

**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: «Підвищення стійкості соснових лісів Полісся
України до пожеж, шкідників та хвороб в умовах змін
клімату»**

Спеціальність _____ 205 «Лісове господарство»

Гарант освітньої програми

канд. с.-г. наук, доцент

(підпис)

Наталія ПУЗРІНА

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

канд. с.-г. наук, доцент

(підпис)

Олександр СОШЕНСЬКИЙ

Виконав

(підпис)

Валерія ШЕВЧУК

КИЇВ – 2024

**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

Шевчук Валерії Валеріївни

Спеціальність: 205 «Лісове господарство»

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи: «Підвищення стійкості соснових лісів Полісся України до пожеж, шкідників та хвороб в умовах змін клімату»

Затверджена наказом ректора від __17.03.2025 р. № 382 "С"

Термін подання студентом завершеної роботи на кафедру 25.05.2025 р.

Вихідні дані до роботи: Інформація про ліси Полісся України. Інформація про порушення лісів внаслідок шкідників, хвороб, пожеж. Інформація про клімат (багаторічний історичний аналіз та прогнози на майбутнє).

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: 10.04.2024 р.

Керівник бакалаврської

кваліфікаційної роботи, доц.

_____ О.М. Сошенський

Завдання прийняв до виконання

_____ В.В. Шевчук

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	21
2.3 Характеристика клімату	26
РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА ЗБОРУ, ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ПЕРВИННА ОБРОБКА ДОСЛІДНОГО МАТЕРІАЛУ.....	32
3.1 Методика збору дослідних даних	32
3.2 Характеристика дослідного матеріалу	32
РОЗДІЛ 4 ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ СОСНОВИХ ЛІСІВ ПОЛІССЯ УКРАЇНИ ДО ПОЖЕЖ, ШКІДНИКІВ ТА ХВОРОБ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ	35
4.1 Світові практики підвищення стійкості лісів до вразливості	37
4.2 Потреба в адаптації нормативно-правового регулювання в лісовому господарстві.....	40
4.3 Лісівничі методи підвищення стійкості соснових лісів до пожеж, шкідників, хвороб та змін клімату	44
4.4 Досвід застосування практик, що дозволяють підвищити стійкість лісів в Україні до змін клімату, шкідників, хвороб та пожеж	48
4.5 Значення діяльності з підвищення стійкості соснових лісів для майбутнього	53
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	59
ДОДАТКИ	70

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна бакалаврська робота бакалаврського рівня вищої освіти на тему «Підвищення стійкості соснових лісів Полісся України до пожеж, шкідників та хвороб в умовах змін клімату», містить 76 сторінок, 1 таблицю, 8 рисунків, 1 додаток. Перелік посилань нараховує 85 найменування.

Метою цієї бакалаврської кваліфікаційної роботи є дослідження сучасного стану соснових лісів Полісся України та обґрунтування шляхів підвищення їх стійкості до пожеж, шкідників і хвороб в умовах змін клімату шляхом аналізу природних, лісівничих та організаційно-управлінських факторів, а також формування практичних рекомендацій для сталого ведення лісового господарства в регіоні.

Робота складається з 4 розділів. У першому розділі наводиться огляд наукової літератури відповідно до тематики. В 2-му розділі я навела характеристику Поліської природної зони, лісів України загалом та описала кліматичні показники природної зони. В 3-му розділі. В 4-му розділі розглянула шляхи підвищення стійкості соснових лісів до шкідників, пожеж та змін клімату, розглянула світові практики, зокрема, досвід України, лісівничі методи та загальне значення діяльності з підвищення стійкості лісів для майбутнього.

ВСТУП

Ліси є надзвичайно важливою частиною природного середовища, адже вони виконують безліч екологічних функцій – від підтримання кліматичної рівноваги до збереження біорізноманіття. В Україні значну частину лісового фонду становлять соснові насадження, особливо в Поліській природній зоні, яка характеризується великими лісовими масивами та значною часткою хвойних порід. Однак в останні десятиліття кліматичні зміни, такі як підвищення температури повітря, дефіцит опадів, посухи та інші екстремальні погодні явища, суттєво впливають на стан лісових екосистем.

Соснові ліси Полісся стали більш вразливими до пожеж, масового всихання, ураження шкідниками й хворобами. Це ставить під загрозу не лише екологічну стійкість регіону, а й соціально-економічні інтереси місцевого населення. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває питання пошуку шляхів підвищення стійкості лісів до негативних впливів.

У своїй роботі я прагнула не лише охарактеризувати сучасний стан соснових лісів Полісся, але й проаналізувати чинники їхньої деградації, вивчити світовий і вітчизняний досвід щодо зменшення вразливості лісів, а також запропонувати дієві підходи до адаптації лісового господарства до нових кліматичних умов.

Об'єктом дослідження є соснові ліси Полісся України.

Предмет дослідження – підвищення стійкості соснових лісів Полісся України до пожеж, шкідників та хвороб в умовах змін клімату.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Українські ліси, що займають близько 15,9% території країни, відіграють ключову роль у збереженні природного балансу, захисті ґрунтів, регулюванні водного режиму та підтриманні біорізноманіття. Проте вони є вразливими до сучасних загроз, серед яких провідне місце посідає зміна клімату. Основними проявами кліматичних змін є поступове підвищення середньорічних температур, зменшення кількості опадів у вегетаційний період, зростання частоти посух і екстремальних погодніх явищ, особливо у південних і східних регіонах України. Такі зміни сприяють ослабленню лісових екосистем, зниженню їхньої продуктивності та стійкості.

Найвразливішими до кліматичних змін є ліси рівнинної частини країни, особливо ті, що розташовані в південному степу та лісостепу, так званому "ксеричному поясі", де нестача вологи виступає головним лімітуючим фактором. Під впливом зміни клімату очікується поступове зміщення зон, придатних для росту лісів, у північному та північно-західному напрямках. Прогнозується, що до кінця XXI століття значна частина території України стане непридатною для основних лісоутворюючих порід, таких як сосна звичайна, дуб звичайний, ялина європейська, береза, вільха та бук.

Виснаження водних ресурсів призведе до того, що багато лісів втратять здатність до природного поновлення, стануть більш вразливими до хвороб, шкідників та лісових пожеж. Найбільш загрозливий сценарій розвитку подій – це сценарій "тепліше та сухіше", за яким до кінця століття майже 50% території країни буде охоплено кліматом, непридатним для сталого розвитку лісів. Це зумовить втрату екосистемних функцій, зменшення лісистості та загрозу переходу значних площ у напівпустельні екосистеми.

Разом з тим, дослідження показують, що певні адаптаційні дії можуть зменшити негативний вплив кліматичних змін. Зокрема, рекомендовано впроваджувати адаптивне лісоуправління, засноване на науковому моделюванні

та моніторингу, відновлювати змішані, близькоприродні лісостанів, зменшити залежність від монокультур та враховувати регіональні особливості кліматичних загроз. Збереження і розвиток захисних лісів, особливо в аграрних ландшафтах, мають ключове значення для зменшення ерозії ґрунтів, підтримання гідрологічного балансу і забезпечення сталого розвитку.

Таким чином, українські ліси опинилися на межі серйозних змін. Без своєчасних і науково обґрунтованих заходів з адаптації, велика частина лісового фонду країни ризикує бути втраченою або деградованою. Водночас цілеспрямоване управління, підтримане міждисциплінарними знаннями і широким суспільним консенсусом, може забезпечити стійкість лісів України у XXI столітті [1].

Звіт «Supporting the Recovery and Sustainable Management of Ukrainian Forests and Ukraine's Forest Sector», підготовлений Forest Europe у співпраці з LUBo, охоплює період з серпня 2022 по червень 2023 року. Документ надає огляд стану лісового сектору України до та під час війни, аналізує наявні проекти підтримки та пропонує рекомендації щодо майбутніх кроків для відновлення та зміцнення сталого лісоуправління в Україні. Перед війною український лісовий сектор вже стикався з низкою проблем, таких як недостатня лісистість, дисбаланс між екологічними, економічними та соціальними функціями лісів, а також відсутність ефективних економічних механізмів для впровадження екологічно чистих технологій. З початком повномасштабного вторгнення Росії ситуація значно ускладнилася: значні площі лісів були пошкоджені або знищені, зростає кількість незаконних рубок, а також виникла потреба в розмінуванні великих територій [2].

У відповідь на ці виклики, звіт підкреслює необхідність реформування лісового сектору України з акцентом на адаптацію до змін клімату, збереження біорізноманіття та впровадження ефективних екологічних і економічних механізмів управління. Рекомендації включають перехід до близькоприродного лісівництва, гармонізацію українського законодавства з вимогами ЄС, зокрема

щодо простежуваності походження деревини, та впровадження цифрових інструментів для моніторингу та управління лісовими ресурсами.

Звіт також наголошує на важливості міжнародної підтримки у відновленні лісового сектору України. Зокрема, зазначається роль міжнародних партнерів у наданні фінансової та технічної допомоги, обміні досвідом та сприянні інтеграції України до європейської системи сталого лісоуправління [3].

Звіт FOREST EUROPE, підготовлений у рамках механізму швидкого реагування, висвітлює критичний стан лісового сектору України внаслідок повномасштабної війни та окреслює пріоритетні напрями для його відновлення [4]. Станом на середину 2023 року близько 20% українських лісів (приблизно 2,9 млн га) зазнали пошкоджень або руйнувань, що включає не лише самі лісові масиви, але й інфраструктуру та обладнання лісового господарства. Серйозною проблемою є мінування лісів, яке ускладнює гасіння пожеж та проведення лісогосподарських робіт. Наразі основні зусилля з розмінування зосереджені на сільськогосподарських землях, тоді як ліси залишаються переважно заблокованими для безпечного доступу.

У короткостроковій перспективі пріоритетними завданнями є розмінування лісових територій, відновлення пошкодженої інфраструктури, боротьба з лісовими пожежами, відновлення розсадників та лісовідновлення, а також реконструкція транспортної мережі для забезпечення доступу до лісів. Міжнародні партнери, зокрема FAO, вже розпочали мобілізацію ресурсів для надання невідкладної допомоги [5,6].

У середньостроковій перспективі необхідно впроваджувати стале лісоуправління, адаптоване до змін клімату, з акцентом на збереження біорізноманіття та впровадження ефективних екологічних і економічних механізмів управління лісовим сектором. Це включає перехід до близькоприродного лісівництва, гармонізацію українського законодавства з вимогами ЄС, зокрема щодо простежуваності походження деревини, та впровадження цифрових інструментів для моніторингу та управління лісовими ресурсами. Звіт також підкреслює важливість міжнародної підтримки у

відновленні лісового сектору України. Зокрема, зазначається роль міжнародних партнерів у наданні фінансової та технічної допомоги, обміні досвідом та сприянні інтеграції України до європейської системи сталого лісоуправління [7].

Таким чином, звіт FOREST EUROPE окреслює комплексний підхід до відновлення та сталого управління лісами України, що включає як невідкладні заходи з ліквідації наслідків війни, так і стратегічні реформи для забезпечення довгострокової стійкості лісового сектору [8].

Дослідження, проведене Європейським Об'єднаним дослідницьким центром (JRC) та опубліковане в журналі Nature, виявило глобальне зниження стійкості лісів у період з 2000 по 2020 рік. Аналіз супутникових даних у поєднанні з методами машинного навчання показав, що тропічні, посушливі та помірні ліси втратили здатність ефективно відновлюватися після природних і антропогенних стресів. Основними причинами цього є зменшення доступності води та зростаюча кліматична мінливість [9].

На відміну від цього, бореальні ліси демонструють локальні відмінності з тенденцією до підвищення стійкості, ймовірно, завдяки потеплінню та ефекту "добрива" від підвищеного рівня CO₂. Ці зміни спостерігаються як у керованих, так і в недоторканих лісах, що свідчить про вплив глобальних кліматичних факторів. Близько 23% недоторканих лісів вже досягли критичного порогу, після якого їхня здатність до відновлення значно знижується. Це загрожує ключовим екосистемним послугам, таким як поглинання вуглецю, збереження біорізноманіття та регулювання водного балансу. Отримані результати підкреслюють необхідність врахування цих тенденцій при розробці стратегій збереження, відновлення та адаптації лісів до змін клімату [10].

Звіт "Vulnerability of European forests to natural disturbances" Європейського Об'єданого дослідницького центру (JRC) представляє масштабне дослідження вразливості лісів Європи до трьох основних природних загроз: пожеж, буревіїв та нашествия шкідників. Метою роботи було оцінити, наскільки сильно лісові екосистеми Європи реагують на ці типи порушень, з урахуванням кліматичних, ландшафтних і структурних характеристик лісу. Для цього було використано

спутникові дані за 2000–2017 роки, кліматичні записи, бази даних про порушення та машинне навчання (Random Forest).

Основним висновком дослідження є те, що найбільші втрати біомаси спостерігаються при буревіях (в середньому 38% втрати біомаси, або ~17 т/га), порівняно з пожежами (~24%, ~12,5 т/га) та нашествиями комах (~21%, ~9 т/га). Особливо вразливими є ліси Північної Європи, Скандинавії, Іберійського півострова, Туреччини. Центральна Європа виявилася найменш вразливою за всіма трьома факторами. Структурні характеристики лісів (вік, густина, запас деревини, біомаса) мали найбільший вплив на вразливість до буревіїв і пожеж, тоді як кліматичні фактори, такі як температура й опади, мали вирішальне значення для ураження шкідниками. Було встановлено, що зміни клімату, особливо зростання температури та зменшення кількості опадів, значною мірою підвищили вразливість лісів до природних порушень, особливо до інвазії шкідників, яка демонструє значне зростання по всій Європі.

Загальний індекс вразливості (Overall Vulnerability Index, OVI), який враховує сукупну дію всіх трьох типів загроз, показав середній рівень вразливості на рівні 62% (або близько 28 т/га втраченої біомаси). Найбільше це проявляється в Скандинавії, Іберійському півострові та Туреччині. Особливо помітне зростання вразливості було зафіксоване в Карпатах, Центральній Італії, на Балканах та в Центральній і Східній Європі.

Звіт наголошує на необхідності розробки адаптаційних стратегій на локальному рівні, оскільки країнозорієнтовані підходи (наприклад, звіти за країнами) не відображають повної картини просторової варіативності загроз. Зокрема, рекомендовано розробку нових моделей, які б поєднували дані про вразливість, небезпеку (hazard) та вплив (exposure), а також враховували б економічну вартість лісів і збереження біорізноманіття. У майбутньому дослідження планується доповнити оцінкою ризиків при сценаріях зміни клімату та різних варіантах лісоуправління, щоб надати точні рекомендації для політики та планування. Це дослідження є першим кроком до створення інтегрованої

системи оцінки вразливості лісів Європи та дає наукове підґрунтя для переходу до кліматично-адаптованого та стійкого лісоуправління [11].

Проект FORWARDS, профінансований Європейським Союзом у межах програми Horizon Europe, спрямований на підвищення стійкості лісів Європи до кліматичних змін і природних порушень. Його основною метою є створення ForestWard Observatory – інноваційної платформи для надання своєчасної, детальної та науково обґрунтованої інформації про вразливість і динаміку європейських лісів. Ця система має стати ключовим джерелом даних для прийняття рішень, пов'язаних із адаптацією лісового сектору до кліматичних викликів, відновленням екосистем і збереженням біорізноманіття.

