

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
НУБІП України  
Навчально-науковий інститут лісового і садово-паркового господарства

УДК 630\*111(477)

ПОГОДЖЕНО ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ  
Директор ННІ лісового Завідувач кафедри  
і садово-паркового господарства лісівництва

Роман ВАСИЛИШИН Наталія ПУЗРІНА  
(підпис) (ПІБ) (підпис) (ПІБ)  
« » 2023 р. « » 2023 р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА  
на тему: «Оцінка впливу змін клімату на ліси України»

Спеціальність: 205 «Лісове господарство»

Освітня програма: лісове господарство

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна

Гарант освітньої програми  
к. с.-г. наук, доцент Олександр БАЛА

(підпис)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи  
к. с.-г. наук, доцент Олександр СОШЕНСЬКИЙ

(підпис)

Виконала

Вікторія СКОРОХОД

(підпис)

Київ – 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ ЛІСОВОГО І САДОВО-ПАРКОВОГО ГОСПОДАРСТВА

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри лісівництва

канд.с.-г. наук, доцент

Н.В. Пузріна

2022 року

**ЗАВДАННЯ**

до виконання магістерської кваліфікаційної роботи студенту

Скороход Вікторії Олександрівни

*Спеціальність:* 205 «Лісове і садово-паркове господарство»

*Освітня програма:* Лісове господарство

*Орієнтація освітньої програми:* освітньо – професійна

*Тема випускної магістерської роботи:* «Оцінка впливу змін клімату на ліси України»

*Затверджена наказом ректора від 31.12.2022 р. № 1941 «С»*

*Термін подання студентом завершеної роботи на кафедру 07.11.2023 р.*

*Вихідні дані до роботи:* Інформація про ліси та лісове господарство України, інформація про санітарний стан лісів, інформація про пожежі, інформація про зміни клімату.

*Перелік завдань, які потрібно виконати:*

1. Описати постановку проблеми та її актуальність;
2. Виконати короткий огляд наукової літератури відповідно до тематики;
3. Навести коротку характеристику об'єкта дослідження;
4. Зібрати дослідні дані;
5. Виконати аналіз дослідних даних;
6. Навести результати аналізу та опрацювання питань дослідження.
7. Зробити висновки та рекомендації за результатами виконаної роботи.

Дата видачі завдання: 10.10.2022 р.

Керівник випускної роботи, доц.

Олександр СОШЕНСЬКИЙ

Завдання прийняв до виконання

Вікторія СКОРОХОД

## РЕФЕРАТ

# НУБІП України

Магістерська кваліфікаційна робота складається з 4 розділів які висвітлюють проблему магістерського дослідження.

У розділі 1 «Огляд літератури» наводиться детальний аналіз наукових досліджень які відповідають тематиці магістерської роботи. У розділі розкриваються основні теоретичні положення, проблеми, що існують стосовно

питання змін клімату та їх впливу на ліси України. Загальний обсяг розділу становить 10% обсягу основної частини магістерської роботи.

У розділі 2 «Методика збору, характеристика та первинна обробка дослідного матеріалу» наводиться обґрунтування вибору напрямку досліджень, наводиться методика збору дослідних даних та характеристика дослідного матеріалу.

У розділі 3 «коротка характеристика об'єкта дослідження» наводиться характеристика лісів та лісового господарства в Україні (характеристика лісів, площа всихання, площа пожеж, спалахи шкідників і хвороб), а також інформація про зміни змін клімату (враховуючи сценарії змін клімату наведені різними вченими та організаціями).

У розділі 4 «Оцінка впливу змін клімату на ліси та лісове господарство України» наводяться результати досліджень, які вносить автор у проблематику досліджень, оцінюється повнота вирішення поставлених задач, результати обробки інформації, оцінка достовірності даних. пакети, ГІС тощо). Наводиться інформація про лісове господарство в період змін клімату, з врахуванням поточного та перспективного впливу змін клімату на ліси та лісове господарство, наводяться особливості ведення лісового господарства в умовах змін клімату, інформація про порушення лісів пожежами в контексті змін клімату, а також можливі шляхи підвищення стійкості лісів до шкідників, хвороб та пожеж в умовах змін клімату.

НУБІП України

Робота завершується висновками зробленими за результатами досліджень та рекомендаціями для лісгосподарської галузі, які автор робить на основі результатів досліджень.

Робота представлена на 87 сторінках комп'ютерного тексту, з яких 42 сторінки становить основна частина. Робота включає 12 таблиць та 11 рисунків.

Список використаної літератури складається з 68 джерел, з яких 14 англійською мовою. Додатки до магістерської кваліфікаційної роботи налічують xx сторінок.

**Ключові слова:** зміни клімату, порушення лісів, лісові пожежі, пошкодження лісів шкідниками та хворобами, лісове господарство, Україна.

# ЗМІСТ

# НУБІП України

ВСТУП..... 6

РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ..... 8

## РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА ЗБОРУ, ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ПЕРВИННА ОБРОБКА ДОСЛІДНОГО МАТЕРІАЛУ

# НУБІП України

2.1. Методика збору дослідних даних..... 14

2.2. Характеристика дослідного матеріалу..... 16

## РОЗДІЛ 3 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ

# НУБІП України

3.1. Характеристика лісів та лісового господарства в Україні..... 19

3.2. Сценарії змін клімату..... 27

РОЗДІЛ 4 ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗМІН КЛІМАТУ НА ЛІСИ ТА ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО УКРАЇНИ..... 39

## НУБІП України

4.1. Лісове господарство в період змін клімату..... 39

4.2. Особливості ведення лісового господарства в умовах змін клімату..... 48

4.3. Порухення лісів пожежами в контексті змін клімату..... 57

4.4. Можливі шляхи підвищення стійкості лісів до шкідників, хвороб та пожеж в умовах змін клімату..... 64

## НУБІП України

ВИСНОВКИ..... 73

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ..... 75

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ..... 78

# НУБІП України

# НУБІП України

## ВСТУП

# НУВБІП України

Кліматичні зміни суттєво впливають на економіки країн світу, а ліси, як один із основних складових природних екосистем є особливо вразливим до таких змін через еволюційну пристосованість видів до конкретних умов. Зміна умов середовища зростання лісів провокує їх порушення через ослаблення дерев та ураження їх шкідниками, хворобами та пожежами.

# НУВБІП України

Актуальність теми магістерської роботи зумовлена збільшенням періодичності та масштабів порушення лісів шкідниками, хворобами та пожежами, що є передусім зміною кліматичних показників. Зміни клімату мають значний вплив як на стан існуючих лісових масивів та стійкість їх у майбутньому. Окрім того, проблема зміни клімату вимагає змін та адаптації існуючих підходів ведення лісового господарства, як на етапі створення чи відновлення, так і в процесі вирощування, догляду та проведенні рубок

# НУВБІП України

головного користування. Ліс також відіграє важливу кліматорегулюючу роль, що потрібно враховувати на всіх рівнях під час формування та провадження лісової політики. Розуміння впливу змін клімату на ліси та лісове господарство України є важливим для визначення можливих стратегій розвитку лісової галузі важливі

# НУВБІП України

в контексті сталого розвитку та сталого лісокористування.

