних умов є свіжі та вологі субори (В2, В3), які відзначаються оптимальним балансом поживних речовин та вологи для успішного росту сосни та дуба. Проте аналіз динаміки типів лісу свідчить про поступовий перехід багатьох ділянок із вологих категорій до свіжих і навіть сухих (А1, В1) через загальне зниження рівня ґрунтових вод. Це явище «ксерофітизації» лісових умов призводить до зміни підліску та живого надґрунтового покриву, де вологолюбні види (чорниця, мохи) замінюються на більш посухостійкі злаки та лишайники, що додатково посилює пожежну небезпеку [21].

Показники продуктивності лісів регіону в цілому є досить високими, що виражається у переважанні насаджень І та Іа класів бонітету. Середня повнота деревостанів варіює в межах 0,6–0,8, що свідчить про достатньо інтенсивне використання лісорослинного потенціалу територій. Проте вертикальна структура насаджень часто є спрощеною: переважають одноярусні лісостани, що з точки зору

екологічної стійкості є менш вигідним порівняно з багатоярусними мішаними лісами. Формування складних за структурою деревостанів із домішками листяних порід та розвиненим підліском із ліщини, крушини чи горобини є одним із ключових шляхів підвищення біологічної стійкості, що розглядається в подальших розділах роботи. Таким чином, сучасна характеристика лісового фонду Полісся відображає складне переплетіння високого біологічного потенціалу та значної вразливості, зумовленої породною однорідністю та зміною екологічних умов зростання [4, 7].

Важливим аспектом характеристики лісового фонду Полісся, що безпосередньо впливає на його адаптивну здатність, є специфічна вікова структура насаджень. На сучасному етапі в регіоні спостерігається значний дисбаланс у розподілі площ за класами віку, що є наслідком інтенсивного лісовідновлення у другій половині ХХ століття. Переважну більшість лісового масиву становлять середньовікові насадження, частка яких у деяких лісгоспах сягає 50–60%. З точки зору екологічної стійкості така однорідність є критичним фактором ризику, оскільки саме насадження віком 40–60 років виявляють найвищу чутливість до гідрологічного стресу та стають першочерговими об'єктами поширення стовбурових шкідників. Водночас спостерігається дефіцит пристигаючих та стиглих деревостанів, що обмежує можливості для природного поновлення лісу та вилучення перестійних дерев, які часто стають осередками інфекцій і патогенів. Така вікова мозаїчність вимагає впровадження гнучких оборотів рубки та диференційованого підходу до догляду за лісом на різних етапах його онтогенезу [4, 7].

Запас деревини та показники поточного приросту в лісах Полісся свідчать про високий біопродуктивний потенціал регіону, проте ці цифри потребують критичного аналізу в контексті кліматичних змін. Загальний запас насаджень постійно зростає, що вказує на накопичення значної кількості біомаси, яка виступає потужним депонентом вуглецю. Однак висока щільність деревостанів у поєднанні

з дефіцитом вологи часто призводить до надмірної конкуренції між деревами за ресурси, що знижує індивідуальну стійкість кожної особини. Дослідження динаміки приросту за останні десятиліття фіксують тенденцію до його стагнації у хвойних лісостанах на сухих едатопах, що є чітким індикатором фізіологічного пригнічення екосистеми. Нагромадження сухостійної та захаращеної деревини, спричинене неможливістю вчасного проведення рубок догляду через безпекові або економічні причини, створює додаткове паливне навантаження, трансформуючи ліси Полісся у зони підвищеного пірогенного ризику [4, 7, 23, 28, 30].

Санітарний стан лісів Полісся на сучасному етапі можна охарактеризувати як такий, що перебуває під постійним патологічним тиском. Масові осередки всихання, що охоплюють тисячі гектарів соснових борів, стали не просто епізодичним явищем, а постійно діючим фактором деградації лісового фонду. Аналіз структури санітарних втрат показує, що основними причинами загибелі насаджень є комплексний вплив біотичних та абіотичних чинників, де первинне ослаблення через посухи завершується тотальним заселенням верхівковим короїдом та поширенням офіостомових грибів. Окрему увагу слід приділити стану лісових культур на «староорних» землях, де через порушення мікробіологічного складу ґрунту масово розповсюджується коренева губка, що призводить до передчасного розпаду насаджень вже у віці 30–40 років. Ця проблема є особливо актуальною для Житомирського та Рівненського Полісся, де історично великі площі сільськогосподарських угідь були передані під заліснення без належного врахування фітопатологічних ризиків [4, 7, 19].

Окрім класичних показників лісовпорядкування, важливе значення має оцінка природного поновлення як показника життєздатності екосистеми. У мішаних насадженнях Полісся під наметом головної породи часто формується життєздатний підріст дуба, берези та граба, що створює природну базу для поступової зміни поколінь та формування складних багатоярусних лісостанів. Проте в чистих соснових культурах природне поновлення часто пригнічене через

щільний шар мохово-лишайникового покриву або надмірне задерніння злаками у світлих типах лісу. Сприяння природному відновленню та відмова від суцільних культур на користь комбінованих методів лісовідновлення є одним із найбільш перспективних шляхів підвищення генетичної та структурної різноманітності лісів. Це дозволяє формувати насадження, які на генетичному рівні є більш адаптованими до локальних мікрокліматичних умов, порівняно з інтродукованим садивним матеріалом. Таким чином, сучасна характеристика лісів Полісся демонструє необхідність переходу від кількісних показників накопичення деревини до якісних характеристик екосистемної стійкості та біологічної різноманітності [4, 7].

2.3 Характеристика клімату

Кліматичні умови Українського Полісся є визначальним чинником формування лісорослинного потенціалу та стійкості біогеоценозів регіону. Клімат зони класифікується як помірно-континентальний, що характеризується відносно м'якою зимою з частими відлигами та теплим, затяжним літом. Формування погодних умов Полісся відбувається під переважаючим впливом західного перенесення повітряних мас, що приносить вологе атлантичне повітря, а також періодичного вторгнення арктичних та континентальних мас зі сходу та північного сходу. Суттєву роль у кліматичному режимі відіграє радіаційний баланс, який у регіоні має позитивні значення протягом більшої частини року. Середньорічна кількість сонячної радіації забезпечує достатній приплив тепла для активного проходження процесів фотосинтезу, проте за останні десятиліття спостерігається інтенсифікація інсоляції, що призводить до зростання випаровуваності з поверхні ґрунту та дзеркала водойм [4, 7].

Температурний режим Полісся зазнав найбільш суттєвих трансформацій за останні тридцять років, що підтверджується даними багаторічних метеорологічних спостережень. Середньорічна температура повітря в регіоні змістилася у бік

зростання на $1,5\text{--}2,0^{\circ}\text{C}$ порівняно з нормою середини ХХ століття. Зимовий період став значно теплішим, зі скороченням тривалості стійкого снігового покриву та частим чергуванням морозних періодів із глибокими відлигами. Це створює умови для фізіологічного розбалансування деревних порід, оскільки передчасне відновлення сокоруху під час лютневих відлиг призводить до пошкодження тканин наступними заморозками. Середня температура січня коливається в межах від -4°C до -8°C , проте абсолютні мінімуми дедалі рідше досягають критичних для лісової рослинності значень, що, з одного боку, сприяє виживанню теплолюбних видів, а з іншого – забезпечує успішну зимівлю осередків шкідників [4, 7].

Літній період характеризується стійкою тенденцією до зростання середньомісячних температур, особливо у липні та серпні, коли середні значення часто перевищують $+20\text{--}22^{\circ}\text{C}$. Особливу небезпеку для лісів становлять так звані «хвилі тепла», коли максимальні температури протягом тривалого часу утримуються на позначках $+30^{\circ}\text{C}$ і вище. Це спричиняє надмірне транспіраційне навантаження на деревостани, виснажуючи їхні внутрішні ресурси вологи. Кількість днів із критично високими температурами за останнє десятиліття зросла вдвічі, що безпосередньо корелює з активізацією процесів всихання соснових масивів. Тривалість вегетаційного періоду на Поліссі наразі становить близько 190–210 днів, що створює умови для розвитку додаткових генерацій комах-фітофагів, про що вже згадувалося в контексті біотичних викликів [4, 7].

Важливою характеристикою клімату регіону є зміна тривалості безморозного періоду та зміщення дат стійкого переходу температури через поріг $+5^{\circ}\text{C}$ та $+10^{\circ}\text{C}$. Весняні процеси на Поліссі стали більш стрімкими, а перехід від зимового спокою до активної вегетації часто супроводжується різким дефіцитом вологи в орному та підстилковому горизонтах ґрунту через швидке танення снігу та відсутність весняних дощів. Це зумовлює вразливість лісових культур першого року посадки, які не встигають сформувати потужну кореневу систему до настання літнього піку температур. Таким чином, температурний режим сучасного Полісся демонструє

чіткий вектор до аридизації, що змушує розглядати ліс не як стабільну систему, а як об'єкт, що перебуває у стані постійного теплового стресу, який потребує нових підходів до районування та вибору асортименту порід [4, 7, 12, 13].

Режим атмосферного зволоження Українського Полісся, який історично характеризувався як зона достатнього та стабільного зволоження, на сучасному етапі зазнає глибоких структурних змін. Середньорічна сума опадів у регіоні залишається в межах 550-650 мм, проте їхній внутрішньорічний розподіл став вкрай нерівномірним, що докорінно змінює водний баланс лісових екосистем. Спостерігається чітка тенденція до перерозподілу опадів у бік зимового періоду, де вони все частіше випадають у вигляді дощів або мокрого снігу, що не забезпечує формування стійкого снігового покриву та поступового весняного вологозарядження ґрунту. У літній період опади все частіше набувають зливого характеру, коли за кілька годин може випасти місячна норма вологи. Така форма опадів на піщаних та супіщаних ґрунтах Полісся є малоефективною, оскільки вода не встигає поглинатися кореневими системами деревостанів, стікаючи в пониження рельєфу або швидко фільтруючись у глибокі горизонти поза зоною ризосфери [4, 7, 12, 13].

Важливим індикатором кліматичного стресу для лісів є дефіцит вологості повітря, який у липні-серпні дедалі частіше досягає критичних значень. Зниження відносної вологості повітря нижче 30% у поєднанні з високими температурами створює умови для інтенсивного випаровування, що призводить до закриття продихів у хвої сосни та припинення процесів фотосинтезу. Для інтегральної оцінки умов зволоження у лісівничій практиці традиційно використовується гідротермічний коефіцієнт Селянінова (ГТК), який для Полісся останніми роками все частіше опускається нижче одиниці (0,7–0,9), що відповідає умовам недостатнього зволоження, характерним для Лісостепу. Така «степизація» клімату Полісся є основним абіотичним чинником, що зумовлює масове ослаблення насаджень і створює сприятливий фон для поширення ксилофагів [4, 7, 12, 13].

Вітровий режим регіону також демонструє тенденції до посилення екстремальності. Хоча середні швидкості вітру залишаються помірними, зростає частота шквалів та смерчеподібних явищ, пов'язаних із проходженням активних атмосферних фронтів у літній період. Для соснових лісів Полісся, які часто мають поверхневу кореневу систему через високий рівень ґрунтових вод у минулому, такі пориви вітру становлять значну загрозу, призводячи до масових вітровалів та буреломів. Пошкоджена деревина на лісосіках вітровалів стає ідеальним субстратом для розмноження стовбурових шкідників, що перетворює поодинокі випадки пошкоджень на масштабні патологічні осередки. Окрім того, посилення вітрової активності у посушливі періоди сприяє швидкому поширенню лісових пожеж, перетворюючи низові загоряння на катастрофічні верхові пожежі, що є особливо характерним для загущених соснових молодняків [4, 7, 12, 13].

Резюмуючи характеристику об'єкта дослідження, слід констатувати, що ліси Українського Полісся перебувають у стані динамічної трансформації, зумовленої накладанням несприятливих кліматичних трендів на антропогенно змінений ландшафт. Поєднання підвищеного температурного фону, дефіциту ефективних опадів та зміни гідрологічного режиму створює комплексний дестабілізуючий ефект. Фізико-географічні особливості регіону, зокрема панування легких піщаних ґрунтів із низькою вологоємністю, лише посилюють негативний вплив кліматичної аридизації. Таким чином, сучасна характеристика Поліської зони підтверджує, що існуючі межі лісорослинного районування потребують уточнення, а стратегії ведення лісового господарства – негайної адаптації до умов, що стають дедалі ближчими до умов посушливого Лісостепу. Це створює об'єктивне підґрунтя для переходу до наступних етапів роботи, де буде проведено детальний аналіз конкретних викликів та розроблено шляхи підвищення стійкості насаджень у цих складних екологічних умовах.

Висновки до розділу 2. Аналіз фізико-географічних, лісівничих та кліматичних умов Українського Полісся свідчить, що регіон зазнає серйозних

екологічних змін. Панування бідних піщаних ґрунтів із низькою здатністю утримувати вологу в поєднанні з порушеною через меліорацію водною мережею робить місцеві ліси дуже вразливими. Ситуація ускладнюється структурою самого лісового фонду, де понад 60% площі займають чисті соснові насадження штучного походження. Створені у повоєнний період одновікові та одноярусні сосняки мають низьку природну стійкість до вогню та шкідників, а масове всихання хвойних лісів на староорних землях через поширення кореневої губки набуло хронічного характеру.