У межах проекту передбачено об'єднання даних з наземних спостережень та супутникового моніторингу, зокрема на базі концепції "Monitoring Supersites", що дозволить аналізувати просторові та часові закономірності порушень у лісах. Також FORWARDS впроваджує інструменти для моделювання та прогнозування ризиків і траєкторій розвитку кліматично-розумного лісівництва. У проекті бере участь мережа пілотних ділянок у рамках п'яти демонстраційних кейсів та близько 50 польових випробувань, що будуть реалізовані за підтримки третіх сторін. Особлива увага приділяється участі стейкхолдерів – від політиків і науковців до місцевих громад, яким надається можливість долучатися до розробки та оцінювання ефективності заходів із відновлення лісів. FORWARDS є п'ятирічним проектом (2022–2027) з бюджетом понад 14,6 мільйона євро, координатором якого виступає Шведський університет сільськогосподарських наук. Очікується, що результатом проекту стане стале, кліматично адаптоване управління лісами, підкріплене потужною науковою та технологічною інфраструктурою, яка залишиться у спадок для наступних поколінь [12].

Згідно з дослідженням, проведеним Спільним дослідницьким центром Європейської комісії (JRC) і опублікованим у журналі Nature, кліматична мінливість спричиняє глобальне зниження стійкості лісів. Ліси займають майже третину поверхні Землі та відіграють ключову роль у глобальному вуглецевому циклі, поглинаючи близько третини антропогенних викидів вуглекислого газу, а

також надають екосистемні послуги, такі як регулювання водних потоків, захист ґрунтів і збереження біорізноманіття. Стійкість лісових екосистем, тобто їх здатність витримувати та відновлюватися після природних і антропогенних порушень, є критично важливою для їх функціонування. Однак експериментальні дані свідчать про різке збільшення смертності дерев у різних біомах Америки та Європи, що викликає занепокоєння щодо змін у стійкості лісів, хоча ще недостатньо відомо, як вона змінюється у відповідь на кліматичні зміни.

У новому дослідженні, проведеному JRC, вчені інтегрували супутникові індекси вегетації з методами машинного навчання, щоб показати, як змінилася стійкість лісів у період з 2000 по 2020 рік. Результати показали, що стійкість тропічних, посушливих і помірних лісів знизилася за цей період. Ці зміни пов'язані зі зменшенням водних ресурсів та збільшенням кліматичної мінливості. Натомість, бореальні ліси демонструють різноманітні локальні патерни з середнім збільшенням стійкості, ймовірно, завдяки потеплінню та ефекту добривання CO₂, які наразі можуть переважати над негативними ефектами кліматичних змін. Ці патерни з'являються послідовно як у керованих, так і в недоторканих лісах, що підтверджує наявність спільних масштабних кліматичних чинників.

Автори оцінюють, що загалом близько 23% недоторканих лісів уже досягли критичного порогу, і їх стійкість продовжує знижуватися. Це зниження може мати критичні наслідки для ключових екосистемних послуг, які надають ліси, таких як зберігання вуглецю. Спостережувані тенденції у стійкості лісів повинні враховуватися при розробці планів з пом'якшення та адаптації, а також при заходах з охорони та відновлення лісових екосистем [13,14 ,15 ,16 ,17].

Вразливість глобальних лісових екорегіонів до майбутніх змін клімату становить основну загрозу для біорізноманіття та екосистем у всьому світі. Тому важливо дослідити цю вразливість, щоб покращити глобальну мережу управління збереженням біорізноманіття та екосистем. Ми використали взаємозв'язок між видами та ареалами у поєднанні з кореляційним

моделюванням розподілу для проведення глобальної оцінки вразливості 387 лісових екорегіонів до майбутніх змін клімату в різних біомів, біогеографічних областях та природоохоронних статусах. Ми виявили, що 8,8% світових лісових екорегіонів є високо вразливими за сценарієм низької концентрації парникових газів, а 32,6% світових лісових екорегіонів є високо вразливими за сценарієм високої концентрації парникових газів. Крім того, загальна вразливість лісових екорегіонів була значно вищою за сценарієм високої, а не низької концентрації парникових газів. Зокрема, критичні або зникаючі лісові екорегіони широколистяних і мішаних лісів помірною поясу, хвойних лісів помірною поясу, тропічних і субтропічних сухих широколистяних лісів та тропічних і субтропічних вологих широколистяних лісів були дуже вразливими в Неарктичній, Неотропічній і Палеарктичній областях.

Для побудови CDM для площ поширення лісів в екорегіонах ми відібрали 10 кліматичних змінних з просторовою роздільною здатністю 10.0 arcmin. Ці 10 кліматичних змінних без мультиколінеарності (з абсолютними значеннями коефіцієнта кореляції < 0.75) включали середньорічну температуру, середньодобовий діапазон, ізотермічність (середньодобовий діапазон / річний діапазон температури) $\times 100$), річний діапазон температури (максимальна температура найтеплішого місяця - мінімальна температура найхолоднішого місяця), середню температуру найтеплішого кварталу, річну кількість опадів, кількість опадів найсухішого місяця, сезонність опадів (коефіцієнт варіації), кількість опадів найтеплішого кварталу і кількість опадів найхолоднішого кварталу. Ці показники відображають річні тенденції та сезонність; екстремальні значення можуть відображати ареали поширення лісів. Дані про поточні змінні були отримані з бази даних WorldClim (як поточні кліматичні змінні були використані середні значення з 1950 по 2000 рік; [18]), а дані про майбутні кліматичні змінні були взяті з П'ятої доповіді про оцінку Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (МГЕЗК) (AR5; [19]). Для прогнозування майбутніх площ поширення лісів було усереднено п'ять моделей загальної циркуляції. Було

розглянуто два сценарії концентрації парникових газів: сценарій низької та високої концентрації парникових газів.

Враховуючи стан збереження та вплив майбутніх змін клімату на лісові екорегіони, ми пропонуємо здійснювати моніторинг критичних або зникаючих лісів помірному поясу, а також тропічних і субтропічних лісів, які, як ми виявили, є дуже вразливими в Неарктичній, Неотропічній та Палеарктичній зонах. Загальна вразливість лісових екорегіонів до майбутніх змін клімату була значно вищою за сценарієм з високою концентрацією парникових газів порівняно зі сценарієм з низькою концентрацією парникових газів. У зв'язку зі збільшенням концентрації парникових газів, ми повинні інтегрувати майбутні зміни клімату в управління плануванням адаптації лісових екорегіонів, щоб підвищити ефективність глобальних систем збереження біорізноманіття [20].

Глобальна лісова ціль 1: Припинити втрату лісового покриву в усьому світі шляхом сталого лісокористування, включаючи захисту, відновлення, лісорозведення та лісовідновлення, а також активізувати зусилля для запобігання деградації лісів та сприяти глобальним зусиллям у боротьбі зі зміною клімату.

Глобальна лісова ціль 2: Збільшити економічні, соціальні та екологічні вигоди від лісів, у тому числі шляхом покращення засобів до існування людей, залежних від лісів.

Глобальна лісова ціль 3: Значно збільшити площу охоронюваних лісів у всьому світі та інших територій зі сталим веденням лісового господарства, а також частку лісової продукції, виробленої зі сталим веденням лісового господарства.

Глобальна ціль щодо лісів 4: Мобілізувати значно більші, нові та додаткові фінансові ресурси з усіх джерел для впровадження невиснажливого лісокористування та зміцнення науково-технічного співробітництва і партнерств.

Глобальна лісова ціль 5: Сприяти розвитку механізмів управління для впровадження невиснажливого лісокористування, в тому числі за допомогою інструменту Організації Об'єднаних Націй з питань лісів, та збільшити внесок

лісів у реалізацію Порядку денного у сфері сталого розвитку на період до 2030 року.

Глобальна лісова ціль 6: Посилити співпрацю, координацію, узгодженість і синергію з питань, пов'язаних з лісами, на всіх рівнях, у тому числі в рамках системи Організації Об'єднаних Націй та між організаціями-членами Спільного б партнерства з питань лісів, а також між секторами та відповідними зацікавленими сторонами. Доповідь про Глобальні лісові цілі ґрунтується на національних даних та інформації, наданих державами-членами у формі 52 добровільних національних звітів та 19 добровільних національних внесків. Ці оновлені дані про прогрес у досягненні Глобальних лісових цілей і завдань дають яскраву картину амбітних і надихаючих дій на місцях і в усьому світі. Ці розповіді, у поєднанні з якісними даними Глобальної оцінки лісових ресурсів ФАО за 2020 рік, свідчать про те, що, незважаючи на численні виклики, з якими стикаються країни, прогрес у досягненні всіх шести Глобальних лісових цілей досягається прогрес у досягненні всіх шести Глобальних цілей щодо лісів та пов'язаних з ними завдань. Очікується, що зі збільшенням кількості країн, які братимуть участь у майбутніх звітних циклах, з'явиться ширша загальна оцінка прогресу.

У своїх звітах країни описали низку перешкод, над подоланням яких вони працюють. Ключові виклики варіювалися від ширших глобальних проблем, таких як зростаючий вплив зміни клімату, втрата біорізноманіття та деградація земель, до таких викликів фінансування лісового господарства, нелегальної торгівлі та розбудови потенціалу, які підпадають під засоби впровадження сталого лісоуправління.

Крім того, прийняття Статистичною комісією ООН у березні 2021 року стало важливим кроком для забезпечення визнання природного капіталу, такого як ліси, в економічній звітності. Ключовим аспектом екосистемного обліку є те, що він дозволяє виразити внесок екосистем у життя суспільства у грошовому еквіваленті, щоб цей внесок можна було легше порівняти з іншими товарами та послугами, таким чином розширюючи поняття або вийти за рамки ВВП як

всеохоплюючого показника багатства. Як результат, особи, які приймають рішення, незабаром матимуть інтегровані екосистемні послуги, які ліси надають місцевій економіці, соціальному добробуту та засобам до існування, а також на глобальному рівні щодо зберігання вуглецю, захисту біорізноманіття, фільтрації води та зменшення ризиків стихійних лих. За деякими оцінками, ці показники можуть сягати трильйонів. Ці інновації сприятимуть досягненню Глобальних лісових цілей, а також багатьох інших екологічних цілей. На тлі цих викликів і можливих рішень світ все ще бореться з пандемією COVID-19. Звіт про фінансування сталого розвитку за 2021 рік (FSDR) попереджає, що COVID-19 може призвести до втрати десятиліття для розвитку.

У звіті зазначається, що приблизно половина найменш розвинених країн та інших країн з низьким рівнем доходу мали високий ризик боргової кризи або були в боргових зобов'язаннях ще до COVID-19 - ситуація погіршиться через падіння податкових надходжень і зростання рівня боргу внаслідок пандемії. У цьому контексті розробка інтегрованих національних фінансових рамок (ІНФР) може допомогти країнам подолати перешкоди, управляти ризиками, збільшувати інвестиції та досягати більш тривалими ризиками, збільшити інвестиції та досягти довгострокових пріоритетів сталого розвитку [21].

Зміна клімату становить значний виклик для світових лісів, що вимагає глибшого розуміння біологічних механізмів та адаптаційних стратегій для підвищення стійкості екосистем. Розуміння біологічних особливостей адаптації лісів є життєво важливим для довгострокової стійкості. Генетичні, фенотипічні та біохімічні механізми адаптації лежать в основі стійкості лісів до змін навколишнього середовища. У цьому розділі розглядається адаптація лісів до зміни клімату, включаючи генетичне різноманіття та методи адаптивного управління. Складні екосистеми лісу демонструють дивовижну здатність пристосовуватися до мінливого клімату. Генетичне різноманіття відіграє в цьому вирішальну роль, оскільки природний відбір віддає перевагу особинам з вигідними ознаками, забезпечуючи збереження стійких генотипів. Фенотипова пластичність дозволяє деревам пристосовувати свою форму і функції у відповідь

на зміни навколишнього середовища, підвищуючи загальну пристосованість. Міграція видів допомагає лісам відстежувати відповідні кліматичні умови, але часто відстає від кліматичних змін. Стратегії сприяння міграції, що включають цілеспрямовану трансплантацію видів, можуть подолати цю прогалину. Деревя використовують фізіологічні механізми для боротьби з посухою та спекою, включаючи захисні ферменти та метаболічні зміни.

Адаптивне ведення лісового господарства підвищує стійкість завдяки селективному розведенню, імітації природних порушень та створенню мішаних лісів. Врахування екологічних взаємодій та функціональних особливостей у підходах до управління сприяє цілісній адаптації. Зусилля з відновлення оселищ сприяють відновленню місцевих видів і підвищують стійкість, а практики збереження ґрунтів і води мають вирішальне значення для здоров'я лісів. Кліматоорієнтоване лісове господарство підвищує стійкість екосистем, забезпечуючи при цьому цінні послуги та економічні вигоди. Адаптивне управління, відновлення оселищ та кліматично орієнтоване лісове господарство мають важливе значення для орієнтації в умовах нестабільного клімату, дозволяючи лісам процвітати в умовах змін. Цей розділ може бути корисним для наукової спільноти та політиків, допомагаючи їм зрозуміти стійкість лісових екосистем та адаптацію до зміни клімату, а також розробити стратегії боротьби з наслідками зміни клімату для лісових екосистем [22].

Дослідження, спрямовані на підтримку адаптації до зміни клімату, все ще значною мірою зосереджені на оцінці впливу та вразливості. Однак більш досконала оцінка впливу не обов'язково призводить до прийняття кращих управлінських рішень. З'являються міждисциплінарні дослідницькі підходи, які інтегрують традиційні науки про лісові екосистеми з соціальними, економічними та поведінковими науками для покращення процесу прийняття рішень. Реалізація варіантів адаптації найкраще досягається шляхом формування спільного розуміння майбутніх викликів серед різних установ, відомств, лісовласників та зацікавлених сторін. Партнерства між науковими дослідженнями, політикою і практикою, які визнають місцеві потреби в

управлінні та знання корінних народів і інтегрують їх з кліматичними та екосистемними науками, можуть сприяти покращенню процесу прийняття рішень [23].

Висновок до розділу 1. В розділі 1 опрацьовано наукову літературу щодо впливу кліматичних змін на ліси та методів підвищення їх стійкості. Виявлено, що сучасні екологічні виклики пов'язані зі змінами клімату, збільшують ризики пожеж, поширення шкідників і хвороб у соснових лісах. Також розглянуто спільне розуміння науковців і практиків щодо необхідності адаптивного лісового менеджменту, який враховує нові кліматичні реалії.

РОЗДІЛ 2

КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Характеристика Поліської природної зони

Полісся – це одна з природних зон України, яка займає північну частину країни і простягається через кілька областей, зокрема Волинську, Рівненську, Житомирську, Київську, Чернігівську та частково Сумську. Для цього регіону характерний переважно рівнинний рельєф, наявність великої кількості боліт, озер, річок, а також значні площі лісів, у яких домінують хвойні та мішані породи, зокрема сосна звичайна. Клімат Полісся помірно-континентальний, із достатнім зволоженням, що створює сприятливі умови для зростання лісової рослинності. У ґрунтовому покриві переважають дерново-підзолисті супіщані ґрунти, які менш родючі, ніж у Лісостепу або Степу, але добре підходять для росту хвойних порід.