# НУВБІП України

Метою роботи є аналіз, оцінка поточних та перспективних змін клімату в контексті їх впливу на ліси та лісове господарство й розробка відповідних, обґрунтованих рекомендацій для пом'якшення негативних наслідків змін клімату на ліси.

# НУВБІП України

Об'єктом дослідження є ліси та лісове господарство України.

Предмет дослідження – вплив змін клімату на ліси та лісове господарство України.

Відповідно до мети роботи, було сформовано перелік завдань для виконання магістерської кваліфікаційної роботи:

# НУВБІП України

- описати постановку проблеми та її актуальність;
- виконати короткий огляд наукової літератури відповідно до тематики;

НУБІП України

- навести коротку характеристику об'єкта дослідження;
- зібрати дослідні дані;
- виконати аналіз дослідних даних;

- навести результати аналізу та опрацювання питання дослідження;

- зробити висновки та рекомендації за результатами виконаної роботи.

НУБІП України

Практичне значення отриманих результатів досліджень полягає оцінці поточних та перспективних змін клімату та їх впливу на ліси та лісове господарство країни, а також формування рекомендацій для лісгосподарської

галузі із пом'якшення негативного впливу кліматичних змін на стійкість лісів до

порушень.

НУБІП України

Результати роботи пройшли апробацію на 77-й Всеукраїнській студентській науково-практичній конференції «Науковий пошук молоді для сталого розвитку

лісового комплексу та садово паркового господарства» у вигляді публікації тез

та доповіді на конференції.

НУБІП України

Робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, рекомендацій, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 85 сторінок, з яких 42 сторінки – основна частина.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

# НУБІП України

Явище глобального потепління підтвержений багатьма дослідженнями і спостереженнями. Зафіксовані кліматичні зміни викликають стурбованість науковців, урядів, працівників галузей, діяльність яких прямо залежить клімату. Набувають розвитку методи прогнозування глобальних змін клімату та їх можливих наслідків. У 1988 році дві спеціалізовані організації ООН (ВМО та ЮНЕП) створили Міжурядову групу експертів зі змін клімату (МГЕЗК) – Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), яка і сьогодні є найбільш авторитетною міжнародною організацією, що займається оцінкою змін глобального та регіонального клімату минулого, сучасного та майбутнього, впливу кліматичних змін на глобальному та регіональному рівні та можливостей адаптації до них, а також ефективності заходів із зменшення антропогенного впливу на клімат [11, 50, 12, 55].

За загальної тенденції до підвищення приземної температури повітря у межах кліматичної системи та змін кількості опадів як основних індикаторів кліматичних змін, кількісні показники цих процесів у різних географічних регіонах відрізняються, а іноді (особливо це стосується кількості опадів) мають різні тенденції. Причиною цього може бути як неоднозначність прояву зовнішніх кліматоутворюючих факторів у різних широтних зонах, так і просторова відмінність хімічного складу атмосфери, радіаційних та інших характеристик підстильної поверхні у різних регіонах, тощо. Вказана неоднозначність змін клімату у межах кліматичної системи потребує уточнення напряму таких змін, їх швидкості та показників для різних регіонів [11, 10, 27, 35, 43, 51].

Певна направленість кліматичних змін може формувати визначений характер мінливості клімату. Сучасне потепління глобального клімату призводить до підвищення повторюваності несприятливих метеорологічних процесів в Україні.

# НУБІП України



Україна переходить до зони надвисоких температур і погодних катаклізмів через кліматичні зміни, що загрожує опустелюванню значних територій вже у найближчі 30–40 років.

Серед негативних наслідків глобального зростання температури виділяють:

- збільшення кількості стихійних природних лих;
- дефіцит прісної води;
- підвищення рівня вимушеної міграції;
- збільшення частоти певних захворювань у людей.

Науковці вважають, що глобальне потепління здатне сформувати «порожнє коло» – посушливий клімат провокуватиме масштабні лісові пожежі, які своєю чергою призводитимуть до вивільнення в атмосферу великої кількості вуглецю та підсилюватимуть кліматичні зміни. Також, за оцінкою дослідників, зростання температури призводитиме до виходу в атмосферу значної кількості метану, що є одним із парникових газів [3, 33].

Галузі економіки та географічні регіони характеризуються різним ступенем вразливості до зміни клімату. Лісове господарство входить до переліку видів діяльності, що є найбільш вразливими до проявів зміни клімату галузей економіки.

Кліматичні зміни впливають на лісове господарство, оскільки відбувається зміна оптимальних показників екологічних умов для існування лісових екосистем. Зростання літніх екстремальних температур призводить до зникнення окремих видів та появи нових (в тому числі інвазивних) видів, що впливає на видовий склад насаджень та скорочення зайнятих лісами площ.

У дослідженнях українських науковців для головних лісоутворювальних видів наведені прогнози зміни лісорослинних умов [5, 59]. Для дуба звичайного сприятливі умови для росту залишаться тільки на заході (в районі Карпатських гір), задовільні умови складуться на Львівщині, малозадовільні і навіть екстремальні сформується на території сучасної зони мішано-широколистяних лісів. Для ялини європейської фактично не залишиться території із

сприятливими умовами для росту. Через погіршення умов для сосни звичайної в Україні суттєво погіршиться стан соснових лісів. Лише на заході і частково на півночі зберігаються екстремальні та малозадовільні умови для сосни. У Карпатах та передгір'ї зберігаються умови, придатні для росту буку лісового.

Відбуватиметься звуження і зміщення зон з умовами, придатними для росту берези повислої та вільхи чорної. Найкращі для вільхи та субоптимальні для берези умови зберігаються лише у Передкарпатті (басейн Дністра). Пом'якшення клімату супроводжується зростанням температур, особливо зимових. Це призводить до розширення ареалу існування окремих видів

шкідників (зокрема верхівкового короїду, що вже сьогодні спричиняє масову загибель соснових лісів) та збудників рослинних захворювань, які становлять загрозу для рослин.

Негативно на лісові екосистеми впливає зміна водного режиму (інтенсивність та частота, зволоження ґрунтів та інше). Це, у свою чергу, призводить до погіршення санітарного стану лісів, послаблення та масового всихання деревостанів, підвищення пожежної небезпеки. Загалом, за даними Держлісагентства, площа всихання деревостанів унаслідок ураження шкідниками та хворобами збільшилася з 203 тис. га в 2010 році до 440 тис. га в

2018 році [12].