Головним рушієм погіршення стану лісів є стрімке потепління. За останні тридцять років середньорічна температура повітря зросла на 1,5–2,0°C, що призвело до м'яких зим без стабільного снігового покриву та появи тривалих літніх «хвиль тепла». Хоча загальна кількість опадів майже не змінилася, їхній розподіл став нерівномірним: літні дощі часто мають зливовий характер, через що вода швидко просочується крізь пісок, не живлячи коріння дерев. Зниження вологості повітря та падіння гідротермічного коефіцієнта Селянінова нижче одиниці свідчать про поступове наближення умов Полісся до посушливого Лісостепу. Такі зміни викликають постійний тепловий стрес у дерев, подовжують пожежонебезпечний період і створюють ідеальні умови для масового розмноження верхівкового короїда, що вимагає термінової адаптації лісогосподарських практик у регіоні.

РОЗДІЛ 3

МЕТОДИКА ЗБОРУ, ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ПЕРВИННА ОБРОБКА ДОСЛІДНОГО МАТЕРІАЛУ

3.1 Методика збору дослідних даних

Методологічна основа даного дослідження базується на комплексному поєднанні традиційних лісівничо-таксаційних методів та сучасних інструментів геоінформаційного аналізу, що дозволяє забезпечити високу достовірність результатів. Емпіричну базу роботи склали первинні дані державного лісовпорядкування, зібрані за період останнього ревізійного циклу, а також результати поточного моніторингу санітарного стану лісів Українського Полісся. Основним джерелом інформації виступили таксаційні описи та планшети лісових масивів, надані державними спеціалізованими лісозахисними підприємствами (зокрема ДСЛП «Вінницялісозахист» та «Київлісозахист», що опікуються Житомирським та Рівненським регіонами). Збір даних здійснювався шляхом викопіювання характеристик цільових насаджень, де зафіксовані процеси масового всихання, зміна повноти та погіршення категорії санітарного стану.

Процес формування бази даних передбачав ретроспективний аналіз матеріалів лісовпорядкування, що дозволило відстежити динаміку стану лісового фонду за останні десять років. Для аналізу сучасних викликів використовувалися відомості щодо осередків шкідників та хвороб (Форма № 1-лп), а також акти лісопатологічних обстежень, які містять детальну інформацію про причини ослаблення деревостанів, їхній віковий склад та типологічну приналежність. Важливим етапом збору інформації стала систематизація даних щодо площ та інтенсивності лісових пожеж, які були отримані з офіційних звітів територіальних органів Державного агентства лісових ресурсів України. Такий підхід забезпечив

можливість вивчення кумулятивного ефекту біотичних та абіотичних чинників на стійкість насаджень.

Окрім відомчої статистики, у роботі активно задіяні методи дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), що є критично важливим для аналізу важкодоступних або небезпечних через мінування ділянок Полісся. Методика передбачала використання супутникових знімків систем Sentinel-2 та Landsat-8/9, отриманих через відкриті ресурси Європейського космічного агентства (ESA). Первинна обробка космічних знімків включала атмосферну корекцію та розрахунок спектральних індексів, зокрема нормалізованого відносного вегетаційного індексу (NDVI), що дозволило об'єктивно оцінити динаміку фітомаси та виявити приховані осередки деградації лісів ще до появи візуальних ознак всихання. Поєднання наземних таксаційних даних із результатами супутникового моніторингу дозволило верифікувати отриману інформацію та створити репрезентативну вибірку для подальшого аналізу.

Для характеристики кліматичних викликів методикою передбачено збір та обробку метеорологічних даних за період з 1991 по 2025 роки. Джерелами кліматичної інформації виступили архіви Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського та дані найближчих до об'єктів дослідження метеостанцій (Житомир, Овруч, Сарни). Методика збору включала вибірку показників середньодобової температури повітря, місячних сум опадів та значень відносної вологості повітря. Це дозволило розрахувати інтегральні показники напруженості гідротермічного режиму, такі як гідротермічний коефіцієнт Селянінова та індекс сухості. Отриманий масив даних був структурований у програмному середовищі Microsoft Excel для подальшої математико-статистичної обробки, що забезпечило можливість встановлення кореляційних зв'язків між кліматичними аномаліями та санітарним станом лісів.

Увесь зібраний матеріал пройшов первинну перевірку на повноту та логічну несуперечливість, що дозволило сформувати надійний інформаційний фундамент

для проведення власних розрахунків та розробки шляхів підвищення стійкості лісових екосистем Полісся. Такий комплексний підхід до збору дослідних даних гарантує всебічне охоплення досліджуваної проблеми та відповідність роботи вимогам наукової новизни та практичної значущості.

Додатковим етапом методики збору даних стало формування репрезентативної вибірки дослідних ділянок, що базувалося на методі стратифікації лісового фонду за типологічними та віковими ознаками. Для забезпечення об'єктивності аналізу викликів було відібрано насадження, що належать до найбільш поширених типів лісорослинних умов Полісся – свіжих та вологих суборів (B2, B3), де процеси всихання мають найбільш виражений характер. Методика передбачала аналіз не лише окремих виділів, а й цілих лісових кварталів, що дозволило оцінити ландшафтну поширеність деградаційних процесів. У процесі роботи з таксаційними описами особлива увага приділялася таким показникам, як клас бонітету, повнота, тип лісу та частка участі головної породи у складі деревостану. Це дозволило сформувати порівняльні таблиці, у яких зіставлено стан природних лісів та лісових культур, що є критично важливим для розуміння стійкості насаджень різного походження.

Важливим компонентом збору інформації стала робота з планшетними лісовпорядкуваннями та картосхемами лісових масивів. Методика передбачала оцифрування меж осередків масового розмноження шкідників та зон лісових пожеж для їх подальшого накладання на цифрові карти рельєфу та гідрологічної мережі. Це було реалізовано за допомогою інструментів просторового аналізу, що дозволило виявити кореляцію між рівнем залягання ґрунтових вод (на основі цифрових моделей висот) та інтенсивністю відпаду дерев. Для верифікації даних щодо санітарного стану використовувалися матеріали державного електронного обліку деревини та публічні карти моніторингу вирубок, що дало змогу перевірити відповідність фактично проведених санітарно-оздоровчих заходів офіційно зафіксованим обсягам всихання.

З метою врахування фактора безпеки та воєнного впливу, методика збору даних включала опрацювання відкритих реєстрів щодо пожеж на замінованих територіях та звітів екологічних інспекцій щодо шкоди, завданої лісовим екосистемам внаслідок бойових дій. У тих випадках, коли натурне обстеження ділянок було неможливим, основний акцент зміщувався на аналіз часових серій супутникових даних високої розрізної здатності. Це дозволило реконструювати історію розвитку процесів всихання лісу на конкретних ділянках Полісся за останні три роки. Весь масив зібраної первинної інформації проходив процедуру логічного контролю та вибракування аномальних значень, що могли виникнути внаслідок помилок при первинній таксації. Такий багаторівневий підхід до збору та фільтрації дослідних даних дозволило створити цілісну інформаційну модель, яка адекватно відображає сучасний стан лісів Полісся та слугує надійною базою для розробки прогнозних моделей розвитку екосистем у наступних частинах роботи.

3.2 Характеристика дослідного матеріалу

Дослідний матеріал у даній роботі представлений сукупністю геопросторових даних, отриманих за допомогою спеціалізованих вебплатформ та інтерактивних систем моніторингу лісових ресурсів. Використання таких інструментів дозволило сформувати об'єктивну базу даних, яка поєднує глобальні тренди змін клімату з локальними особливостями санітарного стану лісів Українського Полісся. Характеристика матеріалу базується на візуалізації та аналітичному опрацюванні інформації з декількох ключових джерел, кожне з яких відіграє специфічну роль у структурі дослідження.

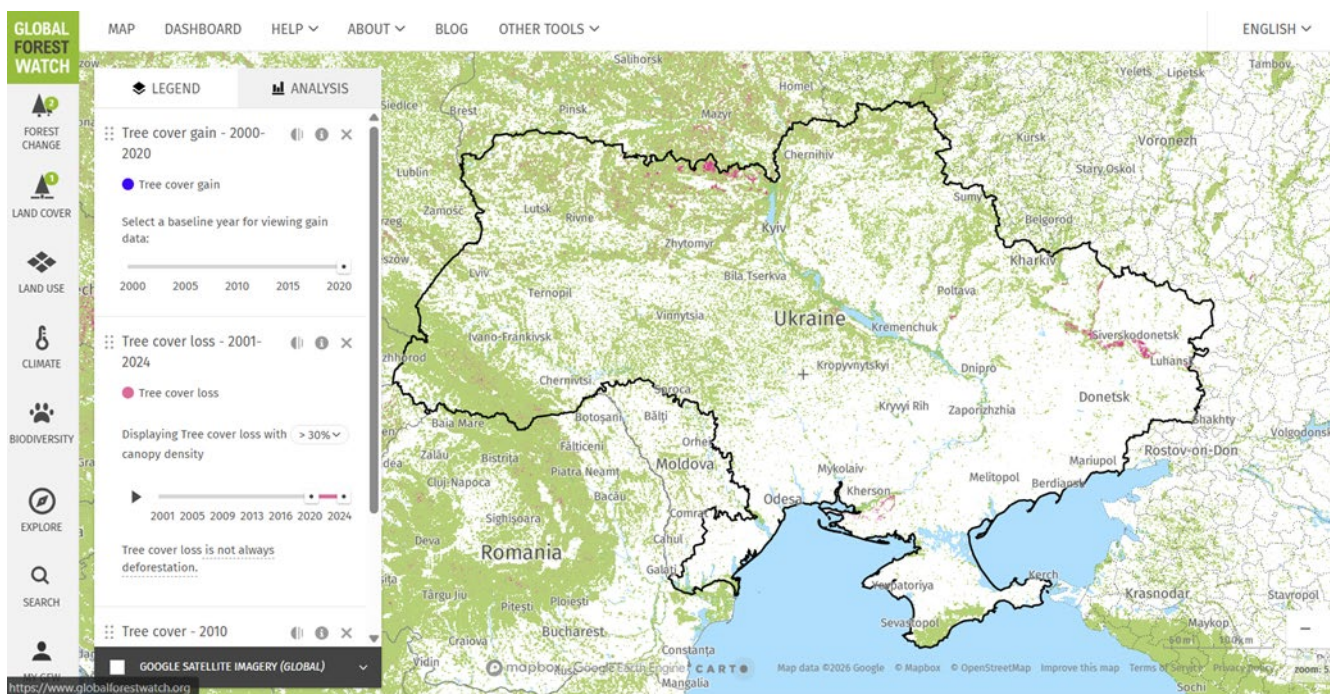


Рис. 3.1. Головна сторінка *Global Forest Watch*

Важливим компонентом дослідних даних є матеріали платформи *Global Forest Watch*, яка являє собою інтерактивну онлайн-систему для глобального моніторингу лісових масивів у режимі реального часу. Платформа інтегрує дані супутникового знімання, алгоритми штучного інтелекту та хмарні обчислення для виявлення динаміки лісового покриття. У межах даної роботи цей ресурс використовувався як інструмент для ретроспективного аналізу втрат лісу в межах Поліського регіону. Характеристика даних із цього джерела дозволяє встановити загальну площу деградації насаджень та ідентифікувати зони найбільш інтенсивного антропогенного та природного впливу за останні десятиліття. Роль платформи полягає у забезпеченні макроскопічного погляду на проблему всихання лісів, що дозволяє вийти за межі локальної звітності окремих лісгоспів.



Рис. 3.2. Платформа Copernicus

Для детального аналізу фізіологічного стану деревостанів залучено дані сервісу EO Browser, який надає доступ до архівів супутникових знімків європейського сузір'я Sentinel. Ця платформа характеризується високим рівнем функціональності, дозволяючи накладати різні спектральні індекси на одну й ту саму територію. У дослідженні цей матеріал представлений серією знімків, оброблених за допомогою вегетаційного індексу NDVI. Роль EO Browser у роботі полягає у можливості проведення мультитемпорального аналізу, тобто порівняння стану лісу в різні вегетаційні періоди. Це дозволило зафіксувати етапи поступового ослаблення насаджень, які часто залишаються непомітними під час наземної таксації, але чітко проявляються у зміні спектральної відбивної здатності хвої та листя.