Полісся відіграє важливу роль у формуванні водного режиму, утриманні вуглецю, збереженні біорізноманіття, а також має рекреаційне й господарське значення. Загалом, природно-географічне районування України передбачає поділ території на кілька зон: Полісся, Лісостеп, Степ, Карпати та Кримські гори. Кожна з них має свої особливості клімату, ґрунтів, рослинності й рельєфу. Полісся в цьому поділі займає важливе місце як зона, де зосереджені значні площі природних лісів, болотних угідь і водно-болотних екосистем, які особливо чутливі до кліматичних змін.



Рис. 1. Поліська зона

На зображеній карті представлена Поліська природна зона України. Вона виділена яскраво-зеленим кольором і охоплює північну частину країни, проходячи через низку адміністративних областей, зокрема: Волинську, Рівненську, Житомирську, Київську, Чернігівську та частково Сумську. На карті також нанесені межі областей, районів та державного кордону України.

Ґрунти Полісся, здебільшого, дерново-підзолисті, супіщані, менш родючі, ніж у лісостеповій або степовій зонах. Через це зона менш придатна для інтенсивного землеробства, проте є важливою з точки зору лісового господарства, заготівлі деревини, а також має значення як регіон з високим біорізноманіттям та водно-болотними угіддями.

Також Полісся має велике значення у екологічному та ресурсному аспектах – воно виконує функції вуглецевого поглинача, регулює гідрологічний режим, є місцем збереження багатьох рідкісних видів флори і фауни.

У таблиці додатку А «Адміністративні райони Поліської природної зони» представлено перелік адміністративних районів і громад, що входять до складу Поліської природної зони України. Для кожної адміністративної одиниці вказано її назву, область, до якої вона належить, а також площу території в гектарах. Території, зазначені в таблиці, охоплюють північні області України зокрема Чернігівську, Житомирську, Київську, Рівненську, Волинську та частково Сумську. Це повністю відповідає географічному положенню Полісся, як зони, що простягається вздовж північного кордону України.

Усього в таблиці подано інформацію про 173 громади та райони, які є складовими частинами Полісся. В останньому рядку наведено загальну площу всієї цієї зони, яка становить понад 8,6 мільйона гектарів (а саме 8 659 309,859 га). Така площа свідчить про значну роль Полісся у територіальній структурі України. Представлена інформація дозволяє не лише оцінити масштаби Поліської зони, але й провести аналіз розподілу земель між різними адміністративними одиницями.

Таблиця «Адміністративні райони Поліської природної зони» є важливим доповненням до картографічного матеріалу: вона дає змогу кількісно охарактеризувати просторове охоплення Полісся, порівняти площі окремих громад, а також застосовувати ці дані для природоохоронного планування, управління ресурсами, ведення лісового господарства чи наукових досліджень. Таким чином, таблиця має як інформаційне, так і практичне значення для розуміння особливостей цієї унікальної природної зони України [85].

2.2 Характеристика лісів

В межах лісового фонду України загальна площа становить 10,4 млн га, з яких 9,6 млн га вкриті ліською рослинністю. Лісистість країни сягає 15,9 %, проте розподіл лісів на території є дуже нерівномірним через географічні та кліматичні чинники. Понад половину лісових масивів створено штучно, тому вони вимагають посиленого догляду та догляду за молодими насадженнями.

Вікова структура лісів характеризується домінуванням середньовікових насаджень, частка стиглих і перестиглих лісів становить 18,7%. Середній вік лісів перевищує 60 років, що спричинює поступове старіння насаджень і погіршення їх санітарного стану.

Фіторізноманіття українських лісів налічує понад 30 видів деревних порід. Серед них найпоширенішими є сосна, дуб, бук, ялина, береза, вільха, ясен, граб і ялиця. Хвойні насадження займають 43% загальної лісової площі (із них 35% – сосна), твердолистяні – також близько 43% (зокрема 37% – дуб і бук).

Запаси деревини в усіх лісах держави оцінюються в 2,3 млрд м³, а середньорічний приріст становить 35 млн м³. У лісах, що перебувають у віданні Держлісагентства, середній приріст на 1 га складає 3,9 м³/рік: від 5,0 м³ у Карпатах до 2,5 м³ у Степовій зоні. Зростання запасів підтверджує високий економічний і природоохоронний потенціал українських лісів. Середньостатистичний запас деревини на 1 га в Україні – близько 235 м³ (10-те місце в Європі), тоді як у Польщі – 288 м³, а в Швеції – 131 м³. У лісах Держлісагентства середній запас становить близько 251 м³ на гектар.

Згідно із Земельним та Лісовим кодексами, ліси можуть бути державною, комунальною та приватною власністю. Переважна більшість належить державі; близько 13% (1,3 млн га) лісових земель передбачено передати у комунальну власність, тоді як приватні ліси займають менше 0,1% площі. При цьому близько 800 тис. га лісових земель ще не передано в користування.

Державні ліси закріплено за багатьма підприємствами різних відомств, але на Держлісагентство припадає близько 73% усієї площі лісового фонду. У 2024 році ним проведено лісовідновлення на площі 29,1 тис. га та лісорозведення на 6,1 тис. га, а природне поновлення відбулося на 7,3 тис. га.

Лісові ландшафти відіграють важливу роль у природно-заповідному фонді: кожен другий заповідний гектар в Україні – це ліс. У підвідомчих Держлісагентству лісах до заповідного фонду включено близько 16% площі. За останні 40 років заповідні території зросли із 0,3 млн га у 1978 році до 1,3 млн га у 2024 році, а питома вага заповідності – із 5,5% до 16%.

У результаті реорганізації природно-заповідної сфери у 2021 році до Міністерства захисту довкілля передано дев'ять об'єктів ПЗФ загальною площею 97,5 тис. га.

Держлісагентство здійснює постійний моніторинг надзвичайних ситуацій у лісах (пожежі, обстріли, мінування, втрата доступу) і документує збитки внаслідок воєнної агресії рф. Станом на кінець 2024 року звільнено близько 0,9 млн га лісового фонду, 0,1 млн га перебувало в активних бойових діях, а орієнтовно 0,8 млн га залишаються тимчасово окупованими (АР Крим та частини Донецької, Запорізької, Луганської, Миколаївської, Харківської і Херсонської областей). Охорона лісів у зоні ризику ускладнюється й через обмеження доступу в прикордонних областях із Білоруссю та рф.

Через мінування лісових територій компанія ДП «Ліси України» провела торги й очистила 27,7 га лісів у 2024 році, проте біля 450 тис. га потенційно забруднені вибухонебезпечними предметами й потребують додаткового обстеження та розмінування.

У 2024 році ліквідовано 1 994 лісові пожежі на площі майже 24 тис. га, з яких 215 – великі пожежі (22 тис. га) і понад 1,6 тис. га верхових. Середня площа однієї пожежі становила 12 га, а збитки оцінюються в понад 13,8 млрд грн. Понад половину пожеж (57 %) ліквідовано силами ДСНС.

Погодні умови 2024 року (тепліша весна, дефіцит опадів, високий коефіцієнт пожежної небезпеки) сприяли зростанню кількості та площі пожеж: піки спостерігалися в травні, серпні та вересні. Зокрема, травень характеризувався 4–5 класом пожежної небезпеки в кількох областях, а в серпні-вересні – найвищими показниками (до 5 класу).

За офіційними даними, 23 надзвичайні ситуації через лісові пожежі охопили 17 946,1 га лісів: 12 випадків у Харківській області (11 540,2 га), 9 – у Донецькій (3 611,6 га) та 2 – у Полтавській (2 794,3 га). Повну оцінку збитків буде здійснено після деокупації та розмінування тимчасово окупованих територій. Основними причинами пожеж є вогневі дії з боку агресора (45 %), необережне поводження населення (35 %) і інші фактори (20 %) [24].

Для раннього виявлення пожеж використовують мережу пожежно-спостережних веж, що забезпечують огляд значних площ.

Одночасно Держлісагентство реалізує заходи з протидії шкідникам і хворобам, які посилюються внаслідок кліматичних змін. За останнє десятиліття середньорічна температура в помірній зоні зросла на 1,5 °С, а літні опади скоротилися на 20–30 %, створивши сприятливі умови для шкідників, хвороб та масштабних вітровалів [2563].

У 2024 році зафіксовано нові осередки всихання на площі 164,9 тис. га, з яких ліквідовано 138,9 тис. га; станом на 31 грудня залишок складали 218,7 тис. га (92,2 тис. га сосни, 73,4 тис. га дуба, 7,7 тис. га ялини та 45,4 тис. га інших порід) [26].

Управління лісами України поступово адаптується до принципів сталого лісокористування, передбачених Лісовою стратегією ЄС та Методологією Лісового планування. Впроваджуються сертифікація лісів за міжнародними стандартами FSC та PEFC, що забезпечує підвищену екологічну відповідальність підприємств і доступ до європейських ринків. Нарощується роль лісів у вуглецевому балансі: національні ініціативи зі збільшення вуглецевих накопичень включають створення малових каліберних рубок, збагачувальні посадки й оздоровлення старих насаджень, що сприяє поглинанню до 10 млн т CO₂ щорічно.

Екосистемні послуги лісів – регулювання водного режиму, захист ґрунтів від ерозії, охорона біорізноманіття – закріплюються через створення буферних зон уздовж водотоків, відновлення болотних ландшафтів та розширення заповідних територій. Активно розвивається зелений туризм і мисливське господарство як додаткові джерела доходів громад, що сприяє соціально-економічній стійкості сільських регіонів.

Важливим напрямом є інтеграція лісового сектору у «зелену» економіку: розвиток біоенергетики на основі відходів деревообробки, виробництва деревного палива та біочар-технологій. Це дозволяє зменшити навантаження на природні екосистеми та підвищити енергонезалежність країни.

Поліський лісовий район займає близько 4,2 млн га території України, з яких лісова рослинність вкриває близько 1,1 млн га (26,8 % площі), тоді як оптимальна лісистість для цього регіону становить близько 32 %¹. Полісся вирізняється переважанням дубово–соснових та вільхово–березових насаджень на дерново–підзолистих і торфово–болотних ґрунтах. Особливістю регіону є значна частка боліт і заболочених лісів, де формуються сфагнові мохово–сфагнові асоціації, важливі для підтримки водного балансу та накопичення вуглецю [27].

Дуб звичайний і сосна звичайна становлять понад 40 % від усіх лісових насаджень Полісся. Вільха чорна поширена переважно вздовж річок та на дрена–жованих болотах, водночас береза пре–важно росте на підвищених ділянках з біднішими ґрунтами [28]. Типові вторинні лісові угруповання містять граб, осику та клени – вони поступово заміщують основні породи в результаті змін гідрологічного режиму та антропогенних впливів.

Поліські ліси виконують ключову роль у регуляції водного режиму: вони зменшують швидкість стоку, сприяють підтримці рівня ґрунтових вод і знижують ризик паводків [29]. Болотні екорегіони утримують до 30 % загального запасу води в регіоні, а їх збереження – важливий пріоритет для адаптації до кліматичних змін.

Управління лісами Полісся спрямоване на відновлення природних деревостанів, водночас проводять заходи з осушення частини боліт за часів радянської меліорації, що призвело до зниження рівня ґрунтових вод і деградації деяких ділянок [30]. Сьогодні відбувається поступове закриття меліоративних систем і відновлення природного гідрологічного режиму в межах заповідних територій – Поліський та Росько–Деснинський заповідники, а також численні державні лісопарки.

Основними загрозами для лісів Полісся є надмірна торфозаготівля, неконтрольовані пожежі на торф'яниках, а також масове всихання соснових насаджень через поєднання підвищених температур і зниження вологості ґрунту [31]. В останнє десятиліття зростає поширення короїда–типографа та інших

шкідників, що вражають ослаблені стресом дерева. Для протидії цим викликам використовують сучасні методи моніторингу (БПЛА, супутникове спостереження) та інтегровану систему захисту лісів.

Екосистемні послуги поліських лісів включають рекреацію, біорізноманіття та кліматичне регулювання. Розвивається зелений туризм: облаштовують інформаційні стежки, еко-точки спостереження за птахами й рослинністю. Це сприяє соціально-економічному розвитку місцевих громад без надмірного втручання в природні процеси [32].

2.3 Характеристика клімату

Більша частина України розташована в помірному кліматичному поясі, який формується під впливом помірно теплого і вологого повітря з Атлантичного океану. Рівнини та степ покривають 95% території країни, а решта території вкрита поліськими мішаними лісами на півночі, Карпатськими горами на заході та Кримськими горами на півдні (Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України, 2016; USAID, 2016).

Україна має літній і зимовий сезони, причому на заході та північному заході спостерігається м'якший і вологіший сезон, а на півдні та південному сході випадає менше опадів і спостерігається більша мінливість температур між сезонами.

Хоча це недостатньо задокументовано, на річну мінливість клімату в Україні впливає Ель-Ніньо-Південне коливання (ENSO), причому Ель-Ніньо (тепліші та сухіші роки) асоціюються з посухами по всій країні (FAO & World Bank, 2019).

Середньорічна температура зросла на $0,8^{\circ}\text{C}$ (порівняно із середніми показниками 1961-1990 рр.), з найбільшим зростанням на 2°C у січні (Shevchenko et al., 2014).

Початок весни та осені змінився: тепер вони настають на 6 днів раніше порівняно з 1961-1990 роками (Shevchenko et al., 2014). Незначна мінливість

загальної річної кількості опадів, але значна зміна кількості екстремальних опадів та їх характеру; кількість сильних снігопадів за останні роки збільшилася втричі. Прогнозується збільшення кількості опадів у північних та північно-східних регіонах та зменшення на 5-10% у південних та південно-східних регіонах до 2050 року (Світовий банк, 2021). У східних регіонах до 2100 року очікується значна мінливість опадів (зменшення на 50% влітку і збільшення на 60% восени) (Гнатюк та ін., 2013). Очікується, що сезонно кількість опадів збільшиться взимку та навесні, а влітку зменшиться (USAID, 2016) [33].

В Україні створена і продовжує розвиватися національна законодавча та нормативно-правова база з питань зміни клімату. Оскільки територія України охоплює п'ять різних природних зон і країна характеризується різноманітністю екосистем, вплив зміни клімату на ліси може проявлятися по-різному в різних природних зонах та на субрегіональному рівні. Саме тому існують суперечливі думки щодо наслідків впливу зміни клімату на ліси.

Наприклад, професор Я. Дідух зазначає, що підвищення температури лише на 1°C в умовах України призводить до зміщення широтних меж природних зон на 160 км. Підвищення температури, спричинене потеплінням, призведе до збільшення випаровування вологи з поверхні ґрунту. Це може призвести до опустелювання піщаних дюн лісової зони (Полісся). У лісостеповій та степовій зонах зміна клімату інтенсифікує розкладання гумусу, що призведе до зменшення вмісту гумусу в ґрунтах і зниження їхньої родючості. Рівень водних поверхонь на півдні України може підвищитися, що призведе до підвищення рівня водних поверхонь, збільшиться кількість опадів, що призведе до загострення паводкових процесів. Це, в свою чергу, призведе до заболочування та засолення територій, що матиме негативний вплив не лише на ліси та сільськогосподарське виробництво, але й на якість життя населення.