Лісові екосистеми утримують вуглекислий газ у вигляді фітомаси живих рослин (величина «чистого» річного фотосинтезу органічної речовини становить від 7,7 до 21,8 т·га<sup>-1</sup>, з яких 25–45 % продуктів фотосинтезу перетворюється на деревину) [17]. Зниження в атмосфері кількості вуглекислого газу знижує парниковий ефект - один із основних чинників глобального потепління. Саме це зумовлює необхідність збереження та посилення стійкості лісових екосистем.

Серед основних ефектів впливу зміни клімату на лісові екосистеми можна виділити:

- глобальне потепління спричиняє зміни меж природних зон, внаслідок чого змінюються або взагалі зникають ареали зростання деяких продуктивних порід, що сприяє зменшенню біорізноманіття та послабленню деяких екосистем;

- підвищення температур і зміна водного режиму сприяє збільшенню інтенсивності і частоти впливу на ліс різних пошкоджуючих чинників – комах, хвороб, пожеж;

- зміна водного режиму, зміна кількості сонячної радіації та саява змінить режим поглинання вуглецю, вплине на процеси фотосинтезу, що призведе до зміни в балансі поживних елементів;

- послаблення стабільності та життєвості лісових екосистем зумовить зниження продуктивності лісових деревних і недеревних рослин;

- зміна породного та вікового складу насаджень спричинить зменшення біорізноманіття та зниження ефективності екологічного функціонування лісових екосистем;

- кліматичні зміни можуть спричинити природні порушення (сильні лісові пожежі, шкідники, хвороби та інші природні катастрофи), що може швидко перетворити ліси з накопичувачів вуглецю в джерела викидів;

- глобальне потепління може змінити умови зростання лісів, спричиняючи стрес для дерев, що також може зменшити їх здатність абсорбувати вуглець та підвищити ймовірність лісових пожеж.

9 лютого 2022 р. було оприлюднено новий звіт Світового банку «Україна: підвищення стійкості до змін клімату в сільському та лісовому господарствах» [30, 68]. Цей звіт є першою детальною оцінкою потенційних наслідків зміни клімату для України. При збереженні існуючого рівня викидів, а тим більше при їх зростанні, температура може підвищитися на понад 4°C до кінця XXI століття.

Прогнозуються вологіші зими та сухіші літа. Зросте різниця в кількості опадів в різних регіонах України. Для південного степу до кінця століття передбачається різке щорічне збільшення кількості тропічних ночей і спекотних днів. На півдні і сході України літні підвищення температури можуть призвести до спеки та посилення посушливості, що сприятиме формуванню пустель і напівпустель.

Зими стануть м'якшими. Відсутність морозних днів і ночей сприятиме поширенню шкідників. Зміна температурного і водного режиму спричинить скорочення площ, придатних для вирощування ялини, бука, сосни та дуба

(ключових лісотвірних порід в Україні) і підвищить загрозу лісових пожеж. Менше 3% задієних площ країни будуть мати оптимальні умови для вирощування ялини звичайної, сосни звичайної та бука за прогнозами RCP 8.5 і лише 8% території матимуть оптимальні умови для вирощування дуба

англійського. До середини століття, як за сценарієм RCP 4.5, так і RCP 8.5, лише Карпати залишатимуться придатною зоною для ялини норвезької. У Карпатах очікується зміщення межі лісу на більшу висоту [30]. Такі зміни посилять природні порушення та фактори екологічного стресу. Підвищення температур і

зниження кількості опадів призведе до зростання горючого навантаження лісу,

оскільки при тривалих посухах значна частина лісової біомаси стає горючою. В умовах потепління зростає зараження шкідниками, що може призвести до погіршення здоров'я лісу та збільшення рівня загибелі дерев.

Формування більш посушливих умов, які очікуються за обома сценаріями

RCP в південних і північних степових і лісостепових районах України, спричиняють високий рівень ризику для соснових лісів. За прогнозами, такі насадження зникнуть у цих районах.

Проблеми зміни клімату, вплив таких змін на ліси, можливі напрямки розвитку лісової галузі українські науковці розглядають та обговорюють на науково-практичних конференціях, слуханнях на засіданнях Брамадської ради при Державному агентстві лісових ресурсів України, у Комітеті Верховної Ради України з питань екологічної політики. Загалом, подальше посилення кліматичної кризи вже у найближчі десятиліття загрожує такими наслідками для

лісів України:

- зменшення продуктивності лісів, а отже і поглинання ними вуглецю, через частіші та триваліші посухи;

- збільшення площ всихання лісу, особливо монокультур у невластивих кліматичних та лісорослинних умовах – наприклад, ялинових насадження у низькогір'ї Карпат, де традиційно росли буково-ялищеві ліси, або культур сосни на багатих ґрунтах, яким природньо притаманні листяні ліси;

- збільшення ймовірності масового поширення комах-шкідників лісового господарства та інвазійних видів;

- частіші та потужніші лісові та торфові пожежі і тривале задимлення населених пунктів;

- збільшення ймовірності вітровалів через частіші бурі;

- зникнення низки лісових біотопів, наприклад невеликих лісових боліт та заболочених ділянок лісу, острівних ялинників на Поліссі, і як наслідок – суттєве скорочення лісового біорізноманіття.

В той же час, ліси, як і всі інші продуктивні природні екосистеми, мають великий потенціал для пом'якшення негативного впливу нашого суспільства на клімат, оскільки поглинають значну частку викидів двоокису вуглецю.

*Висновок до розділу 1.* Отже згідно з вищенаведеною інформацією, Україна

стикається з серйозними викликами у сфері лісового господарства через зміни клімату. Ці зміни призводять до зменшення продуктивності лісів, збільшення ризику лісових пожеж, розповсюдження шкідників і втрати біорізноманітності.

Крім того, зменшення площі лісових насаджень, особливо монокультур у невластивих кліматичних умовах, становить серйозну загрозу. Однак ліси також

мають потенціал для поглинання вуглецю, що може допомогти пом'якшити вплив змін клімату на суспільство. З цими проблемами активно працюють українські науковці та владні органи, намагаючись знайти рішення для збереження та відновлення лісових ресурсів.

## РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА ЗБОРУ, ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ПЕРВИННА ОБРОБКА  
ДОСЛІДНОГО МАТЕРІАЛУ

## 2.1. Методика збору дослідних даних

Клімат характеризує багаторічний режим погоди для конкретної території, що зумовлено сонячною радіацією, її перетворенням у діяльному шарі земної поверхні та пов'язаною з нею циркуляцією атмосфери та океанів [15].

Кліматоутворювальні фактори – сонячна радіація, циркуляція атмосфери і океану мають глобальний масштаб. У кліматичну систему об'єднують атмосферу, літосферу, гідросферу, криосферу та біосферу. Складові кліматичної системи перебувають у взаємозв'язку і складній взаємодії, яка характеризується прямими та зворотними зв'язками.