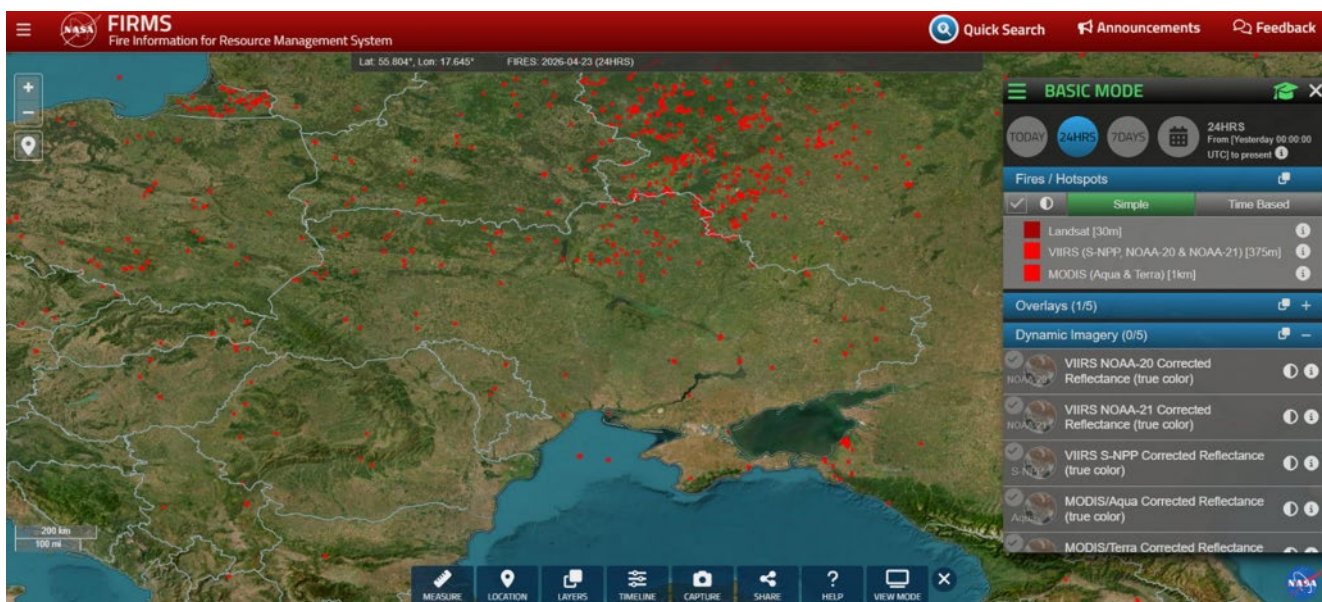


Рис. 3.3. Карта NASA FIRMS з активними точками (вогниками) на півночі України

Окрему групу дослідних матеріалів складають дані системи NASA FIRMS, яка спеціалізується на виявленні та візуалізації теплових аномалій по всьому світу. Платформа базується на даних сенсорів MODIS та VIIRS, що дозволяє оперативно ідентифікувати осередки лісових пожеж. Характеристика цих даних у роботі дозволяє простежити просторову та часову динаміку пірогенної активності у лісах Полісся. Роль FIRMS полягає у підтвердженні гіпотези про зростання пожежної небезпеки на ділянках масового всихання, оскільки система фіксує не лише факт загоряння, а й інтенсивність теплового випромінювання, що є важливим для оцінки шкоди, завданої екосистемі.

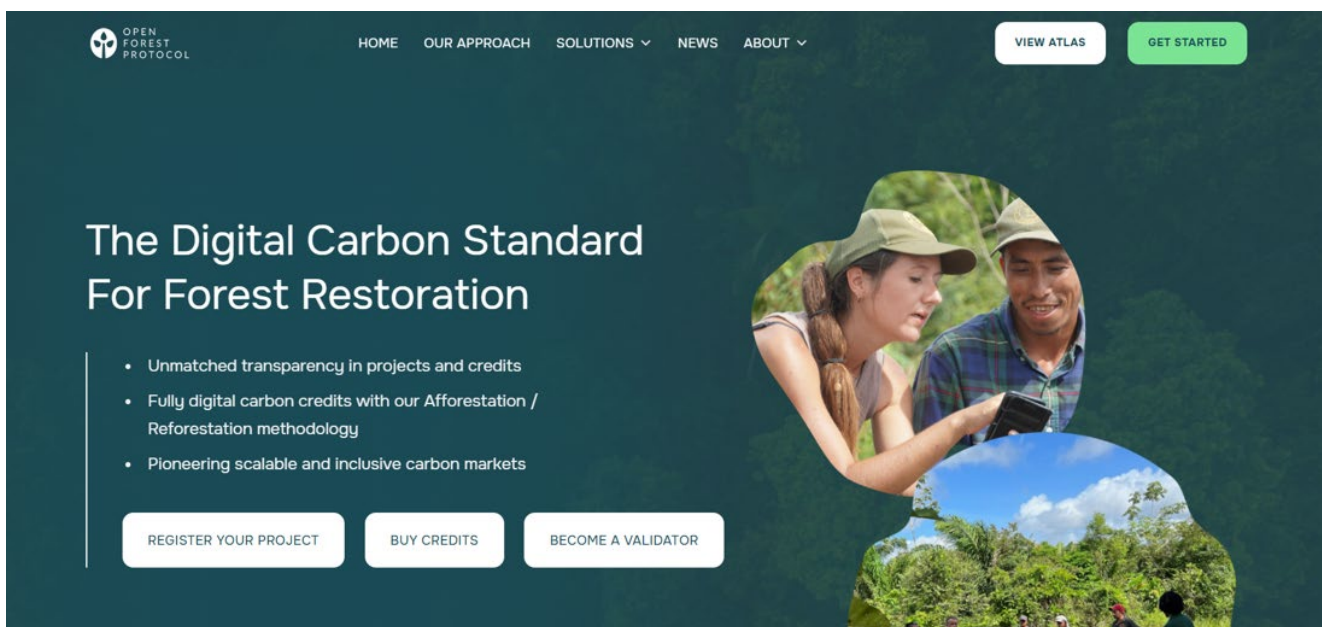


Рис. 3.4. Сайт *Open Forest*

Завершальним блоком дослідного матеріалу є інформація з порталу Open Forest та інтерактивної карти «Ліс у смартфоні». Ці вітчизняні ресурси забезпечують доступ до державного реєстру лісорубних квитків та планів лісогосподарських заходів. Характеристика матеріалу з цих платформ дозволила верифікувати дані дистанційного зондування з офіційною звітністю. Роль цих джерел у дослідженні полягає у забезпеченні юридичної та фактичної точності аналізу, оскільки вони дозволяють чітко розмежувати планові господарські заходи від вимушених санітарних рубок у осередках шкідників. Таким чином, поєднання глобальних та національних інформаційних платформ дозволило сформувати цілісний і достовірний масив даних, що відповідає сучасним стандартам лісівничої науки та забезпечує надійність висновків бакалаврської роботи.

Висновки до розділу 3. Методологія дослідження базується на поєднанні традиційної лісової таксації та сучасних геоінформаційних інструментів. Наземну базу роботи склали матеріали лісовпорядкування за останні 10 років, акти лісопатологічних обстежень, дані про осередки хвороб та офіційні звіти щодо лісових пожеж. Кліматичні виклики оцінено на основі щоденних метеоданих

станцій Житомира, Овруча та Сарн за 1991–2025 роки, що дозволило розрахувати гідротермічний коефіцієнт Селянінова.

Для дистанційного моніторингу лісів Полісся залучено дані супутників Sentinel-2 і Landsat-8/9. За допомогою платформи Global Forest Watch проаналізовано загальні втрати лісового покриву, а сервіс Copernicus (EO Browser) дозволив розрахувати вегетаційний індекс NDVI для раннього виявлення всихання крон. Просторову динаміку пожеж відстежено через систему NASA FIRMS, а ресурси Open Forest та «Ліс у смартфоні» використано для верифікації супутникових знімків з офіційною звітністю лісгоспів. Такий підхід забезпечив високу точність збору матеріалу навіть для важкодоступних через мінування прикордонних ділянок.

РОЗДІЛ 4

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ І ПРОГНОЗОВАНИХ ВИКЛИКІВ ДЛЯ ЛІСІВ УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ ТА ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЇХНЬОЇ СТІЙКОСТІ

4.1 Кліматичні зміни та їх вплив на ліси Українського Полісся: сучасний стан і тенденції

Сучасний екологічний стан лісових масивів Українського Полісся свідчить про розгортання глибокої системної кризи, першопричиною якої є інтенсифікація глобальних та регіональних кліматичних змін. Аналіз метеорологічних трендів останніх десятиліть фіксує стійке порушення багаторічного гідротермічного балансу, що виражається у випереджаючому зростанні середньорічних температур повітря на тлі хронічної дестабілізації режиму атмосферного зволоження. Для лісових екосистем Поліського регіону, які історично формувалися під впливом прохолодного літа та стабільного надлишкового зволоження, така стрімка зміна базових біокліматичних параметрів стала потужним дестабілізуючим чинником, що запускає ланцюгову реакцію деградації деревостанів на ландшафтному рівні.

Головним температурним маркером поточної кліматичної трансформації є суттєве зміщення термічних меж сезонів та фіксація екстремальних температурних аномалій у вегетаційний період. Підвищення середньої температури теплого періоду року призводить до різкого збільшення потенційного випаровування (транспірації) з лісових територій. Коли показники термометра тривалий час утримуються на відмітках, що перевищують кліматичну норму, деревна рослинність зазнає критичного теплового стресу. Це явище супроводжується фізіологічним виснаженням рослинних організмів через закриття продихового апарату, що є захисним механізмом проти надмірної втрати вологи, але водночас призводить до блокування процесів фотосинтезу та зупинки нагромадження сухої

речовини. Внаслідок цього суттєво знижується індивідуальний імунітет дерев та їхня природна здатність протистояти зовнішнім патогенам.

Особливу небезпеку для лісових фітоценозів становить трансформація структури та характеру випадання атмосферних опадів. Попри те, що загальна річна сума опадів у регіоні зазнає відносно незначних коливань, їхній внутрішній розподіл набув вираженого дискретного і деструктивного характеру. Традиційні для Полісся тривалі обкладні дощі помірної інтенсивності, які забезпечували якісне насичення коренезалежного шару ґрунту, все частіше замінюються тривалими бездошовими періодами, що перериваються короткочасними зливами. За умов панування легких за гранулометричним складом дерново-підзолистих піщаних ґрунтів злива нездатна забезпечити ефективне зволоження ризосфери: значна частина води швидко стікає по мікропониженнях або миттєво фільтрується крізь верхні горизонти, стаючи недоступною для корневих систем деревних порід.

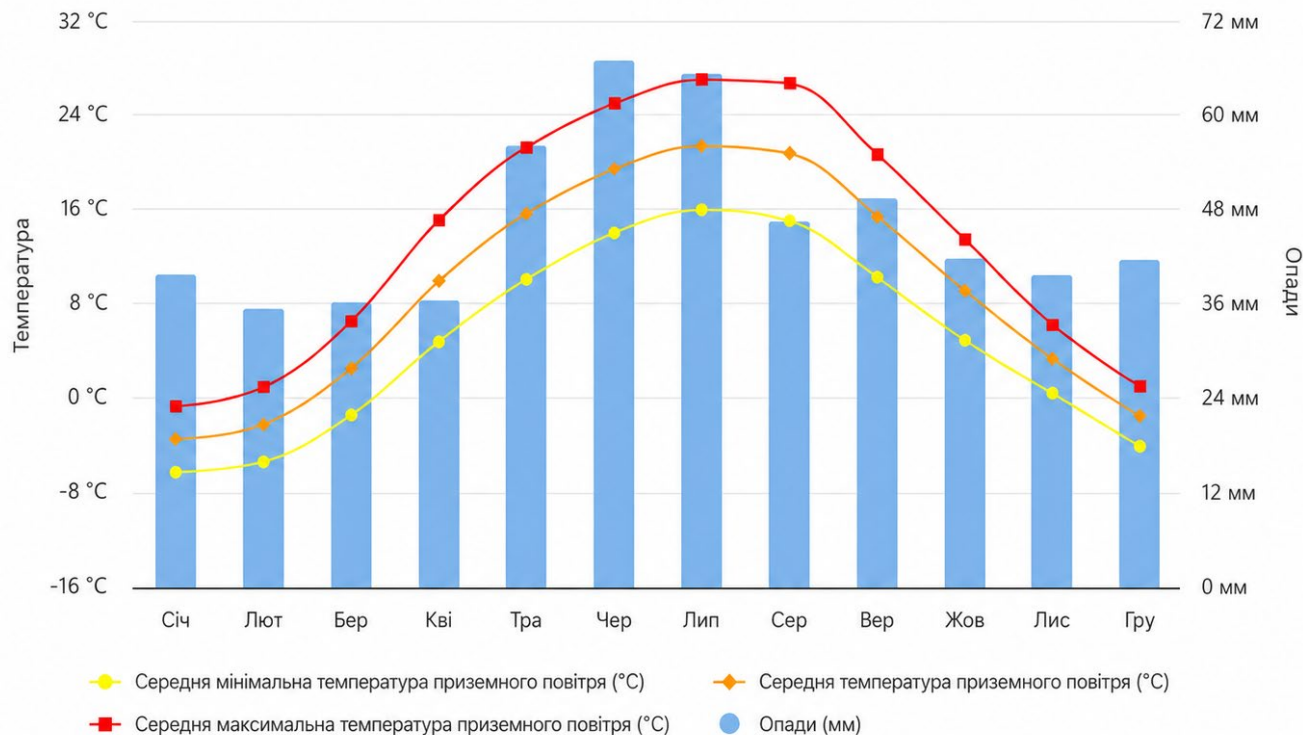


Рис. 4.1. Спостережуваний сезонний хід температури повітря та опадів в Україні за 1991–2020 рр. (Джерело: *World Bank Group*)

Наведені дані (рис. 4.1) демонструють сезонну нерівномірність розподілу температури повітря та атмосферних опадів. Найвищі температури припадають на літні місяці, коли одночасно зростає транспіраційне навантаження на деревостани. Для соснових насаджень Полісся це має важливе значення, оскільки саме у теплий період року формується найбільший дефіцит доступної вологи у ґрунті.