Згідно з отриманими результатами моделювання, прогнозується підвищення температури в усі сезони року за умови подвоєння концентрації CO₂ в атмосфері. Так, згідно зі сценаріями, розробленими на основі моделювання

СССМ та GISS, температура повітря найбільш суттєво зросте взимку, а за сценаріями GFDL та UKMO - навесні. Згідно з останніми двома сценаріями, потепління в Україні збільшуватиметься з півдня на північ і буде найбільшим на півночі, в регіоні Українського Полісся в зимовий та весняний сезонів. За всіма сценаріями збільшиться кількість опадів, причому в окремі сезони це збільшення може перевищити поточний рівень на 20%.

Узагальнення результатів моделювання показало, що внаслідок зміни температурного режиму, режимів зволоження та зміни континентальності клімату, межі лісорослинних регіонів та лісорослинних зон будуть змінюватися. Зміна клімату призведе до розширення цих територій і сприятиме поширенню видів з великою амплітудою, в той час як погано адаптовані види з вузькою екологічною амплітудою будуть зменшуватимуться і, можливо, вимеруть. Разом зі змінами в ареалах основних лісоутворюючих видів України, зміни в лісорослинних регіонах визначатимуть регіональний характер змін у структурі лісових екосистем та їх біологічній продуктивності. На рівні лісових фітоценозів зміни проявлятимуться у тенденціях заміни домінуючих видів, у деревостанах, динаміці росту та стійкості насаджень, а також у їхній структурі.

Згідно з прогнозом зміни клімату в рамках симуляції СССРМ, відбудеться значне потепління. Найбільші зміни середньомісячних температур прогнозуються для південної частини лісостепової та степової зон. Найбільше зменшення кількості опадів очікується в степовій зоні, тоді як на півночі та північному заході країни середньорічна кількість опадів збільшиться. Кліматичні умови, що визначають зони лісової рослинності, змістяться у бік більш сухих і теплих типів. Можливо, тут з'явиться зона теплих сухих лісів, поширена в центральній частині Сполучених Штатів Америки, з'явиться і тут, що буде досить незвично для України. Умови зростання лісу в степовій зоні будуть подібні до степових умов Іспанії. На Кримському півострові з'являться умови, придатні для зростання субтропічних субтропічних колючих рідколісся. Зона помірно теплих сухих лісів займе територію нинішньої лісостепової зони сучасної лісостепової зони і частково територію лісової зони. Моделювання

динаміки площ основних лісоутворюючих порід показує, що в результаті зміни клімату площа лісів може зменшитися на 47% [34].

Оцінка впливу зміни клімату на ліси України була проведена для 5 періодів - кліматичної норми ВМО або «стандартного періоду» (1961-1990 рр.), «недавнього періоду» (1991-2010 рр.) та трьох прогнозів - «найближчого майбутнього» (2011-2030 рр.), «проміжного майбутнього» (2031-2050 рр.) та «віддаленого майбутнього» (2081-2100 рр.). Для оцінки прогнозів зміни основних та деяких спеціалізованих кліматичних показників були обрані сценарії МГЕЗК SRES B1, A2 та A1B. «Збалансований» сценарій A1B, близький до (і дещо жорсткіший за) RCP6.5, розглядався як найбільш вірогідна траєкторія майбутнього розвитку. Для оцінки впливу основних кліматичних факторів на вразливість лісів було використано ряд сценаріїв A1B±T±P для розгляду різних комбінацій екстремальних змін температури (T) та опадів (P) в A1B з використанням 10% та 90% центилів ансамблів RCM для зміни температури та опадів замість середніх значень. Враховуючи, що основні ризики для українських лісів пов'язані з недостатнім водопостачанням, «теплий і сухий» сценарій A1B+T-P (підвищення температури та зменшення кількості опадів) розглядався як критичний для оцінки майбутньої вразливості українських лісів [35].

Клімат Полісся помірно-континентальний, з теплим і вологим літом та м'якою, похмурою зимою. Взимку домінує атлантична повітряна маса, а влітку переважає модифікована континентальна повітряна маса. Континентальність зростає із заходу на схід. Середньорічна температура коливається від 6,5°C до 7,5°C; середня температура січня знижується від -4°C на заході до -7°C на сході, а мінімальна температура падає від -32°C до -39°C. Літні температури майже однакові: середня температура становить 18°C на північному заході і 19°C на південному сході. Безморозний період становить 170 днів на північному сході і 180 днів на південному заході. Річна кількість опадів коливається від 600 до 650 мм, хоча в будь-який рік може коливатися від 300 до 950 мм. Максимум припадає на червень і липень, коли часто випадають сильні дощі і навіть зливи. Сніговий

покрив тримається від 90 до 100 днів, а його глибина коливається від 15 см на заході до 30 см на сході. Тумани трапляються часто - 60-70 днів на рік, переважно з жовтня по січень [36].

З середини 1990-х років у Поліссі спостерігається помітне зростання кількості та інтенсивності сильних снігопадів, що особливо характерно для північних районів Житомирської області, зокрема у зоні Поліського природного заповідника. Підвищення частоти екстремальних снігових опадів супроводжується збільшенням їхньої тривалості та вертикального накопичення снігового покриву, що створює додаткові навантаження на лісові масиви та інфраструктуру. Водночас випадки налипання мокрого снігу, що відповідають критеріям небезпечних погодних явищ, зменшувалися протягом 1980-х років; уже в 1990-х роках їхня кількість значно зросла, однак із початку XXI століття тенденція знову звернулася до зниження. Одночасно зменшилися й середні діаметри снігових відкладень, а також тривалість їх наростання і збереження на гілках дерев.

У другій половині XX століття в Україні, зокрема в Поліссі, відзначалося загальне зменшення випадків сильних ожеледно-паморозевих явищ, включно зі сильною ожеледдю, яка досягла мінімальних показників наприкінці 1980-х на початку 1990-х років. Водночас тривалість періодів обмерзання поступово зростала, тоді як товщина крижаних відкладень залишалася майже незмінною. У кінці XX на початку XXI століття кількість сильних обледенінь у Поліссі знову почала зростати, хоча їхні діаметри та тривалість залишалися меншими порівняно з попередніми декадами. Паралельно з цими тенденціями на поліському кліматі позначилася посилена антициклональна діяльність, яка сприяє встановленню спекотної та сухої погоди у теплий період року. Подовження таких бездощових інтервалів, що супроводжуються підвищенням середньодобової температури повітря, збільшенням швидкості вітру та зниженням відносної вологості, формує значну пожежну небезпеку. За спостереженнями останніх десятиліть, особливо в околицях Поліського природного заповідника, простежується стійка тенденція до зменшення частоти

помірної пожежної небезпеки та одночасного зростання кількості днів із високим і надзвичайно високим рівнем пожежного ризику. Це вимагає від лісових господарств та підрозділів цивільного захисту посиленої профілактичної роботи: планування додаткових протипожежних заходів, облаштування мінералізованих смуг, організації аеропатрулювання лісових територій та проведення інформаційно-роз'яснювальних кампаній серед населення.

Таким чином, сучасні кліматичні зміни в Поліссі поєднують у собі зростаючу кількість як силових снігопадів, так і екстремальних сухих періодів із високою пожежною небезпекою. Це зумовлює необхідність інтегрованого підходу до моніторингу погоди, своєчасного прогнозування стихійних явищ і адаптації лісового господарства до нових кліматичних реалій [37].

Висновок до розділу 2. У другому розділі охарактеризовано об'єкт дослідження – Полісся України. Зокрема, вивчено природні умови цієї зони, її клімат, типи лісів і їхні особливості. Виявлено, що соснові ліси тут займають значну площу, але водночас є дуже вразливими до змін клімату, зокрема тривалих посух, зниження рівня ґрунтових вод і зростання температур. Також проаналізовано сучасні кліматичні тенденції, що впливають на лісові екосистеми, і зростаючу загрозу пожеж.

РОЗДІЛ 3

МЕТОДИКА ЗБОРУ, ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ПЕРВИННА ОБРОБКА ДОСЛІДНОГО МАТЕРІАЛУ

3.1 Методика збору дослідних даних

Для дослідження я використовувала різні джерела інформації, щоб отримати повну картину про стан соснових лісів Полісся та вплив на них шкідників, пожеж і змін клімату. В першу чергу я працювала зі звітами державного підприємства «Ліси України», які містять офіційну інформацію про стан лісів і заходи щодо їх охорони.

Також взяла дані з офіційних сайтів екологічних і лісових служб, де є актуальна статистика по пожежах, поширенню шкідників і змінах клімату в регіоні. Важливу роль відіграли наукові статті та міжнародні звіти, які допомогли зрозуміти глобальні і регіональні тенденції.

Крім того, я опрацювала статистику пожеж за останні роки, яку отримав з Державної служби з надзвичайних ситуацій та лісових охоронних служб. Це допомогло оцінити масштаби і причини пожеж, а також виявити сезонні закономірності. Також важливою була інформація про кліматичні фактори – посухи, підвищення температур і зниження рівня ґрунтових вод, що роблять ліси більш вразливими.

3.2 Характеристика дослідного матеріалу

The screenshot shows the ScienceDirect website interface. At the top, there is a navigation bar with the ScienceDirect logo, 'Journals & Books', 'Help', 'Search', 'My account', and 'Sign in'. Below this is a secondary bar with 'Access through your organization' and 'Purchase PDF'. The main content area features the journal title 'Science of The Total Environment', Volume 262, Issue 3, 15 November 2000, Pages 221-229. The article title is 'Climate change and forest fires' by M.D. Flannigan, B.J. Stocks, and B.M. Wotton. The abstract is visible, starting with 'This paper addresses the impacts of climate change on forest fires and describes how this, in turn, will impact on the forests of the United States. In addition to reviewing existing studies on climate change and forest fires we have used two transient general circulation models (GCMs), namely the Hadley Centre and the Canadian GCMs to...'. On the right side, there are sections for 'Part of special issue' (celebrating 50 years of STOTEN), 'Recommended articles' (including 'Major perturbations in the Earth's forest ecosystems' and 'Modelling wildfire occurrence'), and a 'FEEDBACK' button.

Рис. 3.1. Платформа ScienceDirect стаття про кліматичні зміни та лісові пожежі

ScienceDirect – це провідна платформа наукової інформації, що надає доступ до понад 18 мільйонів рецензованих публікацій з більш ніж 4 000 журналів і 30 000 електронних книг у галузях природничих, технічних, медичних, соціальних та гуманітарних наук. Платформа належить видавництву Elsevier і є одним із найбільших джерел повнотекстових наукових матеріалів у світі. Анотації більшості статей доступні безкоштовно, тоді як повні тексти зазвичай вимагають передплати або оплати за перегляд, за винятком публікацій з відкритим доступом. ScienceDirect є важливим ресурсом для дослідників, викладачів і студентів, які шукають надійні наукові джерела для навчання та досліджень.

UKRAINE

Igor Fedorovich Buksha

Study of climate change impact on forest ecosystems, and the development of adaptation strategies in forestry

Ukraine has created and continues to develop a national legislative and regulatory basis relevant to the issue of climate change (Appendix 1). As Ukraine spans five different natural zones and the country is characterized by a variety of ecosystems, the impact of climate change on forests may manifest itself in different ways in different natural zones and at the sub-regional level. This is why contradictory opinions abound on the effects of climate change impact on forests. As an example, Professor Y. Didukh notes that a temperature increase by only 1°C in the conditions of Ukraine results in a 160 km shift in the latitudinal borders of the natural zones. The temperature increase caused by warming will result in increased moisture evaporation from the soil surface. This may result in desertification on the sand dunes of the forest zone (Polesye). In the forest-steppe and steppe zones, climate change will intensify the decomposition of humus and this will result in less humus content in soils and in decreased soil fertility. The level of water surfaces in the south of Ukraine may rise, so will the amount of precipitation, and this will aggravate flooding processes. This, in turn, will result in bogging and salinization of areas, with a negative impact on not only the forests and agricultural production, but also on the quality of life of the population.

The main results of the empirical observations and the climate change forecasts in Ukraine are presented in Appendix 2. One of the first results of a complex assessment of climate change effects on the forestry of Ukraine were obtained within the framework of the international US Aid Programme to developing countries with economies in transition, designated for climate change studies – US Country Studies Program.

The selection and analysis of various climate change scenarios, developed with the use of simulation studies, plays an important role in the research process. The climate change forecast for the conditions of Ukraine was made using four models: CCCM (Canadian Climate Centre Model; sensitivity to doubled atmospheric CO₂ concentration = 3.5°C), GFDL (Geophysics Fluid Dynamics Laboratory model; sensitivity to doubled atmospheric CO₂ concentration = 4.0°C), GISS (Goddard Institute for Space Studies model; sensitivity to doubled atmospheric CO₂

Рис. 3.2. Стаття І.Ф. Букші про вплив змін клімату на лісову екосистему

The image shows the homepage of the GCM Downscaled Data Portal. At the top left, the text 'GCM DOWNSCALED DATA PORTAL' is displayed in a stylized font. To the right, there are logos for CGIAR and CCAFS, along with the text 'RESEARCH PROGRAM ON Climate Change, Agriculture and Food Security'. A navigation bar contains links for 'Home', 'Data', 'Methods', 'Documentation', 'Links', and 'Citations'. A yellow news banner provides information about a new paper: 'News: When citing the CCAFS-Climate Statistically Downscaled Delta Method data please cite our new paper: Navarro-Racines, C., Tarapues, J., Thornton, P., Jarvis, A., and Ramirez-Villegas, J. 2020. High-resolution and bias-corrected CMIP5 projections for climate change impact assessments. Sci Data 7, 7, doi:10.1038/s41597-019-0343-8'. Below the banner, there are six vertical menu items, each with a globe icon: 'Spatial Downscaling', 'ClimateWizard', 'Bias Correction', 'Methods', 'Useful Documents', and 'Citations'.

Рис. 3.3. Сайт CCAFS Climate надає відкритий доступ до високоточних кліматичних даних.