- Стан біосфери зумовлюється ресурсами тепла і вологи, які формуються внаслідок перетворення сонячної радіації у процесі взаємодії між складовими системи. З іншого боку, біосфера істотно впливає на стан кліматичної системи. Рослинний світ значною мірою визначає відбивальну здатність планети, бере участь у процесах волого обміну, є основним джерелом кисню, регулює разом з океаном вміст вуглекислоти в атмосфері, формуючи її температурний режим. Особлива роль належить антропогенній діяльності у результаті якої змінюються властивості окремих складових і, як наслідок, кліматичної системи у цілому.

Складність і неоднозначність зв'язків у кліматичній системі, постійна еволюція її компонентів з різною інерційністю є причиною багатьох кліматичних змін на планеті. Ліси – невідемний елемент біосфери. Тому для оцінки впливу змін клімату на них доцільним є вивчення змін і впливів насамперед температурного та водного режимів. Враховуючи вище наведене доцільно

застосувати такі методи збору даних:

- спостереження та моніторинг лісів;
- вивчення та аналіз кліматичних даних;

- моніторинг клімату;
- вивчення біоекологічних характеристик лісовітвірних порід;
- моделювання та прогнозування майбутніх змін.

Регулярне проведення моніторингових спостережень на локальному, обласному та регіональному рівнях дозволить оцінювати погіршення або поліпшення стану популяцій раритетних видів в лісах регіону, фіксувати розширення або скорочення екологічного спектру їх екоотців (типів лісорослинних умов) і біотопів (типів лісу, типів деревостанів), збільшення або зменшення площі їх локалітетів, прогнозувати можливі наслідки антропогенного втручання, визначати необхідність використання (застосування) певних форм охоронного режиму та оптимізувати стратегію охорони раритетних видів лісової флори [25].

Для оцінки впливу зміни клімату на ліси необхідно провести дослідження біоекологічних характеристик, зокрема амплітуд толерантності, у шести найбільш поширених [41] видів деревних порід в Україні (сосна звичайна, дуб звичайний, бук лісовий, ялина європейська, береза повисла, вільха чорна). Це дослідження базується на розроблених Я.П. Дідухом шкалах екологічних (кліматичних) амплітуд для видів природної флори України [56, 57].

Кожний регіон України може бути оцінений як з точки зору його придатності для стійкого існування та поширення ценопопуляцій основних видів деревних порід, а також з точки зору якості середовища для розвитку лісових фітоценозів, в яких ці породи виступають в якості едифікаторів [5].

Коли межі екологічного оптимуму виду на градієнті певного екологічного фактору вкладаються в межі амплітуд кліматичних факторів тієї або іншої природної зони, то передбачається стійке існування популяції виду з максимальною продуктивністю. Проте, якщо вид виходить за межі цієї зони оптимуму і стикається з обмежуючими кліматичними факторами, його продуктивність може значно зменшитися. В такому випадку відбувається регресія популяції, проявляючись у зменшенні продуктивності, втраті репродуктивної здатності, порушенні циклу сезонного розвитку та інших

аспектах, внаслідок чого вид стає менш стійким до шкідників і хвороб. Ця регресія зазвичай спостерігається, коли амплітуди екологічних факторів виходять за межі толерантності виду, і чим більшою є відстань між крайніми значеннями амплітуд, тим більша ймовірність такого регресу.

## 2.2. Характеристика дослідного матеріалу

Зміни клімату безумовно впливають на стан та якість лісових насаджень. Факторів, які впливають на клімат в різних точках земної кулі є багато. Серед переліку таких факторів доцільно виділяти кількість сонячної радіації та сонячне сяйво; атмосферний тиск і рух повітряних мас; характер підстилової поверхні; температура повітря і ґрунту; географічне доложення; відстань від морів та океанів та інше. На клімат України найбільший вплив мають відносна віддаленість країни від океанів, переважно рівнинний характер території, наявність гірських систем. Варто зазначити, що лісові насадження є вразливими до змін клімату екосистемами, але, у свою чергу, вони мають вплив на стабілізацію клімату.

Під змінами клімату розуміють зміну характеру погодних умов на протязі тривалого часу для значної території. Для певної території кліматичні показники включають, насамперед, температуру повітря, кількість опадів, напрями вітрів, зволоження території. Температурний та водний режими безпосередньо впливають на умови лісорозведення, лісо вирощування та стан лісів. Тому дослідження змін температурного режиму, кількості опадів (особливо у вегетаційний період) важливі при оцінці впливу кліматичних змін на ліси. Оцінки і прогнози можливі на основі зібраних і систематизованих даних спостережень. Причому чим триваліші такі спостереження, тим більша ймовірність отримання правильної кліматичної моделі, на основі якої можливе прогнозування [14].

Варто зазначити, що навіть досконала кліматична модель, яка базується на багаторічних спостереженнях, не надає стовідсоткової достовірності можливих кліматичних змін. Це зумовлюється не лише посиленням негативних для лісів



тенденцій (підвищення температури, зменшення кількості опадів та інше), а й можливістю синергетичного ефекту від змін окремих кліматотвірних чи кліматорегулюючих складових [65].

У процесі досліджень використано дані NOAA щодо температури земної поверхні (SMT) і вегетаційних індексів NDVI ((2Сайт STAR NESDIS NOAA – Satellite Applications and Research of NOAA’s National Environmental Satellite Data Information Services – Центру використання супутників і досліджень Національної служби супутникових даних та інформації Національного управління по дослідженнях океану та атмосфери США.

На сьогоднішній день єдиним інструментом для прогнозування майбутніх змін клімату є використання глобальних кліматичних моделей (МЗЦАО - моделі загальної циркуляції атмосфери та океану) та регіональних кліматичних моделей (PKM) [61]. Ці моделі прогнозують зміни в кліматі, базуючись на

метеорологічних спостереженнях, таких як температура, опади, вологість і інші фактори, а також на даних про характеристики поверхні землі, такі як висота над рівнем моря та тип земельного покриття (вода, суходіл з різними видами рослинності, забудови і т.д.). Різні кліматичні моделі порівнюються між собою,

використовуючи алгоритми, визначені в рамках Модельного проекту міжмодельного порівняння (MIP - Model Intercomparison Project). Цей проект

спрямований на створення єдиного формату для обміну даними між різними джерелами. Використовуючи ці стандартизовані дані, вчені можуть порівнювати

та аналізувати результати історичних даних та різних кліматичних експериментів з різних джерел, що сприяє удосконаленню прогнозів змін клімату.