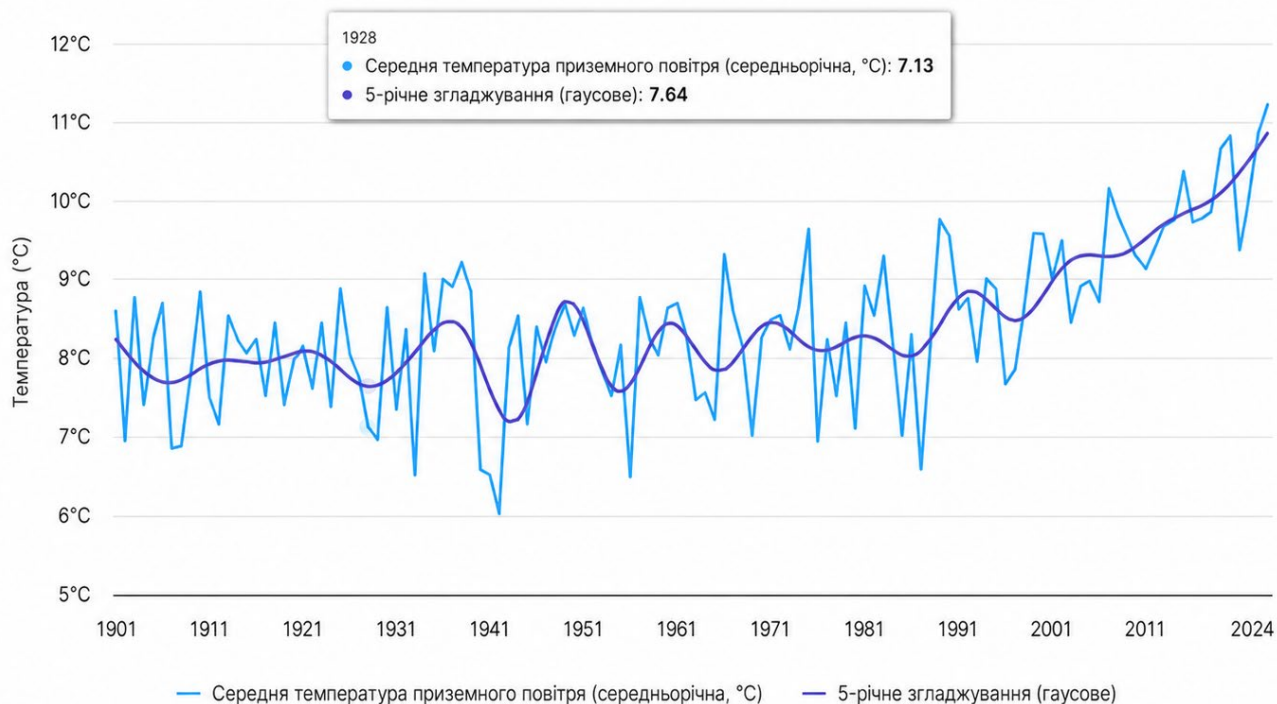


Рис. 4.2. Динаміка середньорічної температури приземного повітря в Україні у 1901–2024 рр. (Джерело: *World Bank Group*)

Динаміка середньорічної температури (рис. 4.2) повітря свідчить про чітку тенденцію до потепління, особливо помітну з кінця XX — початку XXI століття. Зростання температурного фону посилює випаровування вологи з ґрунту, збільшує тривалість посушливих періодів і створює передумови для фізіологічного ослаблення деревостанів.

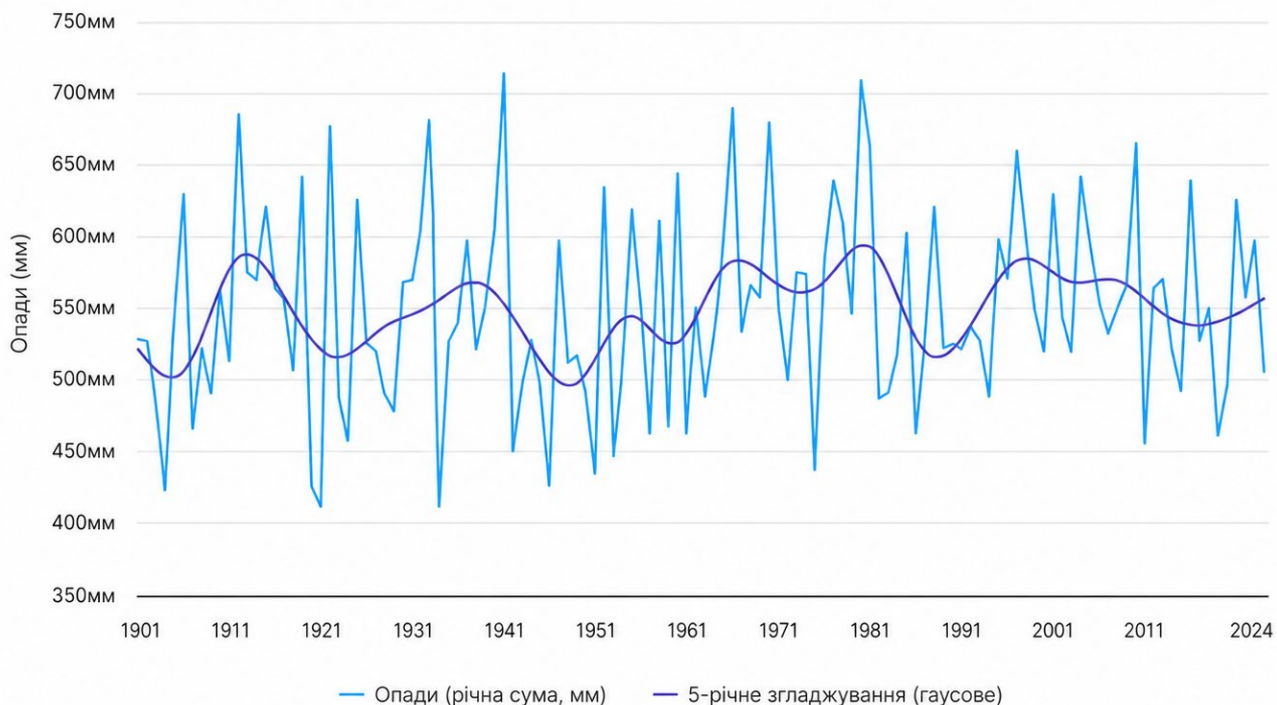


Рис. 4.3. Динаміка річної кількості атмосферних опадів в Україні у 1901–2024 рр. (Джерело: *World Bank Group*)

На відміну від температури, річна кількість опадів (рис. 4.3) характеризується значною міжрічною мінливістю без такого вираженого стабільного зростання. Це означає, що потепління не супроводжується пропорційним збільшенням зволоження. Для лісів Полісся особливо небезпечним є поєднання вищих температур із нестабільним режимом опадів, оскільки навіть за відносно достатньої річної суми опадів їх нерівномірний розподіл може спричиняти літній дефіцит вологи.

Кумулятивний ефект зазначених температурних та гідрологічних аномалій чітко простежується за допомогою динаміки інтегральних кліматичних індексів, насамперед гідротермічного коефіцієнта Селянінова. Фіксація значень цього показника на рівнях, суттєво нижчих за одиницю протягом кількох місяців поспіль, свідчить про перехід Поліського регіону у фазу напруженої аридизації, що за своїми екологічними параметрами наближає його до умов посушливого Лісостепу.

Хронічний дефіцит вологи в поєднанні з тривалими хвилями тепла провокує запуск процесів «ксерофітизації» лісових умов, що призводить до каскадного відмирання найбільш вологолюбних елементів підліску та живого надґрунтового покриву, змінюючи фітоценотичну структуру і створює умови для масового всихання головної породи регіону – сосни звичайної.

Критичним наслідком тривалого гідротермічного дисбалансу стала кардинальна перебудова гідрологічних умов Поліського ландшафту, що виражається у стрімкому падінні рівня залягання ґрунтових вод. Лісові екосистеми регіону, які історично адаптувалися до високого ступеня зволоження та поверхневого розташування водоносних горизонтів, опинилися в умовах глибокого водного дефіциту. Ситуація ускладнюється тривалим впливом меліоративної інфраструктури минулого століття, яка за умов сучасного клімату діє як фактор прискореного відведення залишків вологи з лісових масивів. Коли рівень ґрунтових вод опускається нижче критичної позначки у два метри, кореневі системи сосни звичайної, які мають переважно поверхневий або якірно-поверхневий характер, втрачають безпосередній контакт із капілярною облямівкою водоносного шару. Це призводить до виникнення явища хронічного фізіологічного голодування деревостанів, оскільки висхідний потік поживних речовин по ксилемі різко уповільнюється або повністю блокується.

Фізіологічний механізм руйнування біологічної стійкості хвойних лісостанів під впливом посухи пов'язаний із порушенням водопровідної системи дерев та блокуванням руху поживних речовин по стовбуру. За умов екстремального дефіциту ґрунтової вологи та одночасного високого транспіраційного запиту атмосфери всередині водопровідної системи дерева виникає надто високий негативний тиск. Це призводить до розриву водяних ниток у трахеїдах сосни та заповнення їх бульбашками повітря, що унеможливорює подальше транспортування води до асиміляційного апарату. Ослаблені таким чином дерева втрачають здатність до смоловиділення, яке є головним природним бар'єром проти заселення

стовбуровими шкідниками. Зниження тиску живиці робить лісові культури беззахисними перед первинними атаками комах-фітофагів, трансформуючи локальний кліматичний стрес у масштабну патологічну кризу насаджень Полісся.

Сучасні тенденції кліматичних змін також демонструють суттєве подовження тривалості пожежонебезпечного періоду, який тепер розпочинається у ранньовесняні місяці та триває до пізньої осені. Відсутність стабільного снігового покриву у зимовий період призводить до того, що лісова підстилка та опад не проходять стадії глибокого зимового насичення вологою. Весняні вітри швидко висушують верхній горизонт ґрунту та накопичений сухостій, створюючи ідеальні умови для виникнення та швидкого поширення низових пожеж високої інтенсивності. Кліматичні тренди останніх років фіксують зростання частоти виникнення сухих гроз у літній період, що за умов загального пересушування ландшафту стає додатковим природним фактором займання лісових масивів. Таким чином, сучасний клімат Полісся виступає потужним лімітуючим чинником, що не лише безпосередньо пригнічує фізіологічні процеси деревних порід, а й створює каталітичний фон для розвитку інших деструктивних біотичних та абіотичних явищ.

Важливим ландшафтним наслідком тривалого теплового та гідрологічного стресу є поступова деструкція екотонних зв'язків та зміщення меж лісорослинних зон, що в довгостроковій перспективі загрожує повній трансформації типологічного складу Полісся. Наростаюча сухість клімату призводить до того, що південні види рослин, притаманні лісостеповій зоні, дедалі глибше проникають у межі піщаних рівнин, витісняючи місцеві мохово-лишайникові та вологолюбні угруповання. Такий зсув кліматичних оптимумів створює ситуацію, за якої сосна звичайна на найбільш збіднених піщаних субстратах втрачає статус абсолютної домінанти. Замість формування високопродуктивних одновидових лісостанів, спостерігається деградація насаджень, яка супроводжується розпадом намету лісу

та задернінням міжкronових просторів агресивними злаковими видами, зокрема куничником наземним, що сильно перешкоджає природному лісовідновленню.

Зміна тривалості та термічного режиму пізньоосінніх і ранньовесняних періодів також порушує синхронізацію між фенологічними фазами лісових дерев та життєвими циклами асоційованої мікрофлори й мікобіоти. Передчасне настання позитивних температур у лютому чи березні активізує мікробіологічні процеси у лісовій підстилці, проте за відсутності достатнього сніготанення цей процес завершується швидкою мінералізацією органічної речовини без належного засвоєння азотних сполук корінням дерев. Внаслідок цього порушуються трофічні ланцюги у ризосфері, що послаблює мікоризні зв'язки, які є критично важливими для живлення хвойних порід на бідних едатопах. Ослаблення мікоризи суттєво знижує здатність деревостанів поглинати навіть ті мікроелементи та залишки вологи, які залишаються у нижніх ґрунтових горизонтах, що замикає порочне коло фізіологічного пригнічення лісових біогеоценозів Полісся.

Аналіз просторового розподілу кліматичного навантаження вказує на те, що найбільших трансформацій зазнають насадження, розташовані вздовж периферійних зон та на межі з інтенсивно використовуваними агроландшафтами. Створюваний у таких місцях крайовий ефект посилює дію суховіїв та підвищує температурний фон усередині лісових масивів на кілька градусів порівняно з глибинними ділянками. Це призводить до прискореної втрати вологи через транспірацію саме на межах лісництв, формуючи первинні вогнища радіального всихання крон. Таким чином, сучасні кліматичні тенденції на Поліссі характеризуються не просто зміною окремих метеопараметрів, а комплексним руйнуванням середовищеформуючих функцій лісу, що вимагає радикального перегляду класичних лісівничих парадигм і плавного переходу до детального аналізу супутніх біотичних та абіотичних загроз.

4.2 Сучасні біотичні та абіотичні загрози: шкідники, хвороби, пожежі в умовах змін клімату

Новим небезпечним викликом для Українського Полісся став перехід лісових пожеж у категорію катастрофічних, що підтверджують події 2020 року. Головною передумовою їхнього розвитку до таких масштабів став тривалий бездощовий період (близько місяця без опадів) у поєднанні з поривами вітру до 15–25 м/с. У квітні 2020 року на території Народицького та Овруцького районів Житомирської області виникли дві надзвичайні ситуації регіонального рівня. Перша пожежа поблизу с. Звіздаль охопила площу 7 тис. га. Друга хвиля пожеж виникла із семи осередків займання і швидко поширилася на територію восьми лісових господарств області, охопивши загальну площу 35 тис. га. Аналогічна катастрофічна ситуація трапилася у Чорнобильському заповіднику, де вогонь пройшов 67,4 тис. га.