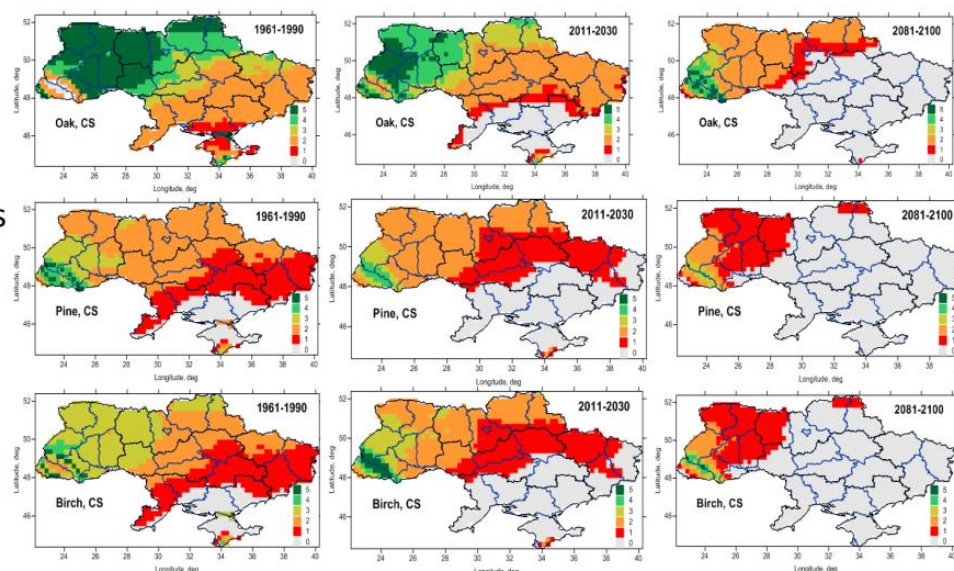
Сайт CCAFS Climate [18] надає відкритий доступ до високоточних кліматичних даних, які використовуються для оцінки впливу змін клімату на сільське господарство, біорізноманіття, водні ресурси та екосистеми. Ці дані, розроблені в рамках програми CGIAR з досліджень змін клімату, сільського господарства та продовольчої безпеки (CCAFS), доступні у форматах ARC GRID та ARC ASCII з глобальним покриттям і високою просторовою роздільною здатністю. Портал підтримується Міжнародним центром тропічного сільського господарства (CIAT) і розміщений на Amazon Web Services, забезпечуючи дослідникам, аграріям та політикам інструменти для планування адаптації до змін клімату та пом'якшення їхніх наслідків.

Climate change

IPCC scenario A1B
(~RCP6.0)

Forecast of
climatic conditions
for the growth of
**oak, pine and
birch** in Ukraine

5- optimal cond.
1- extreme cond.



Source: Shvidenko, Buksha, Krakovska, Lakyda 2017

Рис. 3.4. Витяг з презентації «Лісівничий підхід, необхідний для підвищення стійкості лісів до зміни клімату та лісових пожеж в Українських Карпатах» Сошенський О., Мельникович М., Лобченко Г., Зібцев С., Калчук Є. Кліматичні моделі росту основних деревних видів за редакцією Швиденка А.З.

У третьому розділі було описано, як проводився збір та обробка дослідних даних щодо стану соснових лісів Полісся під впливом шкідників, пожеж та кліматичних змін. Використання різних джерел — офіційних звітів,

супутникових знімків, польових спостережень та наукових публікацій – дозволило отримати повну і об'єктивну картину ситуації.

Зібрані дані показали, що тривалі посухи, високі температури і поширення короїда-типографа є основними факторами, які ослаблюють соснові насадження і підвищують ризик виникнення пожеж. Виявлені закономірності допомогли краще зрозуміти, які умови і процеси найбільше впливають на стійкість лісів.

Отримана інформація стала основою для розробки подальших рекомендацій щодо підвищення стійкості соснових лісів Полісся, зокрема щодо покращення системи моніторингу, профілактики поширення шкідників і адаптації заходів лісозахисту з урахуванням кліматичних змін.

Таким чином, проведена робота є важливим кроком для збереження і відновлення соснових лісів у регіоні, що забезпечить їхню екологічну стабільність у майбутньому.

РОЗДІЛ 4

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ СОСНОВИХ ЛІСІВ ПОЛІССЯ УКРАЇНИ ДО ПОЖЕЖ, ШКІДНИКІВ ТА ХВОРОБ

4.1 Світові практики підвищення стійкості лісів до вразливості

Поточні зміни в глобальній кліматичній системі вже змінили режими порушення в деяких екосистемах. Наприклад, спалахи комах поширилися на більш високі широти і висоти внаслідок зменшення теплових обмежень через потепління [38]. Позитивний вплив потепління на динаміку популяцій комах - збільшення швидкості розмноження та зменшення зимової смертності - призвів до збільшення шкоди в деяких лісових екосистемах [39]. Водночас кліматичні екстремальні явища, такі як триваліші та інтенсивніші посухи, підвищують вразливість дерев до нападів комах через виснаження запасів неструктурних вуглеводів, послаблюючи вторинні захисні реакції на короїдів [40].

Дефіцит води і температура також є важливими складовими пожежонебезпечної погоди, і спостережуване зростання інтенсивності пожеж пов'язане зі змінами цих кліматичних змінних [41]. Як наслідок, у деяких лісових екосистемах вже зросла ймовірність пожеж і площа, що вигоріла [42]. Пожежний сезон подовжився через більш раннє танення снігу і тривалий період, здатний поширювати вогонь, наприклад, на заході США з середини 1980-х років [43]. Крім того, зміна клімату, ймовірно, також пов'язана з нещодавніми «мегапожежами» [44], зокрема, через підвищену схильність до екстремальних кліматичних явищ та їх суворість.

Хоча існує тісний зв'язок між глобальним потеплінням, суворістю посухи і хвилями спеки, можливі зміни в екстремальних явищах, таких як бурі, все ще обговорюються. Тенденції циклонічних штормів у Європі та ураганів на сході Північної Америки все ще не є остаточними [45], хоча для деяких тенденцій у штормах було запропоновано зв'язок. Тим не менш, кліматичні зміни сприяли збільшенню вітрового навантаження в Європі через зменшення закріплення

дерев у ґрунті внаслідок зменшення зимового промерзання ґрунту [46]. Пожежонебезпечна погода стане більш суворою по всьому світу [47], а динаміка популяцій комах зазнаватиме подальшого впливу від триваючих змін клімату [48]. Це може призвести до ситуацій, в яких великі збурення минулого, такі як пожежа в Єллоустоні 1988 року, можуть стати новою нормою в майбутньому [49]. Підраховано, що в Європі рівень пошкодження короїдами, який за статистикою становив один раз на 32 роки в період з 1971 по 2001 рік, у 2021-2030 роках може досягатися раз на два роки [50]. Однак складність і взаємодія між кліматом, лісом і порушенням не повністю враховуються в більшості прогнозів майбутніх змін, що сприяє збереженню невизначеності щодо майбутніх режимів порушення. Наприклад, було показано, що опосередковане кліматом збільшення кількості порушень зрештою призведе до реорганізації системи (наприклад, у бік видів, менш вразливих до короїдів або більш пристосованих до частих пожеж), що спричинить послаблення зворотного зв'язку на рівні системи щодо режимів порушень [51]. Однак, хоча такі зворотні зв'язки є важливим способом пристосування лісових екосистем до мінливих режимів порушень, автономна реорганізація екосистем може зайняти багато десятиліть і століть і не призвести до створення бажаного для суспільства набору екосистемних послуг. Тому важливим завданням управління екосистемами є підтримка адаптивних шляхів лісових екосистем, які також узгоджуються з соціальними системами [52].

Зростання концентрації CO₂ в атмосфері збільшує швидкість фотосинтезу, але варіює залежно від азотного статусу рослин та. Наприклад, зрілі *Fagus sylvatica* та *Quercus petraea* реагували більше, ніж *Carpinus betulus*, *Prunus avium* та *Tilia platyphyllos* у центральноєвропейському експерименті зі збагачення вільного повітря. Швидкість росту дерев може не зростати пропорційно до збільшення фотосинтезу через інші обмежувальні фактори, такі як доступність поживних речовин. Підвищений вміст CO₂ в атмосфері викликає часткове закриття продихів, що зменшує втрати води через транспірацію. Це призводить до збільшення відношення приросту вуглецю до втрат води, тобто ефективність

використання води на рівні листка і всього деревостану зростає. Крім того, підвищений розподіл вуглецю на ріст коренів може дозволити рослинам використовувати ґрунтову воду в глибшому і ширшому діапазоні ґрунту, отже, пом'якшити негативні наслідки водного стресу і краще пристосуватися до середовища з обмеженою кількістю води.

Інші зміни хімічного складу атмосфери, що впливають на ріст дерев, включають концентрацію озону в тропосфері та приземному шарі атмосфери, яка може посилювати стрес для дерев від посухи та зменшувати біомасу дерев за нинішніх умов порівняно з доіндустріальними концентраціями. Крім того, протягом останніх десятиліть осадження атмосферного азоту було основним фактором, що впливає на ріст лісів та інші характеристики екосистем. Як озон, так і осадження азоту впливають на фізіологію дерев, розподіл вуглецю та взаємодію між рослинами, що призводить до складних взаємодій з іншими кліматичними факторами впливу, такими як посуха. Основними абіотичними факторами в Європі є пожежі, вітер, повені та посуха, на які може впливати зміна клімату. У період 1950-2000 рр. щорічно в середньому 35 млн. м³ деревини було пошкоджено внаслідок стихійних лих (тобто 8% від загального обсягу вирубок у Європі); шторми були відповідальні за 53% загальної шкоди, а пожежі - за 16%. 2003 і 2007 роки продемонстрували, що лісові пожежі можуть бути значно більш руйнівними, коли переважають великомасштабні посухи. Починаючи з 1990 року, кілька буревіїв завдали великої шкоди європейським лісам, що призвело до зменшення виходу відновлюваної деревини, збільшення витрат на незаплановані рубки, проблем у плануванні лісового господарства і, як нещодавно було показано, до значних викидів вуглецю. Крім того, очікується, що паводки будуть відбуватися частіше, що матиме наслідки для динаміки прибережних видів дерев і територій, схильних до повеней [53, 54,55].

У Сполучених Штатах протягом 10 років (1989-1998 рр.) щорічно виникало в середньому близько 100 000 пожеж на площі 3 300 000 акрів. Статистичні дані про пожежі з року в рік значно варіюються: від низького показника 1992 року, коли вигоріло трохи більше 1 000 000 акрів, до найвищого

- понад 6 500 000 акрів у 1996 році. Як правило, більша частина площі вигоряє на заході (включаючи Аляску) та південному сході (Лісова служба Міністерства сільського господарства США, 1998). Існує багато моделей загальної циркуляції (МЗЦ), які дозволяють дослідникам моделювати майбутній клімат. Незважаючи на ряд недоліків, пов'язаних з моделями загальної циркуляції, вони є найкращим засобом для оцінки впливу змін у майбутньому кліматі на режим пожеж у великих масштабах. Більшість моделей узгоджуються в прогнозах щодо найбільшого потепління у високих широтах і на суші.

Дві GCMs у цьому дослідженні припускають, що до 2060 року РПВ збільшиться на 10-50% на більшій частині території Сполучених Штатів. Вплив зміни клімату на пожежний режим у США може мати майже негайний і значний вплив на екосистеми через ймовірне збільшення площі, що вигоряє, та інтенсивності/тяжкості пожеж. Можливі маніпуляції з типом палива, навантаженням і розташуванням можуть бути використані для захисту місцевих територій, що мають високу цінність [56, 57,58].

4.2 Потреба в адаптації нормативно-правового регулювання в лісовому господарстві

Нова лісова стратегія ЄС до 2030 року є однією з флагманських ініціатив Європейського зеленого курсу і ґрунтується на стратегії ЄС щодо біорізноманіття до 2030 року. Стратегія сприятиме досягненню цілей ЄС у сфері біорізноманіття, а також скороченню викидів парникових газів щонайменше на 55% до 2030 року та досягненню кліматичної нейтральності до 2050 року. Вона визнає центральну та багатофункціональну роль лісів, а також внесок лісівників та всього лісового ланцюга створення вартості для досягнення сталої та кліматично нейтральної економіки до 2050 року та збереження жвавих і процвітаючих сільських територій.

Стратегія супроводжується двома робочими документами: Робочий документ щодо консультацій із зацікавленими сторонами та доказової бази та Робочий документ щодо зобов'язання посадити 3 мільярди дерев до 2030 року.

Лісова стратегія ЄС підтримуватиме соціально-економічні функції лісів для процвітання сільських територій та стимулювання біоекономіки на основі лісів у межах сталого розвитку. Вона також захищатиме, відновлюватиме та розширюватиме ліси ЄС для боротьби зі зміною клімату, зупинятиме втрату біорізноманіття та забезпечуватиме стійкість і багатофункціональність лісових екосистем шляхом:

- сприяння сталому розвитку лісової біоекономіки для виробництва деревної продукції з тривалим терміном служби
- забезпечення сталого використання деревних ресурсів для біоенергетики
- сприяння розвитку недеревинної лісової біоекономіки, включаючи екотуризм
- розвиток навичок та розширення прав і можливостей людей для сталого розвитку лісової біоекономіки
- захист останніх пралісів та старовікових лісів ЄС, що залишилися
- забезпечення відновлення лісів та посилення сталого управління лісами для адаптації до зміни клімату та підвищення стійкості лісів
- відновлення та заліснення біорізноманітних лісів, у тому числі шляхом висадки 3 мільярдів додаткових дерев до 2030 року

забезпечення фінансових стимулів для власників та менеджерів лісів для збільшення кількості та якості лісів ЄС [59].

Сьогодні в Україні активно триває процес адаптації лісового законодавства до стандартів Європейського Союзу. Це важливо, тому що наша країна взяла на себе зобов'язання в рамках Угоди про асоціацію з ЄС, а також через те, що лісове господарство має бути більш прозорим, сталим та орієнтованим на збереження природи. Основна ідея цього проєкту – оновити Лісовий кодекс України та інші

нормативні акти, щоб вони відповідали сучасним європейським підходам до управління лісами.

Проект передбачає кілька ключових напрямків. По-перше, це запровадження принципів сталого лісокористування. Це означає, що ліси мають використовуватись так, щоб не знищувати їх, а забезпечувати їхнє відновлення, збереження біорізноманіття і виконання екологічних функцій. У Європі це вже давно є нормою, а в нас ще залишаються застарілі методи роботи, наприклад, суцільні вирубки навіть у цінних екосистемах.

По-друге, в ЄС велика увага приділяється участі громадськості у лісовій політиці. Це значить, що жителі місцевих громад, екологічні організації та інші зацікавлені сторони мають право впливати на рішення щодо використання лісів. Україна теж має впровадити прозорі механізми громадського контролю, доступ до інформації про рубки, дозволи, охорону лісів тощо.

По-третє, у рамках проекту планується вдосконалення системи обліку та моніторингу лісів. ЄС використовує супутникові технології та цифрові бази даних для постійного спостереження за станом лісів. В Україні зараз облік часто ведеться на папері, з відставанням і неточностями. Адаптація до європейських вимог передбачає повну цифровізацію, відкриті реєстри та сучасні способи оцінки лісових ресурсів. Ще одним важливим аспектом є протидія незаконним рубкам. Європейське законодавство (наприклад, EU Timber Regulation) забороняє продаж деревини з незаконних джерел. Для цього потрібно встановити чіткий контроль за походженням деревини, систему ліцензування і сертифікації. В Україні, на жаль, нелегальні рубки досі є великою проблемою, тому проект також включає заходи з посилення контролю, відповідальності та прозорості в лісовому секторі.

Загалом, цей проект – це не просто юридичні зміни. Це перехід до європейської моделі ведення лісового господарства, де головними є не лише прибуток, а й екологія, прозорість та справедливість. Адаптація лісового законодавства дає шанс зробити українські ліси більш захищеними, а саму галузь – сучасною і ефективною. Для студентів-лісівників це означає, що ми будемо

працювати за новими правилами, які більше відповідають вимогам часу і викликам кліматичних змін [60].