Найновіші моделі можна знайти в Шостій оціночній доповіді Міжурядової Групи експертів зі зміни клімату (МГЗЕЗК або IPCC), яка була випущена у

2021 році. Ці моделі належать до Шостої Фази Об'єднаної Модельної Програми порівняння (CMIP6), але часто для обчислень використовують і попередню

версію, CMIP5. Крім того, в роботі були враховані наукові праці українських та

іноземних дослідників, матеріали науково-практичних конференцій та інші джерела.

НУБІП України

*Висновок до 2-го розділу.* Зміни клімату мають значний вплив на лісові

екосистеми та лісове господарство. Різні фактори клімату, такі як сонячна

радіація, атмосферний тиск, географічне положення та інші, впливають на клімат України. Температурні та водні режими грають важливу роль у лісових екосистемах, і дослідження цих змін є ключовими для оцінки впливу

кліматичних змін на ліси. Довготривалі спостереження допомагають створювати

більш точні кліматичні моделі та прогнози, але навіть найкращі моделі не можуть

гарантувати стовідсоткової точності передбачення кліматичних змін через можливий синергетичний ефект від різних кліматичних факторів. Ліси, як невідемна частина біосфери, важливі для стабілізації клімату. Дослідження змін

клімату та їх впливу на ліси вимагає моніторингу кліматичних даних,

біоecологічних характеристик видів деревних порід та моделювання майбутніх змін. Такий підхід допоможе зрозуміти вплив кліматичних змін на ліси та розробити стратегії охорони цих екосистем.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## РОЗДІЛ 3

## КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ

## НУБІП України

## 3.1. Характеристика лісів та лісового господарства в Україні

НУБІП України

Основні кількісні та якісні характеристики лісів та діяльності лісогосподарських підприємств по їх відновленню та захисту представлені в звітних даних Голови Державного агентства лісових ресурсів України.

НУБІП України

Незважаючи на прийняття численних міжнародних природоохоронних документів, стан навколишнього природного середовища продовжує погіршуватися. Огже збереження сталості кліматичної системи є однією з найважливіших глобальних проблем. Ліси відіграють суттєву роль як у регулюванні вуглецевого балансу атмосфери, так і в збереженні біорізноманіття.

НУБІП України

Важливість лісів та лісового господарства на сьогодні є загально визнаною і не підлягає сумнівам.

НУБІП України

Загальна площа лісових ділянок, які включаються до лісового фонду України, складає 10,4 мільйона гектарів, з них 9,6 мільйона гектарів вкриті лісною рослинністю. Лісистість України становить 15,9 %. Незважаючи на відносно невелику лісистість території, Україна займає 9-те місце в Європі за площею лісів та 7-те місце за обсягами деревини. Дані про лісистість України за природними зонами наведено на рис.3.1.

НУБІП України

НУБІП України

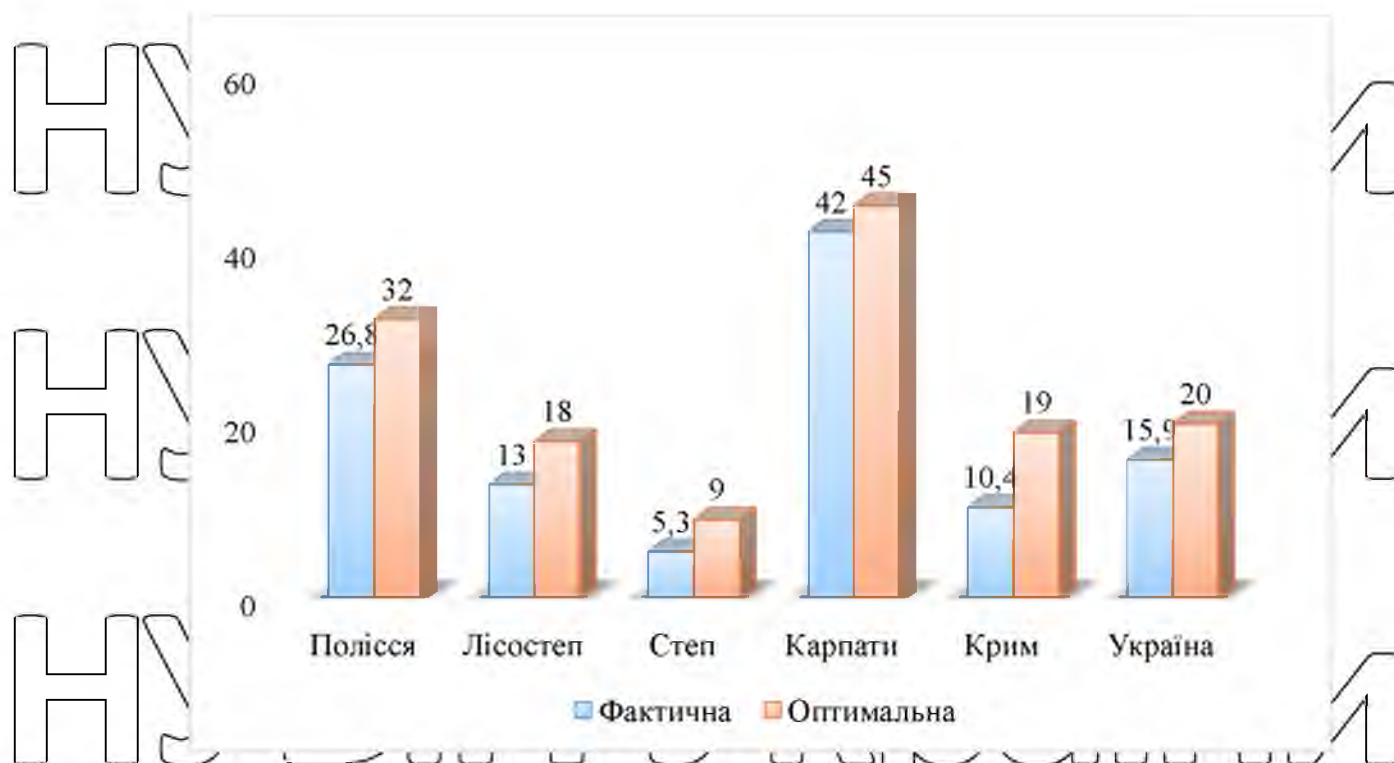


Рис. 3.1. Лісистість України за природними зонами

Умови для вирощування лісу в Україні значно різняться в різних регіонах, що призводить до нерівномірного поширення лісів по всій країні. Лісистість в різних природних зонах виявляє значні відмінності і не завжди досягає оптимального рівня, який би максимально позитивно вплинув на клімат, ґрунти, водні ресурси та зміцнював боротьбу з ерозійними процесами. Крім того, ці ліси вирощуються з людиною і потребують посиленого догляду.

У структурі віку лісів переважають середньовікові насадження, а частка стиглих та перестиглих насаджень складає 19% (рис.3.2). Середній вік лісів перевищує 60 років, і спостерігається поступове старіння лісів, що веде до погіршення їхнього санітарного стану.