Рис. 4.4. Залишки с. Крива Гора після пожежі у квітні 2020 р. (фото Дениса Вишневського)

Руйнівна дія верхівкового короїда посилюється його специфічним консортивним зв'язком із комплексом фітопатогенних мікроміцетів, насамперед офіостомовими грибами. Під час заселення дерева комахи заносять спори грибів у провідні тканини ксилеми, де міцелій патогена починає стрімко розвиватися, проростаючи у судини й викликаючи їхню механічну та ферментативну закупорку. Цей процес, відомий як гострий трахеомікоз сосни, призводить до повного припинення висхідного току води від кореневої системи до крони, внаслідок чого дерево всихає за лічені тижні, часто зберігаючи інтенсивне руде забарвлення хвої. Окрім верхівкового короїда, у послаблених деревостанах фіксується зростання щільності популяцій інших стовбурових шкідників, таких як шестиzubий короїд (*Ips sexdentatus*), великий та малий соснові лубоїди, які заселяють нижню частину стовбура, завершуючи процес повної деструкції лісостану та роблячи його непридатним для заготівлі якісної ділової деревини.



Рис. 4.5. Пошкодження луб'яної частини стовбура сосни короїдами (фото автора)

Наведене пошкодження (рис. 4.5) ілюструє характерний тип ураження луб'яної частини стовбура сосни стовбуровими шкідниками. Формування ходів під корою порушує транспортування води та поживних речовин, що прискорює ослаблення дерева і створює передумови для його подальшого всихання. У поєднанні з посухами, зниженням смоловиділення та розвитком супутніх фітопатогенних грибів такі ураження формують один із ключових механізмів деградації соснових насаджень Полісся.

Паралельно з поширенням комах-шкідників спостерігається інтенсифікація хронічних фітопатологічних процесів у підземній сфері лісових фітоценозів, де головною загрозою залишається коренева губка (*Heterobasidion annosum*). Найбільш масштабні та небезпечні осередки цього патогена зосереджені в штучних соснових культурах, створених на колишніх сільськогосподарських угіддях, де відсутність природних взаємозв'язків та бідність ґрунтової мікрофлори дозволяють грибу безперешкодно поширюватися через кореневі контакти. Уражені кореневою губкою дерева втрачають якірну здатність та здатність до повноцінного водопоглинання, формуючи первинні куртини всихання, які згодом миттєво заселяються стовбуровими шкідниками. На тлі високих літніх температур також зафіксовано спалахи диплодіозу сосни (*Diplodia pinea*), який викликає відмирання верхівкових пагонів та хвої молодняків, суттєво знижуючи успішність лісовідновлювальних робіт на зрубках.

Катастрофічний характер в умовах кліматичної аридизації мають абіотичні загрози, серед яких за масштабами руйнування перше місце посідають лісові пожежі. Накопичення значних обсягів сухостійної деревини та захащеності в осередках всихання короїда у поєднанні з тривалими періодами бездощів'я трансформували пірологічний режим Полісся. Традиційні низові пожежі за умов сильного вітру та дефіциту вологості повітря миттєво переходять у категорію верхових мега-пожеж, які характеризуються високою швидкістю поширення та колосальною температурою горіння, що призводить до повного вигорання не лише

наземного ярусу, а й ґрунтового гумусу. Додатковим специфічним чинником небезпеки стала неможливість вчасного гасіння пожеж у прикордонних та замінованих районах Полісся, де лісові масиви опиняються в повній залежності від стихійних процесів, перетворюючись на тривалі вогнища екологічного лиха та потенційні джерела подальшого розповсюдження біотичних патогенів на суміжні лісництва.

Особливу наукову та практичну небезпеку для лісового господарства Українського Полісся становить спільна дія та взаємозв'язок цих факторів, коли пошкодження від негоди та масове розмноження шкідників діють не як ізольовані процеси, а як послідовні етапи єдиного руйнівного ланцюга. Первинна ланка цього процесу, зумовлена тривалими посухами та гідротермічним стресом, призводить до стрімкої втрати деревами фізіологічного тургору. Сформовані у такий спосіб зони хронічного ослаблення стають першочерговими об'єктами для заселення стовбуровими шкідниками, які за лічені місяці трансформують життєздатні лісостани у суцільні сухостійні масиви. Своєю чергою, великі площі невирубаного вчасно сухостою, накопичені в осередках діяльності верхівкового короїда, створюють екстремальне паливне навантаження на ландшафт, що кардинально підвищує ймовірність переходу звичайного низового загоряння у нищівну верхову пожежу.

Після проходження лісової пожежі навіть низької інтенсивності, уцілілі дерева зазнають сильних термічних пошкоджень камбіального шару та кореневих лап, що призводить до їхнього вторинного ослаблення. Такі пірогенно ушкоджені насадження вже наступного сезону стають ідеальним екологічним субстратом для нової хвилі розмноження ксилофагів та спалахів інфекційних захворювань, що поширюються з пошкоджених ділянок на суміжні здорові виділи. Цей циклічний характер деградації замикає екосистемну пастку, у якій природні механізми самовідновлення Поліського ландшафту повністю блокуються, а швидкість розпаду

деревостанів починає перевищувати швидкість їхнього природного чи штучного відтворення.



Рис. 4.6. Каскадний механізм деградації соснових насаджень Полісся в умовах кліматичних змін

Додатковим специфічним ускладненням сучасного санітарного стану лісів регіону став мілітарний чинник, який за останні роки сформував принципово нові просторові ризики. Наявність значних за площею замінованих і захаращених лісових масивів у прикордонних районах унеможливорює проведення класичного лісопатологічного моніторингу та своєчасне здійснення санітарно-оздоровчих заходів, таких як вибіркові або суцільні санітарні рубки. Залишені без антропогенного контролю осередки шкідників перетворюються на потужні природні резервуари патогенів, звідки комахи масово мігрують на внутрішні, господарсько активні території Полісся. Таким чином, сучасний комплекс біотичних та абіотичних загроз демонструє високий ступінь взаємозв'язку та екологічної агресивності, що вимагає відмови від локальних методів захисту лісу на користь інтегрованих ландшафтних стратегій, здатних розірвати цей деструктивний ланцюг.

4.3 Прогнозовані виклики для лісових екосистем Полісся згідно з кліматичними сценаріями (RCP 4.5 / RCP 8.5)

Обґрунтування довгострокових стратегій ведення лісового господарства в Українському Поліссі потребує глибокого аналізу прогнозних трендів зміни біокліматичних умов на основі моделей, верифікованих Міжурядовою групою експертів з питань зміни клімату. Для моделювання майбутнього стану лісових екосистем регіону до середини XXI століття найбільш доцільним є порівняльний аналіз двох базових сценаріїв: траєкторії стабілізації радіаційного форсингу RCP 4.5, що передбачає поміrne обмеження антропогенних викидів, та жорсткого сценарію RCP 8.5, який базується на збереженні поточних тенденцій зростання концентрації парникових газів в атмосфері. Обидва варіанти моделювання вказують на неминучість подальшої розбалансованості лісорослинних умов

Полісся, проте інтенсивність та екологічні наслідки цих процесів мають суттєві розбіжності.

Для кількісного уточнення прогнозованих кліматичних змін доцільно використати сценарні проєкції температури повітря для України за траєкторіями RCP 4.5 та RCP 8.5. Наведені дані свідчать, що вже до середини XXI століття очікується подальше зростання температури повітря в усі сезони року, причому найбільші зміни прогнозуються для літнього та зимового періодів. Для лісових екосистем Полісся це має принципове значення, оскільки підвищення температури у вегетаційний період безпосередньо посилює транспіраційне навантаження, дефіцит вологи у ґрунті та ймовірність формування тривалих пожежонебезпечних періодів.

Таблиця 4.1

Проекції річних і сезонних змін температури приземного повітря для України за сценаріями RCP4.5 та RCP8.5

Сезон	Температура, °C			
	2050-ті, RCP4.5	2050-ті, RCP8.5	2080-ті, RCP4.5	2080-ті, RCP8.5
Грудень–лютий	+0.7 до +3.3	+1.6 до +4.2	+1.6 до +4.3	+3.5 до +7.3
Березень–травень	+0.8 до +2.9	+1.5 до +3.8	+1.3 до +3.3	+2.7 до +5.7
Червень–серпень	+1.3 до +3.5	+1.7 до +4.9	+1.4 до +3.4	+3.3 до +7.7
Вересень–листопад	+1.1 до +2.8	+1.8 до +3.9	+1.6 до +3.4	+3.4 до +6.2
Річні	+1.2 до +3.0	+1.7 до +4.1	+1.6 до +3.5	+3.4 до +6.2

Як видно з табл. 4.1, за обома сценаріями прогнозується стале підвищення температури повітря, однак за RCP 8.5 темпи потепління є значно вищими. Найбільш небезпечним для лісів Полісся є літній період, коли до 2080-х років можливе зростання температури до +7,7 °C. У поєднанні з легкими піщаними й супіщаними ґрунтами це може посилити фізіологічну посуху соснових насаджень, знизити їхню смолопродуктивність і створити сприятливі умови для масового розвитку стовбурових шкідників. Отже, наведені прогнозні дані підтверджують, що

збереження традиційної орієнтації на чисті соснові культури в довгостроковій перспективі є ризикованим.

Не менш важливим є прогноз зміни режиму атмосферного зволоження. Навіть за умов можливого збільшення кількості опадів у зимовий період, для лісів Полісся ключове значення має саме літній дефіцит вологи, оскільки він збігається з періодом найвищої транспіраційної активності деревостанів і найбільшою пожежною небезпекою.

Таблиця 4.2

Проекції річних і сезонних змін сум опадів для України за сценаріями RCP4.5 та RCP8.5

Сезон	Кількість опадів, мм			
	2050-ті, RCP4.5	2050-ті, RCP8.5	2080-ті, RCP4.5	2080-ті, RCP8.5
Грудень–лютий	-1 до +15	-2 до +17	0 до +20	0 до +28
Березень–травень	-5 до +22	-4 до +22	-2 до +23	-6 до +27
Червень–серпень	-20 до +14	-26 до +10	-19 до +10	-44 до +6
Вересень–листопад	-8 до +11	-13 до +13	-11 до +15	-17 до +11
Річні	0 до +10	-6 до +10	+1 до +12	-7 до +14

Дані табл. 4.2 свідчать, що найбільш проблемним є літній сезон, для якого прогнозується скорочення кількості опадів, особливо за сценарієм RCP 8.5. До 2080-х років у червні–серпні можливе зменшення сезонної суми опадів до 44 мм, що у поєднанні з інтенсивним потеплінням може призвести до різкого погіршення водного балансу лісових екосистем. Для Полісся це особливо небезпечно через переважання легких піщаних ґрунтів, які мають низьку вологоємність і швидко втрачають доступну для кореневих систем вологу. Навіть потенційне збільшення зимових опадів не компенсує літнього дефіциту води, оскільки відсутність стійкого снігового покриву та швидке весняне танення не забезпечують повноцінного вологозарядження ґрунту.

Реалізація помірного сценарію RCP 4.5 до 2050 року передбачає стабілізацію зростання середньорічної температури повітря в межах додаткових 1,5–2,0 градусів Цельсія. За таких умов лісові екосистеми Полісся зазнають помірної, але постійної аридизації. Моделювання показує, що тривалість вегетаційного періоду збільшиться в середньому на 15-20 днів, що змістить фенологічні фази початку сокоруху та розпускання бруньок на більш ранні терміни. Головним викликом за цим сценарієм стане не стільки абсолютний дефіцит вологи, скільки поглиблення нерівномірності її сезонного розподілу. Очікується посилення літніх посух, через що гідротермічний коефіцієнт у липні-серпні стабільно утримуватиметься на позначках 0,8-0,9. Це зумовить збереження хронічного фізіологічного тиску на чисті соснові культури, проте у мішаних деревостанах із розвиненим листяним ярусом природні компенсаторні механізми дозволять уникнути тотального розпаду намету лісу.

Принципово іншу, катастрофічну картину розвитку подій демонструє сценарій екстремальних кліматичних змін RCP 8.5. Відповідно до параметрів цієї моделі, до середини поточного століття середньорічна температура в регіоні може зрости на 3,5-4,5 градусів Цельсія, що еквівалентно повному кліматичному зсуву Полісся в межі умов сучасного сухого Степу. Прогнозні розрахунки вказують на критичне збільшення кількості днів із температурою повітря вище 30 градусів Цельсія (у 2,5-3 рази порівняно з поточною нормою) та фіксацію тривалих «хвиль тепла», що триватимуть понад 3-4 тижні поспіль. За такого теплового навантаження випаровуваність перевищить рівень опадів більш ніж на 40 відсотків, що призводить до глибокого дефіциту вологи не лише в орному, а й у всьому ґрунтовому профілі, викликаючи масове осушення лісових низин і торфовищ.