«Strategic Framework for Forests and Climate Change» розроблений Спільним партнерством з лісів (CPF), підкреслює важливість сталого управління лісами у боротьбі зі зміною клімату. Ліси, що займають майже третину суші та зберігають близько половини наземного вуглецю, відіграють ключову роль у зменшенні викидів парникових газів та адаптації до кліматичних змін [61].

Основні положення стратегічної рамки включають:

- Сталий лісовий менеджмент (Sustainable Forest Management – SFM). Сталий менеджмент лісів визнаний базовим підходом до досягнення кліматичних цілей. Він дозволяє не лише зберігати вуглець у лісах, але й забезпечує біорізноманіття, відновлення деградованих земель та стабільні джерела доходу для місцевих громад. Цей підхід має бути основою будь-яких кліматичних дій, пов'язаних із лісами

- Поєднання мітимації (зменшення викидів) та адаптації. Рамка наголошує, що ці два напрямки не можна розглядати окремо. Наприклад, добре керовані ліси одночасно зменшують викиди CO₂ і допомагають територіям краще витримувати кліматичні шоки (засухи, пожежі, буревії). Обидві цілі мають бути інтегровані в усі лісові програми.

- Покращення міжсекторальної співпраці. Часто політика у лісовому секторі не узгоджується з політикою у сільському господарстві, енергетиці чи інфраструктурі. Рамка закликає до кращої координації між секторами та рівнями управління (національний, регіональний, місцевий), аби уникати конфліктів і підвищити ефективність рішень.

- Економічні стимули та альтернативи для місцевих громад. Люди вирубують ліси через потребу в паливі, землі чи заробітку. Рамка рекомендує впроваджувати механізми, які створюють альтернативні джерела доходів (наприклад, агролісівництво, екотуризм, сертифікована деревина) та підтримують громади, які охороняють ліси.

– Інституційні реформи та розбудова потенціалу. У багатьох країнах бракує чітких правил, ресурсів і кваліфікованого персоналу для впровадження політики в лісовому секторі. Рамка пропонує посилити інституції, проводити навчання, оновлювати законодавство та підтримувати участь усіх зацікавлених сторін.

– Моніторинг, оцінка та обмін знаннями. Впровадження ефективної лісової політики неможливе без якісних даних. Рамка закликає розвивати системи моніторингу лісів, оцінювати їхній стан і ефекти від заходів, а також ділитися досвідом між країнами.

– Підвищення координації міжнародних зусиль. Рамка визначає, що всі організації-члени CPF (наприклад, FAO, UNFCCC, UNDP, CIFOR, World Bank тощо) повинні працювати узгоджено, щоб уникати дублювання роботи і посилювати один одного. Це особливо важливо при фінансуванні та технічній підтримці країн. У підсумку, стратегічна рамка наголошує на важливості сталого управління лісами як ключового елемента у боротьбі зі зміною клімату, з акцентом на спільну роботу, інновації та підтримку місцевих громад [62,63].

4.3 Лісівничі методи підвищення стійкості соснових лісів до пожеж, шкідників, хвороб та змін клімату

Питання, пов'язані з ростом лісів, є важливими в системі управління лісовим господарством. Лісовідновлення, догляд за лісом, лісозаготівля та інші види діяльності потребують постійного вдосконалення та нових підходів до планування і реалізації з плином часу. Це має відбуватися з дотриманням принципів сталого, безперервного та раціонального використання лісових ресурсів. Було проаналізовано наукові дослідження, порівняно експериментальні дані щодо різних способів вирощування сосни звичайної та критично оцінено вимоги «Правил рубок головного користування» до проведення рубок головного користування в соснових лісах. На одно- та трирічних вирубках Полісся оптимальне природне поновлення сосни звичайної

спостерігається у вологому суборі, мінімальне - у свіжому сугрудку, середнє - у свіжому суборі та вологому сугрудку. На однорічній вирубці сосни звичайної густе природне поновлення спостерігається на відстані до 50 м від сусіднього лісу. На відстані 51-100 м воно стає середнім, а далі 100 м - рідкісним. Максимального запасу (420-436 м³ на гектар) та оптимальної структури деревостану у віці 51 року можна досягти шляхом проведення лінійних рубок догляду. Створення соснових лісів у свіжому суборі з дубом звичайним є нераціональним, оскільки дуб не може вижити в такому деревостані. Застосування природозберігаючих технологій при проведенні суцільних рубок дозволяє зберегти підріст. Останній раунд рубок догляду в соснових лісах з життєздатним підростом понад 8000 одиниць на гектар не слід планувати через 4-7 років, як того вимагають «Правила рубок головного користування». Результати дослідження можуть бути використані для удосконалення нормативних документів та надання практичних рекомендацій щодо раціонального ведення лісового господарства в соснових лісах Полісся [64].



Рис. 4.1. Приклад типового соснового деревостану в ТЛУ В₂

Природні зміни є важливими елементами, які слід враховувати при будь-якому плануванні лісогосподарської діяльності через їхні суттєві економічні та екологічні наслідки і потенційно значний вплив на продуктивність лісів, поглинання вуглецю та постачання деревини [65]. Прогнози зміни клімату вказують на те, що вплив на бореальні екосистеми буде глибоким, а цикли природних порушень (наприклад, пожежі, спалахи комах та вітровали) загалом збільшаться в частоті та інтенсивності [66]. Ці прогнози створюють потенційно новий масштабний виклик для лісогосподарського планування. Наприклад, нещодавно з'явилися перші докази переміщення на північ спалахів ялинового шовкопряда (*Choristoneura fumiferana*), а також збільшення частоти та рівня пошкоджень протягом останнього століття; ці дані вказують на те, що зміна клімату є основною причиною зміни просторово-часової структури спалахів ялинового шовкопряда в бореальних лісах на сході Канади [67]. Очікується, що зміна клімату розширить діапазон мінливості природних порушень у лісових екосистемах за межі тих, для яких були розроблені попередні стратегії, включаючи екосистемне управління [68].

Таким чином, для пом'якшення негативних наслідків та адаптації стратегій управління бореальними лісами до прогнозів зміни клімату необхідне краще розуміння того, як лісові ландшафти реагуватимуть на зміни природних порушень [69].

Соснові ліси Українського Полісся є особливо вразливими до зовнішніх впливів, зокрема пожеж, шкідників, хвороб та наслідків зміни клімату. Одним із найбільш ефективних лісівничих методів підвищення їхньої стійкості є збагачення чистих соснових насаджень листяними породами. Включення місцевих листяних видів, таких як дуб чи береза, знижує пожежонебезпеку завдяки меншій кількості легкозаймистого матеріалу в підліску та створює бар'єри для поширення вогню. Це також сприяє підвищенню біорізноманіття, яке позитивно впливає на стійкість екосистеми загалом [70].

Одним із сучасних підходів, що впроваджується у Поліссі, є природозберігаюче лісівництво, зокрема в рамках міжнародного проєкту

RESILPINE. У цьому контексті застосовуються методи контрольованих підпалів з метою зменшення кількості сухостою та підвищення регенераційного потенціалу сосни. Також велике значення має планування протипожежних розривів між лісовими масивами, сільськогосподарськими угіддями та поселеннями, що дозволяє ефективно стримувати поширення вогню в умовах кліматичної нестабільності [71].



Рис. 4.2. Приклад переформування чистого, штучного соснового насадження у мішане, різновікове.

Ще одним важливим напрямом є сприяння природному поновленню сосни звичайної. Дослідження показують, що природне поновлення в умовах Полісся є надійнішим і адаптивнішим до змін навколишнього середовища, порівняно зі штучним лісовідновленням. Для цього застосовуються поступові, куртинні та вибіркові рубки, які забезпечують безперервне лісове покриття, зменшуючи стрес для екосистеми та підвищуючи її стійкість до хвороб і комах-шкідників. Такі рубки дозволяють підтримувати різновікову і багаторясну структуру

насаджень, яка природно стримує масове розмноження патогенів і сприяє збереженню мікроклімату [72].

Безперервне лісове покриття (Continuous Cover Forestry) – ще один перспективний підхід, що передбачає уникнення суцільних рубок. Він забезпечує стабільність середовища, захист ґрунтів і сприяє поступовому оновленню лісів без значних порушень. Крім того, перспективною вважається сільвопасторальна модель господарювання, яка поєднує ведення лісу з випасом худоби. Вона сприяє контролю підліску, зменшенню ризику пожеж і підвищенню мозаїчності ландшафтів.

Також важливим є питання вуглецевої ємності соснових лісів Полісся. Наукові дослідження свідчать про значну здатність цих насаджень акумулювати вуглець, що є важливою функцією для пом'якшення наслідків кліматичних змін. Таким чином, стале ведення лісового господарства в цьому регіоні має не лише екологічне, а й глобальне кліматичне значення [73].

Усі ці методи разом формують комплексну стратегію лісівничого управління, що орієнтується на адаптацію лісів до нових умов і забезпечення їх довгострокової стійкості та продуктивності [74].

4.4 Досвід застосування практик, що дозволяють підвищити стійкість лісів в Україні до змін клімату, шкідників, хвороб та пожеж

При дослідженні був виконаний метод оцінки та картографування ВПВ з акцентом на пожежні ризики для одного з регіонів України. У розглянутих регіонах поширені чисті соснові ліси і мають ризики лісових пожеж для населених пунктів. Оцінка зони ВПН у Житомирській області показала 35,4 тис. га соснових лісів у 0,5-кілометровій буферній зоні (3,4% від загальної площі лісів Житомирської області) та 264,4 тис. га соснових лісів у 2,4-кілометровій буферній зоні (25,3% від загальної площі лісів Житомирської області). Такі чисті соснові ліси з поодинокими деревами інших порід характеризуються високим ризиком лісових пожеж і потребують трансформації у більш стійкі мішані

деревостани для зменшення вразливості населених пунктів поблизу таких лісів. На основі аналізу видового різноманіття головних деревних порід, підліску та підросту та підліску, складено перелік місцевих видів, які можуть бути використані для збільшення частки для збільшення частки листяних порід у чистих соснових лісах.

Підходи, описані в цьому дослідженні, можуть бути використані для оцінки площ можуть бути використані для оцінки площ лісів в межах зони ВПН, в яких необхідно зменшити ризики виникнення лісових пожеж в інших регіонах України. Підходи до ведення лісового господарства в зоні ВБУ можуть бути використані для зменшення ризиків лісових пожеж як у досліджуваному регіоні, так і в інших регіонах Українського Полісся. Метод оцінки зони ВПН, описаний у цьому дослідженні, є інструментом для визначення політики ведення лісового господарства в цих зонах лісогосподарської політики в цих зонах з метою зменшення ризиків лісових пожеж в умовах триваючої зміни клімату, урбанізації та зниження стійкості до лісових пожеж. Майбутні дослідження можуть бути зосереджені на вдосконаленні та оптимізації методології, що використовується при картографуванні зон ВПН. Це може включати включення додаткових просторових та екологічних змінних, передових методів дистанційного зондування та даних з нових технологій, таких як супутникові знімки, дрони або географічні інформаційні системи (ГІС).

Це дослідження було проведено в рамках проекту «RESILPINE», який був за фінансової підтримки Федерального міністерства продовольства та сільського господарства (BMEL) (номер гранту: 28I-034-01). Автори вдячні Річарду Дж. Ласко за покращення тексту та надання дуже корисні коментарі. Ми дякуємо нашим колегам: директору Глобального центру моніторингу пожеж (GFMC) проф. Центру глобального моніторингу пожеж (GFMC) доктору, професору Йоганну Георгу Гольдаммеру і доктору, професору Пітеру Шпательфу з Університету сталого розвитку Еберсвальде які надали інформацію та досвід, що значно допомогли у проведенні дослідження [75].

Відновлення деградованих лісів до здорового стану, тим самим відновлюючи екосистемні функції, є основною стратегією підвищення стійкості. За оцінками, два мільярди гектарів землі мають потенціал для відновлення або заліснення.⁶ Відновлення величезних площ деградованих земель по всьому світу значною мірою сприятиме підвищенню стійкості світових лісів у світі. Боннський виклик, узгоджений на міністерській конференції, що відбулася в Бонні у вересні 2011 року, закликає до відновлення 150 мільйонів гектарів деградованих земель до 2020 року. Проведення відновлення у відповідному масштабі має важливе значення. Нижче в цьому документі наводяться аргументи на користь роботи на ландшафтному рівні. Відновлення ландшафтів охоплює широкий спектр практик збереження, управління та активного відновлення, які посилюють стійкість, підвищують якість і різноманітність земельних ресурсів, а також забезпечують додаткові соціально-економічні та екологічні вигоди у великих територіальних одиницях, таких як водозбірні басейни.

Підвищення стійкості до зміни клімату навколо лісів і дерев передбачає комплекс заходів. Вони включають адаптацію збереження, управління та використання лісів для зменшення ризиків і стійкості лісів і дерев, а також людей, вразливих до негативних наслідків змін клімату. Це вимагає розбудови національних і особливо місцевих інституцій, які можуть підтримувати процеси прийняття рішень за участі громадськості, що ведуть до справедливих результатів. Стале лісокористування забезпечує надійну концептуальну основу для розбудови стійкості. Існує сукупність знань і досвіду, низка добре перевічених підходів для інтегрованого і ландшафтного планування та управління, а також широкий спектр інструментів, що допомагають у цій роботі [76].

2024 рік був найгіршим роком для України з точки зору лісових пожеж за більш ніж три десятиліття спостережень, оскільки обстріли вздовж лінії фронту у війні з Росією спровокували безпрецедентну кількість загорянь, кажуть вчені. Лісові пожежі в Україні у 2024 році більш ніж удвічі перевищили площу, знищену вогнем у всьому Європейському Союзі, який налічує 27 країн, йдеться

у звіті Об'єднаного дослідницького центру ЄС - його незалежної науково-дослідницької служби.

Супутникові дані показали, що у 2024 році в Україні сталося майже 9 000 пожеж на загальній площі 965 000 гектарів. В Україні близько 10 мільйонів гектарів, або 100 000 квадратних кілометрів (38 610 квадратних миль) лісу. Близько третини площі, спаленої минулого року, були сільськогосподарськими угіддями. Для порівняння, країною-членом ЄС, де минулого року було спалено найбільше землі, була Португалія, яка втратила 147 000 гектарів - це найгірший річний показник з 2017 року. Супутникові дані свідчать, що пожежі були зосереджені на сході України, в районах, що знаходяться в безпосередній близькості до лінії фронту.

Українські ліси зазнали серйозної шкоди, оскільки російські та українські збройні сили щодня випускають тисячі снарядів один в одного, розриваючи землю на шматки. Максим Мацала, дослідник лісів зі Шведського університету сільськогосподарських наук, вважає, що основною причиною пожеж є артилерійські обстріли та падіння снарядів, які спричиняють пожежі.

За його словами, різке збільшення кількості пожеж у минулому році частково пов'язане з великим накопиченням мертвих і пошкоджених дерев після вторгнення Росії у 2022 році, що створило велику кількість палива для пожеж під час надзвичайно сухої погоди у 2024 році. Українські ліси також пронизані наземними мінами та боєприпасами, що не розірвалися, які можуть здетонувати під час пожеж, що унеможлиблює контроль пожежників над полум'ям.