Рис. 3.2. Вікова структура лісів України

Ліси України включають понад 30 видів деревних порід, серед яких переважають сосна, вільха, ясен, граб, дуб, бук, ялина, береза, та ялиця. Твердолистяні насадження складають 43 %, з дуба та бука у відсотках 37 %. Хвойні насадження займають 43 % загальної площі лісів, зокрема сосна становить 35 % (рис.3.3).



Рис. 3.3. Розподіл площі лісів України за переважаючими породами [41]

Загальний запас деревини в лісах України оцінюється на рівні приблизно 2,3 млрд. м<sup>3</sup>. В середньому щорічно в лісах України приростає приблизно 35 млн. м<sup>3</sup> деревини. Середньорічний приріст деревини на 1 гектарі в лісах, що належать до Держлісагентства, складає 3,9 м<sup>3</sup> на гектар і коливається від 5,0 м<sup>3</sup> в Карпатах до 2,5 м<sup>3</sup> у Степовій зоні. Спостерігається поступове зростання запасу деревини, що свідчить про великий економічний і природоохоронний потенціал наших лісів. У лісах України середній запас деревини на 1 гектарі складає приблизно 235 м<sup>3</sup>, зокрема в лісах Держлісагентства – близько 251 м<sup>3</sup> (що становить 10-те місце в Європі, порівняно з Польщею - 288 кубічних метрів, Білоруссю – 206 м<sup>3</sup> та Швецією – 131 м<sup>3</sup>). Загалом по Україні цей показник нижчий і складає 235 м<sup>3</sup>, в першу чергу через ліси реформованих сільськогосподарських підприємств, які зріджені та перебувають у складному санітарному стані.

Згідно з Земельним та Лісовим кодексами України, ліси в країні можуть бути у державній, комунальній та приватній власності. Велика більшість лісів перебуває у державній власності. Процес розмежування земель може призвести до передачі близько 1,3 мільйонів гектарів (13 %) лісгосподарських земель у комунальну власність. Ці землі перебувають у постійному користуванні комунальних підприємств, які підпорядковані органам місцевого самоврядування. Доля лісів у приватній власності становить менше 0,1 % від загальної площі лісових земель. При цьому приблизно 800 тис. га лісових земель не були передані в користування.

Основною метою лісового господарства є вирощування і відтворення лісів. Постійні користувачі лісів та власники лісів мають обов'язок, згідно з чинним законодавством, протягом двох років відновити ліс на місці суцільних вирубок. Цей строк встановлено для підготовки ґрунту та проведення інших заходів для посадки нового лісу або сприяння природному відновленню лісу.

Зазвичай, відновлення лісу відбувається наступного року після вирубки, а іноді, якщо створено всі необхідні умови, може відбуватися в той же рік. Найбільш сприятливі погодні умови для відновлення лісу це весна та осінь.

У 2022 році, не зважаючи на широкомасштабні військові дії, відтворено лісів на площі 30 тис. га, зокрема створено нових лісів 1,9 тис. га (рис.3.4).

### ОБСЯГИ ВІДТВОРЕННЯ СТВОРЕННЯ ЛІСІВ ПІДПРИЄМСТВАМИ ДЕРЖЛІСАГЕНСТВА, ТИС. ГА.

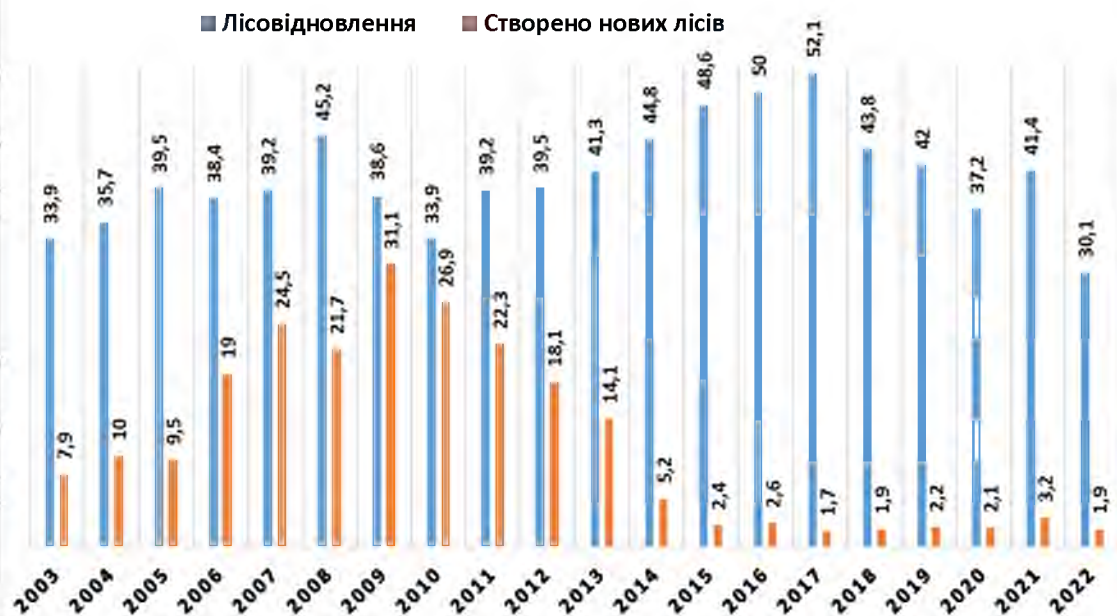


Рис. 3.4. Обсяги відтворення лісів підприємствами Державного агентства лісових ресурсів України

Загальна кількість сіянців, які були висаджені, включаючи садивний матеріал на сайті «Зелена країна» становить понад 183,3 мільйони дерев. Крім того, протягом 2022 року державні лісгосподарські підприємства зібрали 545,2 тон лісового насіння.

Лісові ландшафти в структурі природно-заповідного фонду України (ПЗФ) відіграють провідну роль. Кожен другий заповіданий гектар в Україні припадає на землі лісгосподарського призначення або ліси на інших категоріях земель. Практично в усіх регіонах заповідна природа в лісах має більший статус збереження, ніж на решті території держави.

У 2022 році за Указами Президента України були створені та розширені межі природоохоронних установ ПЗФ за рахунок лісгосподарських земель підприємств, які належать до сфери управління Держлісагенства.

- Національний природний парк "Холодний Яр" (6829,5 гектарів з вилученням);

- Національний природний парк "Куяльницький" (1242,5 гектари);

- Національний природний парк «Пуща Радзівіла» (22427,16 гектарів з вилученням);

- Карпатський біосферний заповідник (зміна меж території на 17913,6 гектарів з вилученням);

- Національний природний парк «Вишницький» (розширення меж території – 131 гектар через вилучення).