Екологічні наслідки реалізації жорсткого сценарію RCP 8.5 означатимуть масштабний і незворотний розпад сучасних хвойних лісостанів Полісся на ландшафтному рівні. Сосна звичайна на легких піщаних ґрунтах втратить фізіологічну здатність підтримувати позитивний вуглецевий баланс через критичне

транспіраційне навантаження. Прогнозується, що осередки верхівкового короїда за умов безморозних зим та тривалого літа зможуть стабільно давати до 3–4 повноцінних генерацій за сезон, перетворюючи лісовідновлювальні ділянки на постійні зони патологічного виснаження. Масштаби всихання набудуть суцільного характеру, що спровокує заміну лісових комплексів на низькопродуктивні чагарникові або злакові саваноподібні біотопи, повністю руйнуючи середовищеформуючу та водоохоронну функції регіону.

Прогнозний аналіз динаміки меж поширення основних лісоутворюючих порід підтверджує, що тривалу аридизацію клімату супроводжуватиме суттєва перебудова флористичного складу Поліського регіону. За обома кліматичними сценаріями прогнозується поступове зменшення екологічного оптимуму для сосни звичайної, яка наразі домінує у лісовому фонді. Уповільнення процесів росту та зниження біологічної стійкості хвойних насаджень змусить лісівників переглянути їхній статус як головної цільової породи на багатих та відносно багатих супіщаних ґрунтах. Натомість моделювання вказує на розширення екологічної ніші для більш пластичних листяних порід, зокрема дуба звичайного та дуба скельного, які мають потужнішу стрижневу кореневу систему і здатні витримувати тривалі періоди літнього бездощів'я за рахунок глибокого ґрунтового живлення.

Значних трансформацій зазнає також поширення супутніх дрібнолистих порід, серед яких береза повисла та вільха чорна опиняться у найбільш критичному становищі. Прогнозні розрахунки показують, що через масове обміління річкових заплав та осушення низинних боліт, яке супроводжуватиме реалізацію жорсткого сценарію, площі під вільховими лісами можуть скоротитися на 30–40 відсотків вже до 2050 року. Це спровокує ланцюгову реакцію зниження локального біорізноманіття, оскільки заплавні лісові комплекси виконують роль екологічних русел та притулків для багатьох рідкісних видів флори і фауни. Водночас очікується природне поширення більш теплолюбних та посухостійких чагарникових видів

підліску, що поступово змінюватимуть вертикальну структуру лісових фітоценозів, роблячи їх більш розрідженими та світлими.

Глобальна зміна умов зростання ставить під загрозу не лише продуктивність, а й саму здатність лісів Полісся до природного самовідновлення. Прогнозні моделі фенологічного розвитку свідчать, що через часті весняні посухи та швидке пересушування верхнього шару лісової підстилки, традиційне насіннєве поновлення сосни під наметом лісу стане малоефективним. Сходи деревних порід гинуть у перші місяці життя від дефіциту вологи та термічних опіків кореневої шийки. Це змушує визнати, що збереження лісистості регіону у майбутньому буде повністю залежати від гнучкості та своєчасності впровадження штучних і комбінованих методів лісовідновлення, які б враховували нові прогностичні параметри зволоження та температурного режиму Поліської зони. Таким чином, порівняльний аналіз сценаріїв доводить, що пасивне очікування або збереження традиційних лісівничих підходів є неприпустимим, а розробка адаптаційних заходів повинна орієнтуватися на запобігання найгіршим прогностичним моделям.

Аналітичне прогнозування біокліматичних трансформацій вказує на те, що зміна лісорослинних умов Поліського регіону вимагатиме кардинального переосмислення принципів просторової організації лісового фонду. Моделювання за обома сценаріями підтверджує неминучість руйнування концепції монокультурного лісівництва, яка домінувала протягом багатьох десятиліть. Головним викликом на ландшафтному рівні стане втрата стійкості великих за площею одновікових масивів сосни звичайної, які за умов тривалих хвиль тепла перетворюються на зони суцільного екологічного ризику. Прогнозні карти вразливості лісів Полісся демонструють, що найшвидша деградація відбуватиметься на зандрових терасах із низькою вологоємністю ґрунту, де природні механізми терморегуляції насаджень через транспірацію вичерпають свій ліміт вже у найближчі два десятиліття.

Важливим аспектом моделювання майбутнього стану лісових біогеоценозів є оцінка динаміки вуглецевого балансу та депонуючої здатності лісів. Прогнозні розрахунки показують, що за умов реалізації жорсткого кліматичного сценарію, ліси Полісся до 2050 року можуть перетворитися з потужного поглинача вуглецю на його чисте джерело емісії в атмосферу. Це зумовлено тим, що обсяги виділення парникових газів внаслідок гниття відмерлої деревини в осередках всихання та в результаті масштабних лісових пожеж суттєво перевищать обсяги фіксації вуглецю асиміляційним апаратом уцілілих деревостанів. Такий розвиток подій створить негативний зворотний зв'язок, за якого деградація лісових екосистем регіону локально підсилуватиме загальнокліматичні глобальні тренди потепління, прискорюючи процеси загальної аридизації ландшафту.

З огляду на це, прогностичне моделювання змушує вийти за рамки класичного моніторингу санітарного стану лісу і перейти до проектування гнучких адаптивних моделей лісоуправління. Головний висновок із порівняльного аналізу сценаріїв полягає в тому, що швидкість кліматичних змін випереджає природний адаптаційний потенціал лісоутворюючих порід. Це вимагає від лісівничої науки розробки випереджаючих стратегій штучної трансформації структури насаджень, спрямованих на формування гетерогенних, різновікових та полівидових лісових систем, здатних підтримувати внутрішній мікроклімат та мінімізувати теплове навантаження.

4.4 Лісівничі та організаційні шляхи підвищення стійкості лісів: вітчизняний і зарубіжний досвід

Мінімізація негативних наслідків глобальної аридизації клімату та розрив деструктивного каскаду біотично-абіотичних загроз у лісах Українського Полісся потребують негайного впровадження комплексу активних лісівничих та організаційно-господарських заходів. Сучасний вітчизняний та зарубіжний досвід

однозначно свідчить, що пасивне лісоохоронне очікування в умовах стрімкого зміщення кліматичних зон є неефективним і призводить до тотальної деградації насаджень. Основою нової парадигми лісоуправління має стати перехід від вирощування чистих соснових монокультур до формування складних, мішаних, різновікових та багатоярусних лісових фітоценозів, які мають значно вищий рівень біологічної стійкості та здатні самостійно підтримувати стабільний внутрішній мікроклімат.

Провідним лісівничим інструментом досягнення цієї мети є структурна та породна перебудова лісового фонду на етапі лісовідновлення та лісорозведення. Практична реалізація цього підходу передбачає обов'язкове введення до складу майбутніх деревостанів широкого спектра листяних порід, насамперед дуба звичайного та дуба скельного, які за рахунок глибокої стрижневої кореневої системи виконують роль екологічного каркаса в періоди тривалого дефіциту вологи. Оптимальна просторова мозаїчність ландшафту досягається шляхом створення кулісних, біогрупових або мікросмугових культур, де сосна звичайна чергується з дубом, березою повислою, а на більш вологих едатопах – з вільхою чорною та липою серцеподібною. Наявність листяного ярусу не лише знижує загальну пожежну небезпеку масиву, уповільнюючи поширення вогню, а й створює сприятливі умови для формування стійкої мікоризи та розмноження природних ентомофагів, що стримують спалахи чисельності стовбурових ксилофагів.

Наведена ілюстрація (рис. 4.4) демонструє один із практичних напрямів адаптації соснових насаджень Полісся до кліматичних змін. Перехід від чистих штучних сосняків до мішаних різновікових деревостанів із участю дуба звичайного та берези повислої дає змогу підвищити біологічну стійкість лісу, зменшити ризик масового поширення стовбурових шкідників і сформувати більш стабільний піднаметовий мікроклімат. Такі насадження є менш вразливими до посух, верхових пожеж і суцільного розпаду деревостану, оскільки мають складнішу вертикальну структуру та вищу породну різноманітність.



Рис. 4.7. Потенційна трансформація чистого штучного соснового насадження у різновікове мішане соснове насадження з участю дуба та берези (Джерело: WWF-Україна)

У контексті догляду за вже існуючими середньовіковими насадженнями, які перебувають у зоні найбільшого патологічного ризику, вітчизняна практика потребує радикальної зміни нормативів проведення рубок догляду та санітарно-оздоровчих заходів. Необхідно відмовитися від шаблону рівномірного зріджування

деревостанів, яке в умовах високих температур призводить до додаткового висушування піднаметового простору та посилення дії суховіїв. Замість цього доцільно застосовувати методики нерівномірного (куртинного або групового) догляду, що дозволяють зберігати максимальну щільність крон у найбільш вразливих місцях, одночасно стимулюючи розвиток підліску з крушини ламкої, ліщини та горобини, які виконують важливу ґрунтозахисну та затіняючу функцію.

Зарубіжний досвід країн Центральної та Східної Європи, зокрема Польщі, Німеччини та Австрії, які першими зіткнулися з масштабним всиханням хвойних лісів, демонструє високу ефективність концепції наближеного до природи лісівництва. Цей підхід базується на максимальному використанні природного насіннєвого поновлення та повній відмові від суцільнолісосічних рубок на користь поступових, вибіркового та тривало-поступових систем рубань. Поступове вилучення стиглих дерев дозволяє безперервно зберігати лісове середовище, захищаючи молодий підріст від сонячних опіків та різких температурних коливань. Крім того, європейська практика передбачає обов'язкове залишення в лісі певної кількості мертвої деревини (сухостою та захаращеності) на екологічно безпечних ділянках, що сприяє збереженню біорізноманіття корисних комах-ентомофагів та підтриманню загального мікробіологічного балансу ґрунту.

Важливим організаційним та інноваційним кроком, запозиченим із міжнародної практики, є впровадження систем інтегрованого моніторингу та раннього попередження екологічних загроз. Організація лісгосподарського виробництва повинна спиратися на оперативні дані дистанційного зондування Землі, що дозволяють виявляти латентні осередки ослаблення насаджень за зміною індексу вегетації ще до появи візуальних ознак всихання крон. Своєчасне виявлення таких зон дозволяє оперативно виставляти феромонні пастки для локалізації верхівкового короїда та вчасно планувати вибіркові санітарні рубки, запобігаючи перетворенню поодиноких випадків відпаду на масштабні патологічні епіфітотії. Поєднання передових лісівничих методів формування мішаних лісів із цифровими

технологіями моніторингу є єдиним надійним шляхом підвищення довгострокової стійкості лісових екосистем Полісся в умовах сучасної кліматичної кризи.

Окремим стратегічним напрямом підвищення біологічної стійкості лісових масивів Полісся є залучення передових досягнень лісової генетики та селекції, насамперед через практичну реалізацію концепції використання кліматично оптимізованого насінневого матеріалу. В умовах, коли локальні популяції сосни звичайної вичерпують свій еволюційний ліміт адаптації до стрімкої аридизації, доцільним є поступове впровадження у лісокультурне виробництво насіння та садивного матеріалу тих екотипів головних порід, які походять із більш південних, посушливих регіонів, зокрема з умов північного та центрального Лісостепу. Такі біотиipi мають генетично закріплені механізми економного використання вологи, вищу щільність продихового апарату та здатність підтримувати стабільний осмотичний тиск у клітинах під час тривалих хвиль тепла, що дозволяє суттєво мінімізувати ризики кавітації судин у майбутньому.

Паралельно із генетичним оновленням лісового фонду, організація лісогосподарських заходів на Поліссі має передбачати кардинальну зміну стратегії лісозахисту – перехід від хімічних та механічних методів ліквідації наслідків до біологічного регулювання чисельності шкідників. Міжнародний досвід доводить, що масове застосування інсектицидів в осередках верхівкового короїда є малоефективним через прихований спосіб життя комахи під корою та призводить до знищення корисної ентомофауни. Альтернативою є штучне підтримання та розведення природних хижаків і паразитів ксилофагів, зокрема мурахожука (*Thanasimus formicarius*) та синіх короедів, а також широке впровадження феромонного моніторингу, який дозволяє дезорієнтувати комах у період масового льоту та локалізувати вогнища розмноження шкідника на початкових етапах.

Важливим кроком для практичного захисту лісів Полісся від пожеж є виділення та картування зон взаємодії між природними ландшафтами та населеними пунктами – так званого інтерфейсу “дика природа – населений пункт”

(WUI). На основі аналізу просторових даних та ландшафтної структури Житомирської області встановлено, що близько 92,8% населених пунктів регіону є дрібними (до 1000 жителів) і розташовані безпосередньо в лісових масивах або межують із ними, що створює екстремальні ризики переходу лісового вогню на житлові будинки в умовах кліматичних змін. На основі розробленого підходу визначено дві критичні протипожежні зони WUI для Житомирщини, які потребують диференційованого підходу до ведення лісового господарства.

Таблиця 4.3

Площі чистих соснових насаджень у WUI-зонах Житомирської області

Проти-пожежна зона	Радіус від населених пунктів	Площа чистих соснових насаджень, тис. га	Частка від площі лісів регіону, %	Лісівниче значення
Зона екстремальної небезпеки	500 м	35,4	3,4	Пріоритетна зона для невідкладного формування вогнестійких узлісь
Зона стратегічного планування	2400 м	264,4	25,3	Територія для довгострокової трансформації чистих сосняків у мішані насадження

Як видно з табл. 4.3, найбільший обсяг потенційно небезпечних чистих соснових насаджень зосереджений у межах 2400-метрової зони навколо населених пунктів. Це свідчить про необхідність не лише локальних протипожежних заходів біля сіл, а й довгострокового просторового планування породної структури лісів. У межах 500-метрової зони першочерговими мають бути заходи з формування розріджених, багатокомпонентних і менш горимих узлісь.