Дані ЄС охоплюють лише 2020 рік, але при перехресній перевірці з даними дослідників з Національного університету біоресурсів і природокористування України, 2024 рік був найгіршим роком для лісових пожеж в Україні щонайменше з 1990 року. За словами вчених, зміна клімату загострює проблему лісових пожеж, посилюючи спекотні та сухі умови, які допомагають їм поширюватися швидше, горіти довше та вирувати інтенсивніше. Спекотна погода висмоктує вологу з рослинності, перетворюючи її на сухе паливо.

В Україні пожежі здебільшого трапляються влітку, коли така пожежонебезпечна погода спостерігається частіше [77].

Прогнозовані зміни температури та кількості опадів призведуть до значного збільшення випаровування та зменшення вологості клімату. Наслідки зміни клімату, особливо у випадку зміни клімату, особливо у випадку прогнозу RCP 8.5, загалом матимуть негативні наслідки для стану, продуктивності та біорізноманіття існуючої лісової рослинності, оскільки швидкі зміни кліматичних умов можуть спричинити порушення гомеостазу лісових екосистем.

Враховуючи, що середній вік лісових насаджень в Україні становить близько 60 років, адаптаційна здатність дорослих дерев до швидких змін клімату буде відносно слабкою, оскільки зрілі рослини менш здатні пристосовуватися до змін умов навколишнього середовища, ніж молоді рослини. У випадку прогнозу RCP 4.5 передбачається менш швидка зміна клімату, тому очікуються наслідки для лісових насаджень менш драматичними. Загальні тенденції прогнозованих змін є подібними для обох прогнозів, зсувом у часі приблизно на 20 років.

Зміни умов зростання основних лісоутворюючих порід відбудуться в усіх природних зонах України. В Українських Карпатах зміна клімату призведе до зміни природних рослинних формацій на різних висотах, зокрема спричинить зміщення висоти рослинних поясів і підвищення верхньої межі поширення лісів, а також зменшення площі поширення ялини та збільшення площі бука, як більш теплолюбної породи.

На рівнинній частині України прогнозовані зміни клімату спричинять зміщення кліматичних зон на північ - умови для росту лісів у лісостеповій зоні стануть подібними до степових, а в Степу умови стануть ще більш екстремальними для лісової рослинності. Значні зміни кліматичних умов також очікуються в зоні мішаних лісів (Полісся). Дослідження впливу зміни клімату на ліси в Україні розпочалися у 90-х роках минулого століття, коли вчені Українського науково-дослідного інституту лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького (УНДІЛГА) були залучені до

міжнародної американської програми з вивчення впливу зміни клімату на екологічні та економічні системи 55 країн світу, в тому числі й України. Подальші дослідження впливу зміни клімату на ліси України проводилися українськими вченими на ініціативній основі в рамках низки проектів міжнародного співробітництва з Європейським інститутом лісового господарства (EFI) та науковцями з різних країн Європи, експертами з лісового господарства та клімату із США (USAID, NEESPI, USA-UA Climate Change Initiative), Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (FAO), Глобального Водного партнерства (GWP), Європейського Союзу (EU ClimaEast, ПАСА), Світовий банк та Всесвітній фонд природи (WWF). Результати оцінки стану та вразливості лісів до зміни клімату, отримані в рамках міжнародних досліджень зміни клімату, зосереджуються на національному рівні і відповідно відображаються на дрібномасштабних картах, які придатні для оглядових ілюстрацій, але їхній масштаб є недостатнім для відображення регіональну специфіку оцінок стану лісів та клімату.

Вільний доступ до зарубіжних моделей динаміки лісів внаслідок зміни клімату та сценаріїв зміни клімату створює хороші передумови для досліджень впливу зміни клімату на ліси України, але необхідно забезпечити верифікацію, калібрування та валідацію моделей, що неможливо без фактичних даних інвентаризації та моніторингу лісів у розрізі екорегіонів та лісів типу рослинності (типу лісу) та наукових кадрів, здатних виконувати таку роботу [Помилка! Джерело посилання не знайдено.].

4.5 Значення діяльності з підвищення стійкості соснових лісів для майбутнього

Різні управлінські приписи на рівні деревостану по-різному впливають на поведінку вогню, коли вогонь охоплює деревостан. Ця варіабельність може бути переведена у варіації очікуваного рівня пожежної шкоди. Наприклад, вирівняний за віком менеджмент з низьким рівнем проріджування може порушити паливну

драбину, що спричиняє сильні верхові пожежі. Однак, у повільно зростаючих нерівномірних лісах низькі рубки рідко бувають вигідними, оскільки вони призводять до ранніх витрат, які рідко покриваються дисконтованим доходом від кінцевих рубок. На противагу цьому, вибіркові рубки забезпечують постійний потік деревини, що робить управління різновіковими лісами більш прибутковим, ніж управління рівномірними лісами. Однак, різновікове господарювання не значно покращує стійкість деревостанів до пожеж, оскільки воно підтримує широкий розподіл діаметрів, що сприяє вертикальній безперервності живого палива. Оскільки пожежа є просторово вираженим явищем, припущення, що вона впливатиме на деревостани незалежно від інших чинників, є нереалістичним. Інтенсивність і тяжкість пожежі в конкретному деревостані залежать не тільки від характеристик цього деревостану, але й від інтенсивності пожежі на момент її виникнення, тому характеристики сусідніх деревостанів впливають на наслідки пожежі в даному деревостані. Таким чином, зміна просторового розподілу типів палива в ландшафті є одним із способів змінити поведінку пожежі та її потенційну площу розповсюдження.

Ступінь шкоди, завданої пожежею, яка має ендегенну природу, впливатиме на очікуваний дохід, отриманий від деревостану. Якщо управління обрано таким чином, щоб мінімізувати втрати, пов'язані з пожежами, витрати на лікування можуть бути вищими, але при цьому досягається більш вогнестійкий деревостан з меншими очікуваними економічними втратами. Інший аспект, який слід враховувати, полягає в тому, що складний рельєф гірських ландшафтів і поєднання різних видів землекористування та типів лісу також впливають на поведінку пожеж у цих ландшафтах. Розташування стійких і вразливих деревостанів також впливає на загальну вогнестійкість ландшафту. Лісові насадження та лісові ландшафти є динамічними через розвиток деревостанів та управління ними, що призводить до часових змін у вогнестійкості та виникненні пожеж. Оцінка поточної та майбутньої ймовірності виникнення пожеж є необхідною умовою для прогнозування потенційних втрат від пожеж в альтернативних лісових планах. Таким чином, ймовірність виникнення пожеж

впливає на оцінку лісогосподарських планів, а лісогосподарський план, коли він впроваджується, впливає на ймовірність виникнення пожеж у ландшафті [61].

Зокрема, у дослідженні Bentz et al. (2010) розглядаються приклади масового розмноження короїдів у соснових лісах Північної Америки. Потепління дозволяє цим шкідникам зимувати в більших масштабах, тому вони швидко розмножуються і поширюються. Це призводить до загибелі мільйонів дерев. Для запобігання таким катастрофам необхідні своєчасні лісівничі заходи: проріджування, вивезення хворих дерев, створення мозаїчного лісового покриву [Помилка! Джерело посилання не знайдено.].

Lindner et al. (2014) наголошують, що соснові ліси потрібно формувати з урахуванням майбутнього клімату. Наприклад, у Північній і Центральній Європі вже почали впроваджувати змішане лісовідновлення – замість створення чистих соснових насаджень до складу вводять листяні породи (дуб, береза), які краще витримують посуху. Це допомагає знизити ризики масового всихання лісу та підвищити стійкість до вітровалів і пожеж [53].

У звітах FAO (2021) та US Forest Service (2020) зазначається, що в лісах США активно застосовується практика контрольованого вогню – підпалювання під наглядом, щоб зменшити накопичення сухої біомаси. Особливо це важливо для соснових лісів, які природно еволюціонували з пожежами і потребують періодичного очищення. У тих місцях, де такі методи не використовуються, накопичення сухого матеріалу збільшує ризик катастрофічних пожеж, які нищать все живе [30, Помилка! Джерело посилання не знайдено.]. Цінну інформацію також надає WWF (2020), де йдеться про відновлення соснових лісів у регіонах, що постраждали від великих пожеж, зокрема в Іспанії та Греції. Там роблять ставку на поетапне відновлення – спочатку заліснення місцевими стійкими видами, потім догляд за молодими деревами, і тільки після цього – поступове формування лісу, стійкого до вогню і шкідників. Також важливу роль відіграє участь місцевих громад, які можуть стати партнерами у догляді за лісами та запобіганні пожежам [78].

Ще один приклад – Фінляндія, де проводиться активне моніторинг соснових лісів із використанням супутникових технологій. Там впроваджують адаптивне лісове планування – коли рішення ухвалюються на основі прогнозів кліматичних змін. Таке управління дозволяє завчасно вживати заходів щодо догляду, прорідження, регулювання вологості, щоб зберегти продуктивність Сосни звичайної *Pinus sylvestris* – основної промислової породи у північному регіоні. У підсумку, можна сказати, що заходи для підвищення стійкості соснових лісів – це не лише технічні дії, а стратегічне бачення майбутнього лісу. Вони допомагають не просто зберегти дерева, а й забезпечити екосистемні послуги – зменшення CO₂, захист від ерозії, збереження біорізноманіття. Сучасна лісова політика має враховувати не лише продуктивність, а й екологічну цінність лісу та його здатність адаптуватися до нових умов. Тому така діяльність – це вклад у майбутнє як природи, так і суспільства.

У четвертому розділі увагу зосереджено на пошуку рішень, які допомагають зменшити вразливість лісів до кліматичних викликів. Ознайомлено зі світовим досвідом адаптації лісового господарства, а також розглянуто практики, що вже впроваджуються в Україні. Особливу увагу приділено підвищенню ролі нормативно-правових механізмів, адаптивному управлінню, прорідженню, створенню мішаних лісів, збереженню біорізноманіття. Доходимо висновку, що для збереження соснових лісів потрібна стратегічна цілісна політика, яка поєднує екологічні, економічні й соціальні аспекти сталого розвитку лісів.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

У ході дослідження проблеми підвищення стійкості соснових лісів Полісся України до пожеж, шкідників та хвороб в умовах змін клімату було виявлено низку ключових аспектів, які потребують уваги та конкретних дій. Соснові ліси Полісся, які є важливою складовою екосистеми регіону, стають все більш вразливими через зростання температур, тривалі посухи, зниження рівня ґрунтових вод та посилення антропогенного впливу.

Отже, зміни клімату, такі як потепління та зменшення кількості опадів, суттєво погіршують стан соснових лісів Полісся. Це призводить до ослаблення дерев, що робить їх більш сприйнятливими до хвороб і шкідників, а також збільшує ймовірність виникнення пожеж. Полісся є зоною підвищеного пожежного ризику через накопичення сухої біомаси та зміни гідрологічного режиму. Пожежі не лише руйнують лісові масиви, але й призводять до втрати біорізноманіття та погіршення якості ґрунтів.

Зростання температур сприяє активізації шкідників, таких як короїд-типограф, який масово вражає ослаблені дерева. Це призводить до всихання великих площ лісу та зниження його продуктивності. Сучасні методи лісового господарства потребують адаптації до нових кліматичних умов. Це включає впровадження змішаних лісів, проріджування, контрольовані підпали та інші заходи, спрямовані на підвищення стійкості екосистем.

Для зменшення ризику масового поширення шкідників та пожеж рекомендується створювати мішані насадження з участю листяних порід, таких як дуб, береза та граб. Це підвищить біорізноманіття і зменшить вразливість лісів.

Регулярне проріджування лісів допоможе зменшити накопичення сухостою та покращити мікроклімат у деревостанах. Санітарні рубки варто проводити для оперативного видалення хворих та пошкоджених дерев.

Запровадження контрольованих підпалів дозволить зменшити кількість легкозаймистої біомаси та запобігти катастрофічним пожежам. Цей метод вже

успішно використовується в багатьох країнах. Супутникові технології, БПЛА та інші інструменти моніторингу допоможуть оперативно виявляти осередки шкідників, хвороб та пожеж, що дозволить вчасно вживати заходів. Використання досвіду таких країн, як Фінляндія, Швеція та США, де вже впроваджені ефективні методи адаптації лісів до змін клімату, дозволить прискорити процес відновлення та захисту лісів Полісся.

Підвищення стійкості соснових лісів Полісся до пожеж, шкідників та хвороб є комплексним завданням, яке вимагає науково обґрунтованих рішень, адаптації управлінських підходів та активної участі всіх зацікавлених сторін. Реалізація запропонованих заходів дозволить не лише зберегти ліси Полісся, а й забезпечити їхню стабільність у майбутньому, що має вирішальне значення для екологічного балансу, економіки та соціального добробуту регіону.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Державне агентство лісових ресурсів України. Адаптація лісового законодавства України до стандартів ЄС. URL: <https://forest.gov.ua/news/adaptatsiia-lisovoho-zakonodavstva-ukrainy-do-standartiv-ies> (дата звернення 22.05.2025)
2. Звіт з результатів моніторингу соціальних та екологічних впливів діяльності, змін екологічних умов. 2024. URL: <https://e-forest.gov.ua/wp-content/uploads/2025/02/Korotkyj-zvit-2024.pdf> (дата звернення 20.05.2025)
3. Міністерство екології та природних ресурсів України. В Україні продовжується процес синхронізації управління лісовими ресурсами з європейськими підходами. URL: <https://mepr.gov.ua/en/v-ukrayini-prodovzhuyetsya-protses-synhronizatsiyi-upravlinnya-lisovymy-resursamy-z-evropejskymu-pidhodamy> (дата звернення 17.05.2025)
4. Національний екологічний центр річний звіт 2022р. URL: https://necu.org.ua/wp-content/uploads/2024/09/public_report_necu_2022.pdf (дата звернення 20.05.2025)
5. Про затвердження Інструкції з проектування, технічного приймання, обліку та оцінки якості лісокультурних об'єктів : Наказ Держ. ком. ліс. госп-ва України (дод. 35) від 19.08.2010 № 260 : станом на 29 січ. 2021 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1046-10#Text> (дата звернення: 22.05.2025).
6. Agency European Environment. How are European forests? URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/how-are-european-forest> (дата звернення 17.05.2025)
7. Assessing the potential for climate change to amplify fruit pest damage in southern California / M. L. Petersen et al. Ecological Applications. 2013. Vol. 23, no. 6. P. 1016–1024. URL: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/13-0160.1> (дата звернення 20.05.2025)
8. Association Cost. CleanForest: Forest Resilience. URL: <https://www.cost.eu/cleanforest-forest-resilience> (дата звернення 17.05.2025)