Частина територій і об'єктів природно-заповідного фонду (ПЗФ) розташована в зонах бойових дій або на тимчасово окупованих територіях, де призупинено господарську діяльність, і неможливо провести обстеження та

надати інформацію щодо пошкоджень. Це стосується Донецької, Луганської, Запорізької, Миколаївської, Херсонської і Харківської областей.

Деякі території ПЗФ постраждали внаслідок будівництва фортифікаційних споруд, і обстеження стає неможливим через обмежений доступ. Ця ситуація спостерігається в областях Волинській, Рівненській, Житомирській, Київській, Чернігівській, Сумській і Харківській.

Складна ситуація і в тих заповідних об'єктах, які пережили окупацію. Тут найбільш актуальною проблемою є розмінування територій, і це стосується областей Житомирської, Київської, Сумської, Чернігівської та Харківської.

Обсяги пошкоджень будуть встановлені після обстежень, які можна буде провести лише після розмінування територій.

Згідно статті 89 Лісового кодексу України охорону і захист лісів, які перебувають у сфері управління Держлісагентства, здійснюють працівники державної лісової охорони. Так, працівники державної лісової охорони відповідають за охорону і захист лісів, що перебувають у сфері управління

Держлісагентства, від різних загроз, включаючи б. незаконні рубки, а також захист лісів від шкідників та хвороб. Їхні повноваження і завдання визначені статтями 90-94 Лісового кодексу України та Положенням про державну лісову



охорону, яке було затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 16 вересня 2009 року № 976.

У 2022 році пожежі в лісових масивах ускладнили ситуацію, ініційовані бойовими діями та обстрілами. Додатковою проблемою стала наявність замінованих територій із значною кількістю вибухонебезпечних предметів, що унеможливило своєчасне виявлення та оперативне реагування на пожежі.

Протягом 2022 року в лісах галузі було зафіксовано 1009 пожеж на площі 15,5 тис. га. Це у 1,5 рази перевищує кількість та в 53 рази більше площу пожеж, які спостерігалися у попередньому році. Середня площа однієї пожежі збільшилася в 35 разів і склала 15,4 га, а збитки становили 438,9 мільйонів гривень. В 27% випадків для загасання пожеж залучалися сили та засоби ДСНС. Також в 202 випадках площа загорянь перевищувала 5 га. Загальна площа всіх великих пожеж з початку року становила 14,4 тис. га, включаючи 1,2 тис. га верхових пожеж.

Слід відзначити, що облік лісових пожеж не враховував значну частину лісів, включаючи Запорізьку, Луганську, Миколаївську, Донецьку, Херсонську області та інші, де тривали військові дії, і де деякі території знаходяться під контролем окупантів. Врахувати прямі та побічні збитки від лісових пожеж та провести інструментальний облік площ, що постраждали від воєни, неможливо на даному етапі, оскільки корекції потребуватиме після завершення військових дій, звільнення та розмінування тимчасово окупованих територій.

Для порівняння: у 2021 році було припинено тільки одну велику пожежу, у 2020 році – 95 випадків. Загальна площа великих пожеж в порівнянні з минулим роком збільшилася в 2363 рази, а в порівнянні з 2020 роком зменшилася в 5 разів. Головні причини виникнення пожеж (62%) - це спалахи у лісах під час активних бойових дій, обстріли крилатими ракетами та снарядами, а також наявність в лісах вибухонебезпечних предметів.

З метою запобігання лісовим пожежам підприємствами було влаштовано майже 12 кілометрів протипожежних розривів і бар'єрів, а також 36,2 тис. км. мінералізованих смуг, проведено огляд цих заходів на площі 164 тис. км. У

лісних масивах вздовж доріг загального користування та на місцях відпочинку населення було встановлено 10,3 тис. анидлагів, панно і плакатів на тему протипожежної безпеки. У ЗМІ було опубліковано 2,3 тис. статей, організовано 911 радіо та 185 телевізійних виступів, проведено 11,6 тисяч лекцій та бесід щодо дотримання вимог пожежної безпеки в лісах. Було заблоковано 12,5 тис. позапланових доріг. Проведено 16,5 тис. рейдів для забезпечення дотримання вимог Правил пожежної безпеки в лісах України, та винесено штрафи на суму 265 тис. грн. для 161 порушника.

Станом на 1 січня 2022 року загальна площа всихаючих лісів становила 221 тис. га. Зафіксовано нових осередків пошкоджень на площі 148 тис. га, а також ліквідовано пошкоджень на площі 167 тис. га. На кінець 2022 року залишок пошкоджених лісів склав 202 тис. га, з яких сосна звичайна охоплює 79 тис. га, дуб звичайний – 62 тисячі гектарів, ялина європейська – 13 тис. га, і інші породи – 48 тис. га.

Упродовж 2022 року були зафіксовані насадження, пошкоджені через природні катаклізми, такі як вітровалі та буреломи, на площі 17,3 тисяч гектарів з загальною масою 524,5 тис. кубічних метрів. З цієї суми 750 гектарів і 26,4 тис. м<sup>3</sup> припадають на землі природно-заповідного фонду.

В результаті ліквідації наслідків стихійних явищ на площі 14,9 тис. га було зібрано 466,8 тис. м<sup>3</sup> деревини, що становить 86 % від загальної площі та 89 % від загальної маси відповідно до загального об'єму. Найбільше постраждалих насаджень підприємств виявлено в Закарпатській області – 4,4 тис. га, в Рівненській області – 3,2 тис. га, а також внаслідок впливу кліматичних змін, пожеж, або спалахів шкідників та хвороб в Черніпівській області – 2,1 тис. га, які належать до обласних управлінь лісового та мисливського господарства.

На початок 2022 року загальна площа осередків шкідників і хвороб у лісі складала 577 тисяч гектарів. З'явилися нові осередки на площі 137 тис. га, однак завдяки заходам боротьби і природним факторам знищено осередки на площі 128 тисяч гектарів. На момент 31 грудня 2022 року залишилося 586 тис. га осередків шкідників і хвороб [41].

### 3.2. Сценарії змін клімату

Зміни клімату є однією з найбільших і загрозованих проблем, які стикається наша планета. Основні проблеми, пов'язані зі зміною клімату, включають:

1. Підвищення температури повітря: Викиди парникових газів, таких як діоксид вуглецю, метан і азотний оксид, збільшують ефект парникового газу, що призводить до підвищення середньорічної температури на Землі. Це викликає таніння льодовиків, підвищення рівня морів і небезпеку повеней та інших природних катастроф.

2. Зміна кліматичних зон: Підвищення температури призводить до зміни кліматичних зон і розповсюдження деяких видів тварин і рослин в нові регіони. Це може порушити екосистеми та призвести до вимирання видів.