Головним лісівничим рішенням у межах цих зон є формування багатокомпонентних та пожежостійких лісових узлісь (країв) завширшки 100–200 метрів. Замість створення чистих соснових монокультур (які легко проходять верховим вогнем) необхідно штучно або природно збільшувати частку місцевих

листяних порід. Практичний досвід проєкту RESILPINE вказує на високу ефективність створення піднаметових культур дуба звичайного (*Quercus robur* L.) та берези повислої (*Betula pendula* Roth.). Також у підліску доцільно використовувати чагарники: крушину ламку (*Frangula alnus* Mill.), ліщину (*Corylus avellana* L.) та горобину (*Sorbus aucuparia* L.), які знижують інтенсивність горіння та перешкоджають переходу низової пожежі у верхову.

Невід’ємною організаційною та лісівничою умовою стабілізації стану насаджень є ревіталізація локального гідрологічного балансу лісових ландшафтів через впровадження принципів водорозсудливого лісівництва. Організаційні шляхи у цьому напрямі передбачають масштабну консервацію та закриття запірних гідротехнічних споруд на осушувальних меліоративних каналах минулого століття, що дасть змогу штучно затримувати талі та зливові води всередині лісових масивів. Створення мережі мікропонижень, відновлення природного стану лісових боліт та заболочених низин діють як природні стабілізатори мікроклімату, знижуючи середню температуру піднаметового простору влітку та забезпечуючи капілярне підживлення ризосфери суміжних соснових і дубових насаджень, що є вирішальним фактором розриву ланцюга деградації Поліського лісу.

4.5 Адаптація нормативно-правового регулювання та перспективи сталого управління лісами Полісся

Успішна практична реалізація обґрунтованих лісівничих, генетичних та гідрологічних методів підвищення стійкості насаджень Українського Полісся є неможливою без комплексної адаптації діючого нормативно-правового регулювання лісогосподарської галузі. Сучасна законодавча база України у сфері лісоуправління багато в чому зберігає застарілі та жорсткі підходи, орієнтовані на суцільнолісосічне ведення господарства та тотальний контроль водовідведення, що в умовах стрімкої кліматичної аридизації та появи нових біотично-абіотичних

загроз суттєво обмежує гнучкість управлінських рішень. Гармонізація вітчизняного законодавства із міжнародними екологічними стандартами є першочерговою умовою для забезпечення сталого розвитку лісових екосистем регіону.

У межах нормативного реформування галузі доцільно адаптувати положення Санітарних правил в лісах України та Правил поліпшення якісного складу лісів до сучасних кліматичних змін. Наявні бюрократичні процедури погодження санітарно-оздоровчих заходів часто займають від кількох тижнів до кількох місяців, що за умов геометричного зростання чисельності верхівкового короїда робить призначені вибіркові санітарні рубки запізненими та неефективними. Необхідно законодавчо закріпити спрощений та оперативний механізм призначення лісозахисних заходів у латентних осередках всихання, виявлених за допомогою супутникового моніторингу та феромонних пасток. Крім того, чинні правила потребують внесення змін у частині нормативного закріплення нерівномірних (куртинних) рубок догляду та офіційного дозволу на залишення певної норми мертвої деревини в лісі, що є базовою вимогою європейської концепції наближеного до природи лісівництва.

Перспективи сталого управління лісами Полісся також нерозривно пов'язані із нормативним інтегруванням лісового та водного господарства. Державна стратегія управління лісами України до 2035 року та Лісова стратегія ЄС до 2030 року вимагають відмову від паливного та сировинного сприйняття лісу на користь визнання його глобальної середовищеформуючої та екосистемної ролі. На законодавчому рівні необхідно розробити та впровадити нормативні акти щодо водорозсудливого лісівництва, які б чітко регламентували процедури консервації осушувальних каналів, передачі перезволожених низин під процеси природного відновлення та встановлювали фінансові механізми компенсації лісгоспам за збереження екосистемних послуг, зокрема за депонування вуглецю та підтримання водного балансу територій.

Окремим безпековим викликом, який потребує негайного врегулювання у повоєнний період, є створення спеціального правового режиму для замінованих та пошкоджених внаслідок воєнних дій лісових масивів прикордонної зони. Необхідно розробити нормативні інструкції з дистанційного лісопатологічного моніторингу та моделювання самовідновлення без антропогенного втручання для тих ділянок, де натурні обстеження є неможливими. Законодавче закріплення статусу таких територій як екологічних буферів із особливим режимом охорони дозволить мінімізувати ризики транскордонного поширення шкідників на господарсько активні ліси. Таким чином, адаптація нормативно-правового поля дозволить трансформувати управління лісами Полісся з консервативної системи ліквідації наслідків у гнучку модель випереджаючого адаптивного менеджменту, здатну гарантувати екологічну безпеку та ресурсну стабільність регіону в умовах кліматичної кризи.

Важливим елементом правової модернізації в контексті сталого лісоуправління є розробка та законодавче закріплення довгострокових фінансово-економічних стимулів для підприємств, які здійснюють перехід на адаптивні рейки. Чинна податкова та фінансова звітність лісогосподарської галузі України переважно орієнтована на оцінку обсягів заготовленої деревини, що не заохочує лісівників впроваджувати довгострокові, витратні заходи з відновлення екосистем, такі як вторинне обводнення територій чи створення складних за структурою мішаних культур. Перспективи сталого розвитку вимагають розробки підзаконних актів, які б регулювали ринок внутрішніх екологічних інвестицій та дозволяли залучати кошти приватних і міжнародних фондів під проекти відновлення гідрологічного балансу Полісся. Нормативне визначення юридичного статусу «вуглецевих кредитів» та «екосистемних сертифікатів» для лісів державного та комунального сектору дозволить створити додаткове джерело фінансування, незалежне від обсягів промислової заготівлі деревини.

Адаптація нормативного поля також повинна торкнутися сфери професійної підготовки та підвищення кваліфікації кадрів лісогосподарського виробництва. На рівні Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів і Державного агентства лісових ресурсів України необхідно затвердити нові галузеві стандарти та методичні рекомендації щодо застосування сучасних ГІС-технологій і дистанційного зондування в повсякденній практиці лісництв. Законодавче впровадження обов'язкового використання цифрових систем просторового аналізу під час проектування лісокультурного фонду дозволить мінімізувати суб'єктивні помилки та забезпечить точне дотримання едафічних сіток при виборі порідного складу майбутніх лісів Полісся.

Крім того, вимагає перегляду інституційна структура взаємодії між лісогосподарськими підприємствами та органами місцевого самоврядування і територіальними громадами. Наростаюча сухість клімату та пов'язане з нею обміління водної мережі Поліського регіону безпосередньо впливають на рівень життя місцевого населення, безпеку водопостачання та частоту виникнення масштабних ландшафтних пожеж. Нормативне закріплення обов'язкових спільних планів управління ризиками та протипожежного захисту на межі лісових масивів та земель сільськогосподарського або комунального призначення дозволить створити єдиний координаційний простір. Такий інтегрований підхід на законодавчому та організаційному рівнях перетворить лісове господарство Поліського регіону на зразкову модель сталого екологічного менеджменту, здатну протистояти глобальним біокліматичним викликам сучасності.

Висновки до розділу 4. Кліматичні зміни, тривалі посухи та падіння рівня ґрунтових вод нижче 2–2,5 метрів викликали глибоку фізіологічну кризу соснових лісів Полісся. Ослаблені дерева втрачають здатність до смоловиділення і масово всихають через спільну дію верхівкового короїда та грибкових хвороб (кореневої губки й трахеомікозу). Накопичення сухостою та спека перетворили низові загоряння на масштабні верхові пожежі, що підтвердили катастрофічні події 2020

року на Житомирщині та в Чорнобильській зоні. З 2022 року ситуація ускладнилася мілітарним чинником у прикордонних районах, де мінування обмежує класичний лісопатологічний моніторинг та безпечне гасіння вогню лісовою охороною. Порівняльний аналіз сценаріїв RCP 4.5 та RCP 8.5 до 2050 року доводить, що пасивне очікування призведе до незворотного розпаду соснових монокультур на ландшафтному рівні. Для підвищення стійкості лісів необхідно перейти до принципів наближеного до природи лісівництва. Лісівничі заходи передбачають заміну чистих сосняків на складні мішані ліси з введенням під наметом дуба, берези та вогнестійких чагарників. На основі просторового аналізу обґрунтовано виділення протипожежних зон взаємодії лісу з населеними пунктами (WUI) у радіусі 500 м та 2400 м, де потрібно формувати багатокомпонентні захисні узлісся. Організаційні кроки вимагають ревіталізації водного балансу території через консервацію меліоративних каналів минулого століття. Практична реалізація цих рішень потребує адаптації Санітарних правил для спрощення процедури оперативних рубок в осередках всихання, нормативного закріплення куртинного догляду та фінансового стимулювання за збереження екосистемних послуг лісу.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

У кваліфікаційній бакалаврській роботі здійснено комплексний науково-практичний аналіз сучасного стану, біокліматичних трансформацій та перспективних викликів для лісових екосистем Українського Полісся, а також обґрунтовано методологічні та лісівничі шляхи підвищення їхньої довгострокової стійкості в умовах глобальної зміни клімату. Результати проведеного дослідження свідчать, що ліси Поліського регіону перебувають у стані постійного гідротермічного стресу, викликаного зростанням середньорічної температури на 1,5–2,0 градуси Цельсія та падінням рівня ґрунтових вод. Ця фізіологічна посуха запускає синергічний деструктивний каскад, за якого ослаблені соснові монокультури масово заселяються верхівковим короїдом та уражуються кореневою губкою, що призводить до накопичення сухостою та збільшення ризику виникнення руйнівних верхових мега-пожеж, ситуація з гасінням та моніторингом яких критично ускладнюється мілітарним чинником у прикордонних зонах. Прогностичне моделювання до 2050 року за жорстким сценарієм RCP 8.5 доводить неминучість масштабного розпаду чистих хвойних лісостанів та фактичну степизацію вразливих ділянок ландшафту, що вимагає випереджаючого адаптивного менеджменту.

Для підвищення стійкості насаджень виробничим лісогосподарським підприємствам Полісся необхідно радикально змінити структуру лісовідновлення, повністю відмовившись від створення чистих соснових монокультур на користь складних мішаних сосново-дубових насаджень із введенням біогруп берези, липи та вільхи для підвищення фітоценотичної стійкості. У сфері лісозахисту та догляду доцільно перейти від суцільних санітарних рубок до вибіркових та куртинних систем рубань, а також замінити неефективні хімічні методи боротьби із ксилофагами на біологічне регулювання чисельності шкідників шляхом штучного розведення корисних комах-ентомофагів, насамперед мурахожука, та масового

впровадження раннього дистанційного моніторингу за супутниковими індексами вегетації. Для стабілізації гідрологічного режиму ландшафтів слід активно впроваджувати принципи водорозсудливого лісівництва, що передбачають консервацію запірних споруд застарілих меліоративних систем, створення мережі мікропонижень та штучне вторинне обводнення осушених торфовищ для капілярного підживлення ризосфери. На загальнодержавному та галузевому рівнях рекомендується ініціювати спрощення бюрократичних процедур Санітарних правил для швидкого реагування в латентних осередках всихання, нормативно закріпити статус замінованих прикордонних лісів як особливих екологічних буферів, а також розробити фінансові інструменти стимулювання адаптивного лісівництва через механізми ринку вуглецевих кредитів та екосистемних сертифікатів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Борисенко О. І., Мешкова В. Л. Прогнозування поширення пожеж та осередків шкідливих комах у соснових лісах засобами ГІС : монографія. Харків : Планета-Прінт, 2021. 148 с.
2. Букша І.Ф., Пастернак В.П., Бондарук М.А., Целіщев О.Г., Пивовар Т.С., Лялін О.І., Букша Т.І. Моделювання та оцінка впливу зміни клімату на ліси Полісся. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми лісового господарства та екології: шляхи вирішення». Житомир. Поліський національний університет. 2021. С. 25-27.
3. Ворон В. П. Аеротехногенна трансформація лісів України. Частина 1. Забруднення атмосфери викидами сірко та азот утримуючих фітотоксикантів та важких металів : монографія. Харків : Планета-Прінт, 2021. 257 с.
4. Генсірук С. А. Ліси України. Львів : Вид-во Наук. тов. ім. Шевченка, УкрДЛТУ, 2002. 495 с.
5. Гетьманчук А. І., Кичилюк О. В., Войтюк В. П., Бородавка В. О. Регіональні зміни клімату як причина гострих всихань сосняків Волинського Полісся. Науковий вісник НЛТУ України. 2017. №1, т. 27. С. 120–124.
6. Дідух Я. П. Екологічні аспекти глобальних змін клімату: причини, наслідки, дії. Вісник НАН України. Київ. 2009. С. 34–44.
7. Жежкун А. М. Ліси Східного Полісся України: структура, продуктивність, формування та відтворення : монографія. Мена : ТОВ "Домінант", 2021. 384 с.
8. Жуковський, О. В., Краснов, В. П., Іванюк, І. Д., Курбет, Т. В., & Зборовська, О. В. Поширення короїда верхівкового (*Ips acuminatus* (Gyllenhal, 1827) і трахеомікозу хвойних стовбуром сосни звичайної. Науковий вісник НЛТУ України. 2022. № 4, т. 32. С. 38–43. DOI: <https://doi.org/10.36930/40320406>.
9. Завада М. М. Лісова ентомологія : підручник. Київ : Аграр Медіа Груп, 2010. 404 с.