9. BioScience. Climate Change and Bark Beetles of the Western United States and Canada: Direct and Indirect Effects. URL: <https://academic.oup.com/bioscience/article-abstract/60/8/602/305152?redirectedFrom=fulltext&login=false> (дата звернення 22.05.2025)
10. BioScience. Climate Change and Bark Beetles of the Western United States and Canada: Direct and Indirect Effects. URL: <https://academic.oup.com/bioscience/article-abstract/60/8/602/305152?redirectedFrom=fulltext&login=false> (дата звернення 22.05.2025)
11. BioScience. The Shape of Ecosystem Management to Come: Anticipating Risks and Fostering Resilience. URL: <https://academic.oup.com/bioscience/article/64/12/1159/2754194?login=false> (дата звернення 22.05.2025)
12. British Ecological Society. REVIEW: Searching for resilience: addressing the impacts of changing disturbance regimes on forest ecosystem services. URL: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1365-2664.12511> (дата звернення 22.05.2025)
13. Buksha V. Climate Change Report. URL: https://www.sfi-ukraine.org.ua/wp-content/uploads/2023/11/buksha_climate-change_report_31-01-2022-eng.pdf (дата звернення 22.05.2025)
14. CEPF. Forest Europe Workshop Ukraine. URL: <https://www.cepf-eu.org/news-media/forest-europe-workshop-ukraine> (дата звернення 17.05.2025)
15. Chemical Constituents of the Secondary Metabolites and Their Bioactivity on Some Plant Pathogens from Aspergillus Species / J. N. Choi et al. Frontiers in Plant Science. 2018. Vol. 9. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2018.01905/full> (дата звернення 22.05.2025)

16. Climate Center. Climate fact sheet. Ukraine. 2024. URL: https://www.climatecentre.org/wp-content/uploads/RCCC-Country-profiles-Ukraine_2024_final.pdf (дата звернення 20.05.2025)
17. Climate Change 2007: The Physical Science Basis / S. Solomon et al. Cambridge, UK : Cambridge University ,2007. URL: <https://msuweb.montclair.edu/~lebelp/PSC643IntPolEcon/IPCCClimateChange2007.pdf> (дата звернення 20.05.2025)
18. Climate Change, Agriculture, and Food Security (CCAFS). URL: www.ccafs-climate.org (дата звернення 17.05.2025)
19. Comparison of Different Methods for Extracting Total Polyphenols, Flavonoids, and Antioxidant Activity in Leaves of Mulberry (*Morus alba* L.) / Y. Dai et al. *Frontiers in Plant Science*. 2018. Vol. 9. P. 1905. URL: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2307/2269460> (дата звернення 22.05.2025)
20. CORDIS - EU research results. The ForestWard Observatory to Secure Resilience of European Forests. URL: <https://cordis.europa.eu/project/id/101084481> (дата звернення 17.05.2025)
21. Ecology U. J. о. Carbon Absorption Ability of Pine Forest Plantations in the Ukrainian Polissya. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2023. URL: <https://www.ujecology.com/articles/carbon-absorption-ability-of-pine-forest-plantations-in-the-ukrainian-polissya.pdf> (дата звернення 22.05.2025)
22. Encyclopedia of Ukraine. Polisia. URL: <https://www.encyclopediaofukraine.com/display.asp?linkpath=pages%5CP%5CO%5CPolisia.htm> (дата звернення 20.05.2025)
23. ESA. Cross-scale interactions among bark beetles, climate change, and wind disturbances: a landscape modeling approach. URL: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/12-1503.1> (дата звернення 22.05.2025)
24. Estimating the efficacy of natural selection on polygenic traits / M. W. Hahn et al. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2007. Vol. 104, no. 36.

P. 15000–15005. URL: <https://www.nature.com/articles/nclimate2318> (дата звернення 22.05.2025)

25. Europe Forest. Rapid Response Mechanism - Ukraine Forests. URL: https://foresteurope.org/rapid-response-mechanism/#ukraine_forests (дата звернення 17.05.2025)

26. European Commission, Joint Research Centre. European Commission, Joint Research Centre, 2022. URL: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC125940> (дата звернення 17.05.2025)

27. European Commission. EU Forest Strategy. URL: https://environment.ec.europa.eu/strategy/forest-strategy_en (дата звернення 22.05.2025)

28. European Environment Agency. Climate Resilient Forest Management. URL: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/adaptation-options/climate-resilient-forest-management> (дата звернення 17.05.2025)

29. Fadel N., Bouslama S., Ghods A. Smart Farming: A New Approach for Sustainability in Agriculture. Sustainability. 2017. Vol. 9, no. 7. P. 1152. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/9/7/1152> (дата звернення 20.05.2025)

30. FAO. Rapid Review of Risk Mitigation Measures. URL: <https://openknowledge.fao.org/items/9c8c4f08-961d-4305-b47d-e1576fe4adbc> (дата звернення 22.05.2025)

31. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Annual Report 2006. 2006. URL: <https://www.fao.org/4/k9589e/k9589e16.pdf> (дата звернення 20.05.2025)

32. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The State of Food and Agriculture 2003-2004: Agricultural Biotechnology: Meeting the Needs of the Poor? 2004. URL: <https://www.fao.org/4/i3084e/i3084e09.pdf> (дата звернення 22.05.2025)

33. Food and Agriculture Organization. Forest Resources Assessment 2020. URL: <https://www.fao.org/interactive/forest-resources-assessment/2020/en/> (дата звернення 20.05.2025)
34. Forest of Ukraine. URL: <https://forest.gov.ua/> (дата звернення 17.05.2025)
35. Forests Europe. Supporting the Recovery and Sustainable Management of Ukrainian Forests and Ukraine's Forest Sector: Final Report. 2023. URL: <https://recovery-ukraine.org/en/reports/supporting-the-recovery-and-sustainable-management-of-ukrainian-forests-and-ukraines-forest-sector> (дата звернення 17.05.2025)
36. Global and regional climate consequences of geoengineering with stratospheric aerosol injection / W. Lutz et al. Nature Climate Change. 2016. Vol. 6, no. 3. P. 626–629. URL: <https://www.nature.com/articles/nclimate2318> (дата звернення 22.05.2025)
37. Interfax Ukraine. Forests of Ukraine launches Forest Recovery program. URL: <https://en.interfax.com.ua/news/economic/942423.html> (дата звернення 17.05.2025)
38. Joint Research Centre. Climate variability drives global decline in forest resilience. 2022. URL: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news-and-updates/climate-variability-drives-global-decline-forest-resilience-2022-07-13_en (дата звернення 17.05.2025)
39. Joint Research Centre. Forest Ecosystems Final Report. European Commission, 2020. URL: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/system/files/2020-05/pesetaiv_task_12_forest_ecosystems_final_report.pdf (дата звернення 17.05.2025)
40. Journal of Forest Science, 68, 2022 (8): 298–310. Silvicultural options to promote natural regeneration of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Western Ukrainian forests. URL: <https://www.agriculturejournals.cz/pdfs/jfs/2022/08/02.pdf> (дата звернення 22.05.2025)

41. JRC Publications Repository. Emerging signals of a declining forest resilience under climate change, 2022. URL: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC125940> (дата звернення 17.05.2025)
42. Living Planet Report 2020. URL: <https://www.worldwildlife.org/publications/living-planet-report-2020> (дата звернення 22.05.2025)
43. Meyer C., Eshleman J. Journal of Economic Psychology. 2008. Vol. 29, no. 4. P. 629–634. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304380007003390> (дата звернення 22.05.2025)
44. Ministry of Energy of Ukraine. URL: <https://mepr.gov.ua/> (дата звернення 20.05.2025)
45. National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Title of the webpage. URL: <https://nubip.edu.ua/en/node/76103> (дата звернення 22.05.2025)
46. Nations United. Global Forest Goals Report 2021: Overview of Progress. URL: <https://www.un.org/esa/forests/wp-content/uploads/2021/04/Global-Forest-Goals-Report-2021-Overview-of-Progress.pdf> (дата звернення 17.05.2025)
47. Nature Geoscience. Tropical cyclones and climate change. URL: <https://www.nature.com/articles/ngeo779> (дата звернення 22.05.2025)
48. PNAS. Continued warming could transform Greater Yellowstone fire regimes by mid-21st century. URL: <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1110199108> (дата звернення 22.05.2025)
49. Programme U.-R. CPF Chair Speech SBSTA Poznan. URL: <https://www.un-redd.org/sites/default/files/2021-10/CPF%20Chair%20speech%20SBSTA%20Poznan-3.pdf> (дата звернення 22.05.2025)

50. Reuters. War Ignited Record-Breaking Wildfires in Ukraine Last Year, Scientists Say. 2025. URL: <https://www.reuters.com/world/europe/war-ignited-record-breaking-wildfires-ukraine-last-year-scientists-say-2025-03-26> (дата звернення 22.05.2025)
51. Ruhl J. B., others. Mitigating the impacts of climate change on biodiversity: a challenge for scientists and managers. *Ecosphere*. 2013. Vol. 4, no. 2. P. 1–20. URL: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/120332> (дата звернення 22.05.2025)
52. Science Journal. Science Volume 313, Issue 5789. 2006. URL: https://www.science.org/doi/epdf/10.1126/science.1128834?src=getftr&utm_source=wiley&getft_integrator=wiley (дата звернення 22.05.2025)
53. ScienceDirect. Climate change and European forests: What do we know, what are the uncertainties, and what are the implications for forest management? URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030147971400379X> (дата звернення 22.05.2025)
54. ScienceDirect. Climate change and forest fires URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969700005246> (дата звернення 22.05.2025)
55. ScienceDirect. Climate-induced boreal forest change: Predictions versus current observations. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921818106001883?via%3DiHub> (дата звернення 22.05.2025)
56. ScienceDirect. Fire in the virgin forests of the Boundary Waters Canoe Area, Minnesota. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0033589473900033> (дата звернення 22.05.2025)
57. ScienceDirect. Further evidence of the effects of global warming on lichens, particularly those with Trentepohlia phycobionts. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749106002132> (дата звернення 22.05.2025)

58. ScienceDirect. Gene flow and the limits to natural selection. 2022. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169534702024977> (дата звернення 22.05.2025)
59. ScienceDirect. Global and regional analysis of climate and human drivers of wildfire. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969711005353?via%3DiHub> (дата звернення 22.05.2025)
60. ScienceDirect. Increasing storm damage to forests in Switzerland from 1858 to 2007. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168192309001981?via%3DiHub> (дата звернення 22.05.2025)
61. ScienceDirect. Integrating fire risk considerations in landscape-level forest planning. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112710006298> (дата звернення 22.05.2025)
62. ScienceDirect. Responses of Soils to Climate Change. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0065250408601361> (дата звернення 22.05.2025)
63. Soshenskyi O., Melnykovich M., Lobchenko G., Zibtsev S., Kalchuk Ye. Silvicultural approach required to increase forest resilience to climate change and wildfires in the Ukrainian Carpathians. URL: https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u184/2023_forum_carpathicum_2023_soshenskyi_2.pdf (дата звернення 22.05.2025)
64. Springer Nature Link. Biological Insights into Forest Adaptation to Climate Change: Ecosystem Resilience and Adaptation. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-67837-0_15 (дата звернення 17.05.2025)
65. Springer Nature Link. Building a Framework for Adaptive Silviculture Under Global Change. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-15988-6_13 (дата звернення 22.05.2025)

66. Springer Nature Link. Climate change impacts and adaptation in forest management: a review. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13595-014-0446-5> (дата звернення 17.05.2025)

67. Springer Nature Link. Human Dimensions of Forest Disturbance by Insects: An International Synthesis. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00267-008-9193-4> (дата звернення 22.05.2025)

68. Sustainability of Forest Ecosystems and Their Contribution to Global Sustainability Goals / A. Shvidenko et al. Sustainability. 2017. Vol. 9, no. 7. P. 1152. URL: https://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/14690/1/Shvidenko_et_al_sustainability-09-01152.pdf (дата звернення 17.05.2025)

69. The Effect of Running on Cognitive Function in Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis / J. T. Hwang et al. Journal of Sport and Health Science. 2020. Vol. 9, no. 3. P. 278–290. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351989419303014> (дата звернення 17.05.2025)

70. The role of land-use changes in climate change / C. Schwingshackl et al. Nature Climate Change. 2013. Vol. 3, no. 10. P. 870–874. URL: <https://www.nature.com/articles/nclimate3303> (дата звернення 22.05.2025)

71. Thermodynamics of a solar-assisted heat pump for a solar thermal collector and electric energy generation / P. R. A. d. Almeida et al. Journal of Quality in Decommissioning. 2012. Vol. 88, no. 1. P. 1–12. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112712006196?via%3Dihub> (дата звернення 22.05.2025)

72. Ukraine Recovery. Supporting the Recovery and Sustainable Management of Ukrainian Forests and Ukraine's Forest Sector. URL: <https://recovery-ukraine.org/en/reports/supporting-the-recovery-and-sustainable-management-of-ukrainian-forests-and-ukraines-forest-sector> (дата звернення 17.05.2025)

73. Ukrainian journal of forest and wood science. URL: https://forestsscience.com.ua/web/uploads/pdf/UJFWS_15_2_2024_23-40.pdf (дата звернення 22.05.2025)

74. Ukrainian journal of forest and wood science. Mapping Wildland-urban interfaces to support wildfire management over fire-prone forest outskirts of the Zhytomyr region. URL: https://forestsscience.com.ua/web/uploads/pdf/UJFWS_15_2_2024_23-40.pdf (дата звернення 22.05.2025)

75. Ukrainian Journal of Forest and Wood Science. Regarding the issue of growing Scots Pine forests in Polissya. URL: <https://forestsscience.com.ua/en/journals/tom-15-4-2024/do-pitannya-viroshchuvannya-sosnovikh-lisiv-polissya> (дата звернення 22.05.2025)

76. Ukrainian Scientific and Research Institute of Special Equipment and Forensic Expertise. ResFOR. 2023. URL: <https://ukrrimf.org.ua/en/activities/international-cooperation/resfor-2> (дата звернення 17.05.2025)

77. United Nations Economic Commission for Europe. Forests. URL: <https://unece.org/publications/forests> (дата звернення 20.05.2025)

78. United Nations Framework Convention on Climate Change. Reports on the UN Framework Convention on Climate Change. URL: <https://unfccc.int/resource/docs/2008/smsn/igo/035.pdf> (дата звернення 22.05.2025)

79. United Nations Framework Convention on Climate Change. The 2008 report on the inventory of greenhouse gas emissions. URL: <https://unfccc.int/resource/docs/2008/smsn/igo/035.pdf> (дата звернення 22.05.2025)

80. United States Department of Agriculture. URL: <https://www.fs.usda.gov>

81. Wetlands and Climate. URL: <https://www.polissia.eu/2012/01/wetlandsclimate-polissya-proekt-es.html> (дата звернення 20.05.2025)

82. Weynand T. P. Effects of climatic variability and change on forest ecosystems. URL: <https://www.researchgate.net/profile/Toral-Patel->

Weynand/publication/267291711_Effects_of_climatic_variability_and_change_on_forest_ecosystems/links/5e32f461299bf1cdb9ff20ba/Effects-of-climatic-variability-and-change-on-forest-ecosystems.pdf#page=233 (дата звернення 22.05.2025)

83. WorldClim: Climate data. URL: www.worldclim.org (дата звернення 17.05.2025)

84. Публічні звіти Держлісагентства. URL: <https://forest.gov.ua/agentstvo/komunikaciyi-z-gromadskistyuu/publichni-zviti-derzhlisagentstva> (дата звернення 20.05.2025)

85. України Верховна Рада. Про внесення змін до Закону України “Про захист у сфері соціального забезпечення”. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1628-2020-%D1%80#Text> (дата звернення 20.05.2025)

ДОДАТКИ

Адміністративні райони Поліської природної зони

№	Район/грумада	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	Зарічненська	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	Малоліубашанська	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	Новогуївинська	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