10. Ідентифікація порушених лісових ділянок під час воєнних дій для лісовідновлення / Одруженко А. І., Лашко А. В., Білоус А. М. Наближене до природи лісівництво: проблеми та перспективи : тези доп. Міжнар. наук.-практ. конф., 25-26 квітня 2024 р. Київ : НУБіП України, 2024. С. 114.

11. Кальчук Є. В., Сошенський О. М. Роль супутникових даних в системі охорони природних ландшафтів від пожеж. Сучасний стан, проблеми, головні завдання та перспективи відтворення і захисту лісів в умовах зміни клімату : тези доп. Всеукр. наук.-практ. конф., 4 березня 2025 р. Київ : НУБіП України, 2025. С. 40–41.

12. Лісівництво : підручник / Яворовський П. П., Сендонін С. Є., Левченко В. В., Токарєва О. В., Пузріна Н. В. Київ : НУБіП України, 2021. 654 с.

13. Лісівництво: навч. посіб. для здобувачів вищої освіти за спеціальністю 205 «Лісове господарство» / уклад. В. М. Хрик, І. В. Кімейчук. Біла Церква, 2021. 444 с.

14. Лісівничо-екологічний потенціал дібров Полісся України / П. І. Лакида, О. П. Бала, Л. М. Матушевич та ін. Корсунь-Шевченківський : ФОП Майдаченко І. В., 2018. 206 с.

15. Лісова фітопатобактеріологія. Навчальний посібник / За ред. проф. А. Ф. Гойчука. Київ : ВД «Вініченко», 2014. 252 с.

16. Методологія моделювання та оцінювання впливу зміни клімату на лісові фітоценози України / І. Ф. Букша та ін. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Лісівництво та декоративне садівництво. 2017. Вип. 266. С. 26-38.

17. Мешкова В. Л. Історія і географія масових розмножень комах листогризів. Харків : Майдан, 2002. 244 с.

18. Моніторинг шкідливих організмів лісових екосистем: навчальний посібник / Пузріна Н. В. та ін. Київ : НУБіП України, 2021. 274 с.

19. Мороз В. В., Душко П. М. Стан соснових деревостанів Житомирського Полісся за впливу комах-шкідників і кліматичних чинників. Агроєкологічний журнал. 2025. №4. С. 57–69.

20. Особливості формування високопродуктивних березово-соснових деревостанів Західного Полісся : монографія / Гончар В. М. та ін. Рівне : НУВГП, 2018. 202 с.

21. Остапенко Б. Ф. Типологічна різноманітність лісів України. Зона широколистяних лісів. Харків : Харк. держ. аграр. ун-тет, 1998. 127 с.

22. Пірогенна трансформація сосняків України : монографія / В. П. Ворон, І. М. Коваль, С. Г. Сидоренко та ін. Харків : Планета-Прінт, 2021. 286 с.

23. Про затвердження Санітарних правил в лісах України : постанова Кабінету Міністрів України від 27 липня 1995 р. № 555 (у редакції від 26 грудня 2025 р.). URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-95-%D0%BF#Text> (дата звернення: 01.06.2026).

24. Публічний звіт Голови Державного агентства лісових ресурсів України за 2021 рік. Київ : Держлісагентство, 2021. 38 с.

25. Радіальний приріст сосни звичайної поряд зі зрубом суцільної рубки в осередку верхівкового короїда в Поліссі / О. М. Борисова та ін. Наукові праці Лісівничої академії наук України. 2022. Вип. 24. С. 56–65.

26. Романенко В. А., Ковалевський С. Б. Вплив кліматичних змін на радіальний приріст сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) в насадженнях ВП НУБіП України «Боярська ЛДС». Науковий вісник НЛТУ України. 2023. № 5, т. 33. С. 40–45. DOI: <https://doi.org/10.36930/40330505>.

27. Уразливість лісів України до зміни клімату : монографія / А. З. Швиденко, І. Ф. Букша, С. В. Краковська. Київ : Ніка-центр, 2018. 184с.

28. East European Mid-latitude forests: challenges of transition to sustainable forest management. / A. Shvidenko, P. Lakyda, I. Buksha, V. Baginsky, F. Kraxner, Woo-Kyun Lee, D. Schepaschenko, S. Krakovska. Addressing ecological and Social

Challenges for forests and forest Management : Proceedings Internat. scientific and practical confer. Kyiv, NULES October 22-24 2018. P. 57.

29. Kuzyk A. D. Tovaryanskyi V. I. The impact of military actions on forest ecosystems of Ukraine and their post-war restoration / Bulletin of Lviv State University of Life Safety. 2023. №27. P. 16-22.

30. Vasylyshyn, R., Lakyda, I., O. A. Slyva, Lakyda, M., & O. V. Shevchuk. Biotic productivity and sequestered carbon in forests of Ukrainian Polissya. Ukrainian Journal of Forest and Wood Science. 2016. Vol. 255. P. 19-27.

ДОДАТКИ

Адміністративні райони Поліської природної зони

№	Район/громада	Область	Площа, га
1	Корюківська	Чернігівська	117316,992
2	Менська	Чернігівська	102726,535
3	Сновська	Чернігівська	128436,522
4	Сосницька	Чернігівська	79955,933
5	Холминська	Чернігівська	31388,835
6	Коропська	Чернігівська	90954,782
7	Новгород-Сіверська	Чернігівська	180065,95
8	Понорницька	Чернігівська	52386,00
9	Семенівська	Чернігівська	140115,144
10	Березнянська	Чернігівська	35255,503
11	Гончарівська	Чернігівська	64421,759
12	Городнянська	Чернігівська	118756,749
13	Деснянська	Чернігівська	71063,778
14	Добрянська	Чернігівська	46133,366
15	Іванівська	Чернігівська	41824,326
16	Киїнська	Чернігівська	10832,161
17	Киселівська	Чернігівська	26994,753
18	Кіптівська	Чернігівська	53784,572
19	Козелецька	Чернігівська	69713,359
20	Куликівська	Чернігівська	86212,729
21	Любецька	Чернігівська	59621,012
22	Михайло-Коцюбинська	Чернігівська	79087,838
23	Новобілоуська	Чернігівська	37748,517
24	Олишівська	Чернігівська	22492,211
25	Остерська	Чернігівська	40248,573
26	Ріпкинська	Чернігівська	101450,237
27	Седнівська	Чернігівська	21309,705
28	Тупичівська	Чернігівська	28117,129
29	Чернігівська	Чернігівська	7881,578
30	Київ	Київ	82494,097
31	Чорнобильська зона відчуження	Київська	257312,037
32	Броварська	Київська	12501,778

33	Великодимерська	Київська	53069,626
34	Зазимська	Київська	25650,779
35	Калинівська	Київська	6586,295
36	Калитянська	Київська	24545,838
37	Білогородська	Київська	15126,54
38	Бородянська	Київська	51285,139
39	Борщагівська	Київська	3894,371
40	Бучанська	Київська	26096,713
41	Вишнева	Київська	1766,285
42	Гостомельська	Київська	6654,287
43	Дмитрівська	Київська	13889,615
44	Ірпінська	Київська	11721,485
45	Коцюбинська	Київська	251,605
46	Макарівська	Київська	101250,71
47	Немішаївська	Київська	8004,047
48	Пісківська	Київська	15755,603
49	Вишгородська	Київська	9394,601
50	Димерська	Київська	95640,105
51	Іванківська	Київська	178060,256
52	Петрівська	Київська	19251,927
53	Пірнівська	Київська	72723,89
54	Поліська	Київська	56385,086
55	Славутицька	Київська	2058,717
56	Бишівська	Київська	27957,407
57	Боярська	Київська	20793,455
58	Гатненська	Київська	3663,183
59	Чабанівська	Київська	1283,728
60	Антонівська	Рівненська	11694,575
61	Вараська	Рівненська	60892,39
62	Володимирецька	Рівненська	70264,721
63	Заріченська	Рівненська	108864,605
64	Каноницька	Рівненська	16544,689
65	Локницька	Рівненська	35620,692
66	Полицька	Рівненська	17690,987
67	Рафалівська	Рівненська	11127,769
68	Березнівська	Рівненська	118452,601

69	Головинська	Рівненська	20129,15
70	Деражненська	Рівненська	22536,91
71	Костопільська	Рівненська	65618,61
72	Малинська	Рівненська	21083,122
73	Малолюбашанська	Рівненська	41704,88
74	Соснівська	Рівненська	31660,845
75	Березівська	Рівненська	50690,412
76	Вирівська	Рівненська	39043,493
77	Висоцька	Рівненська	29948,602
78	Дубровицька	Рівненська	109416,571
79	Клесівська	Рівненська	33882,81
80	Миляцька	Рівненська	42258,929
81	Немовицька	Рівненська	27766,492
82	Рокитнівська	Рівненська	157267,143
83	Сарненська	Рівненська	81607,577
84	Старосільська	Рівненська	27444,42
85	Степанська	Рівненська	22278,006
86	Дружбівська	Сумська	12655,367
87	Зноб-Новгородська	Сумська	53017,465
88	Свеська	Сумська	29610,202
89	Середино-Будська	Сумська	59129,534
90	Шосткинська	Сумська	126476,502
91	Ямпільська	Сумська	52024,314
92	Камінь-Каширська	Волинська	142249,591
93	Любешівська	Волинська	124405,414
94	Маневицька	Волинська	110231,449
95	Прилісненська	Волинська	52493,878
96	Сошичненська	Волинська	39464,624
97	Велимченська	Волинська	11098,624
98	Велицька	Волинська	20616,621
99	Вишнівська	Волинська	49797,566
100	Голобська	Волинська	30139,425
101	Головненська	Волинська	31624,885
102	Дубечненська	Волинська	31073,347
103	Дубівська	Волинська	20498,106
104	Заболоттівська	Волинська	25102,002

105	Забродівська	Волинська	33388,054
106	Ковельська	Волинська	31110,342
107	Колодяжненська	Волинська	46442,21
108	Луківська	Волинська	16121,449
109	Люблинецька	Волинська	11489,231
110	Любомльська	Волинська	29689,746
111	Поворська	Волинська	29926,852
112	Ратнівська	Волинська	48169,848
113	Рівненська	Волинська	33394,053
114	Самарівська	Волинська	25568,325
115	Сереховичівська	Волинська	16751,65
116	Смідинська	Волинська	22730,636
117	Старовижівська	Волинська	37275,758
118	Турійська	Волинська	86736,439
119	Шацька	Волинська	76358,837
120	Доросинівська	Волинська	23423,851
121	Ківерцівська	Волинська	47728,316
122	Колківська	Волинська	76172,129
123	Копачівська	Волинська	17858,685
124	Олицька	Волинська	27007,719
125	Рожищенська	Волинська	46181,715
126	Цуманська	Волинська	44373,562
127	Березівська	Житомирська	22556,311
128	Брусилівська	Житомирська	62678,767
129	Високівська	Житомирська	9692,18
130	Вишевицька	Житомирська	14690,869
131	Глибочицька	Житомирська	18514,852
132	Городоцька	Житомирська	3737,905
133	Житомирська	Житомирська	8719,838
134	Коростишівська	Житомирська	42666,185
135	Курненська	Житомирська	32531,896
136	Миропільська	Житомирська	16316,315
137	Новоборівська	Житомирська	21030,059
138	Новогуйвинська	Житомирська	42343,475
139	Оліївська	Житомирська	30964,047
140	Потіївська	Житомирська	25860,603

141	Пулинська	Житомирська	52838,799
142	Радомишльська	Житомирська	85481,844
143	Романівська	Житомирська	71995,782
144	Старосілецька	Житомирська	26116,33
145	Тетерівська	Житомирська	29527,004
146	Харитонівська	Житомирська	20051,323
147	Хорошівська	Житомирська	59554,591
148	Черняхівська	Житомирська	53731,973
149	Білокоровицька	Житомирська	10334,785
150	Гладковицька	Житомирська	37564,83
151	Горщиківська	Житомирська	13389,58
152	Іршанська	Житомирська	24520,554
153	Коростенська	Житомирська	80909,338
154	Лугинська	Житомирська	100268,351
155	Малинська	Житомирська	112763,664
156	Народицька	Житомирська	127515,377
157	Овруцька	Житомирська	152270,02
158	Олевська	Житомирська	214249,241
159	Словечанська	Житомирська	132903,08
160	Ушомирська	Житомирська	64729,9
161	Чоповицька	Житомирська	35763,019
162	Баранівська	Житомирська	60253,339
163	Барашівська	Житомирська	49144,122
164	Брониківська	Житомирська	44530,308
165	Городницька	Житомирська	48030,732
166	Довбиська	Житомирська	22515,499
167	Дубрівська	Житомирська	17300,515
168	Ємільчинська	Житомирська	148057,098
169	Звягельська	Житомирська	24852,998
170	Піщівська	Житомирська	19288,133
171	Стрийська	Житомирська	20718,75
172	Чижівська	Житомирська	43728,289
173	Ярунська	Житомирська	25642,313
Всього за адміністративними районами			8659309,86