3. Зміна погодних умов: Зміна клімату призводить до частіших та інтенсивніших погодних явищ, таких як урагани, смерчі, засухи і повені, що призводить до значних матеріальних збитків і загрози життю людей.

4. Вплив на сільське господарство: Зміна клімату може призвести до втрат в урожаї і зменшення продуктивності сільськогосподарських культур, що загрожує продовольчій безпеці.

5. Зниження якості повітря: Забруднення повітря та викиди парникових газів також можуть впливати на якість повітря, що може викликати проблеми зі здоров'ям людей та забруднення навколишнього середовища.

6. Загроза водним ресурсам: Зміна клімату може призвести до зменшення запасів прісної води в річках і озерах, що може викликати конфлікти через доступ до водних ресурсів.

7. Економічні наслідки: Зміна клімату може призвести до економічних втрат через зміну умов для бізнесу, зокрема в сільському господарстві, страхуванні і будівництві.

8. Соціальні проблеми: Зміна клімату також може призводити до міграції людей, конфліктів і нерівності в доступі до ресурсів.

Зміни клімату є складною і багатогранною проблемою, яка вимагає глобального співпраці та прийняття заходів для зменшення викидів парникових газів і адаптації до незворотніх змін клімату. Зміна клімату може мати різні сценарії в залежності від рівня викидів парникових газів, природних факторів і дій суспільства [9].

- Міжурядова група експертів з питань змін клімату (IPCC) розробила три різні сценарії майбутнього планети в залежності від дій людства з адаптації та пом'якшення наслідків кліматичних змін, як описано у Спеціальному звіті про глобальне потепління 1,5° C (2018):

- найкращий сценарій з ранніми та ефективними діями;
  - середній сценарій з відстроченими, але рішучими діями;
  - найгірший сценарій з пізніми та нескоординованими діями.
- На їхню думку, у найближче десятиріччя:

- За найгіршим сценарієм: очікується стійке потепління, але найекстремальніші події відбуваються у менш населених регіонах і не викликають глобальної тривоги. Деякі міста стикаються з частими тепловими хвилями, а регіони, які раніше мали сніг на гірських курортах, такі як Альпи, Скелясті гори та Анди, тепер мають менше снігу.

- За середнім сценарієм: природні зміни в кліматі призводять до більшого потепління, ніж передбачалося. Температура регулярно зростає більше ніж на 1,5°C. Тривожні смертельні теплові хвилі часто вражають міста, такі як Чикаго, Калькутта, Пекін, Карачі та Сан-Паулу. Ця ситуація спричиняє громадські заворушення, і у 2025 році відбувається раптовий зміщення глобального саміту до більш амбітних кліматичних заходів.

- За найкращим сценарієм: спостерігається посилення кліматичних заходів на всіх рівнях – національному, державному та місцевому. Транспорт стає менше викидним, і до 2025 року кількість проданих автомобілів з електричними двигунами перевищує кількість автомобілів з двигунами внутрішнього згоряння. Введено та випробовано кілька великих промислових установок для захоплення та зберігання вуглецю (CCS).

У 2030-ті роки за найгіршим сценарієм: глобальне потепління досягне  $1,5^{\circ}\text{C}$  до 2030 року, але політичні зміни не відбуваються. В цей період відзначається кілька катастрофічних років через напружену фазу Ель-Ніньйо-Ла-Нінья у 2030 році, яка призводить до потужних теплових хвиль на всіх континентах і має смертельні наслідки, зокрема у тропічних регіонах.

За середнім сценарієм: виникають проблеми з посухами в Південній Європі, Південній Африці та Амазонці, а також повені в Азії. Світова спільнота витрачає значні ресурси на швидке скорочення використання викопних палив та збільшення використання відновлюваних джерел енергії, але глобальна

нездатність підтримати економічні заходи енергетичного переходу ускладнює ситуацію. У цьому контексті проривні технології стають вирішальними для адаптації до швидких змін у світі.

За найкращим сценарієм: спостерігається збалансована інтенсифікація сільського господарства, яка залишає багато природних екосистем відносно недоторканими. Великі обсяги харчових відходів зменшуються, і світовий перехід до здорового та більш дієтичного харчування сприяє зниженню викидів парникових газів, пов'язаних з виробництвом м'яса. Використання біоенергетики з відходів та водоростей сприяє мінімізації впливу на виробництво продуктів харчування та біорізноманіття.

Із середини століття до 2100 року за найгіршим сценарієм: температура підвищиться на  $3^{\circ}\text{C}$ ; урагани та сильні шторми, екстремальні кліматичні явища будуть малозвичними у всьому світі; відбудеться різке знеліснення; танення льодовиків спричинить повені; посухи та неврожаї призведуть до складнощів у житті багатьох корінних та сільських громад, які проживають на своїх землях; високий рівень громадських заворушень та політичної нестабільності внаслідок зростаючого кліматичного тиску; великі конфлікти, а також значна міграція та примусове переміщення населення.

Відповідно до середнього сценарію, до 2050 року температура підвищиться на  $2^{\circ}\text{C}$ , але завдяки рішучим заходам вдалося знизити цей показник, і до кінця століття вдасться досягнути підвищення температури на

1,6°C. Зростання інтенсивності штормів та підвищення рівня моря збільшують ризики для тропічних та субтропічних спільнот. Урожайність

сільськогосподарських культур в значній мірі зменшується в тропіках, що спричинює тривалий голод в деяких африканських країнах. Багато природних

екосистем втрачено, особливо в регіоні Середземномор'я, і темпи вимирання

видів значно збільшуються. Підвищення температури на 2°C протягом декількох десятиліть руйнує коралові рифи та інші морські екосистеми, завдає шкоди тропічним лісам. Зростання цін на продовольство негативно впливає на

продовольчу безпеку, спричиняє голод і бідність. Велика масштабна міграція,

примусове переміщення та втрата ідентичності в деяких країнах підірвали

досягнення в галузі сталого розвитку та безпеки людини. Обмежена здатність до адаптації для запобігання втрати екосистем. Пониження рівня захисту

прибережних зон від штормів збільшує ризики для тропічних і субтропічних прибережних спільнот.

- За найкращим сценарієм, до 2050 року температура підвищиться на 1,6°C, але до кінця століття вдасться досягнути підвищення температури на лише 1,5°C. Ризики теплових хвиль зменшуються завдяки активній адаптації, але часті

спеки все ще впливають на тропіки, зокрема, в мегаполісах. Збереження лісів

Амазонки завдяки зменшенню вирубки та уникненню ризику посухи [66].

Зменшення площі льоду в Арктиці відкриває нові судноплавні шляхи, але завдає шкоди арктичним екосистемам. Зрошення сільськогосподарських культур

продовжує збільшуватися, що веде до зниження рівня води в багатьох регіонах.

Коралові рифи частково відновлюються до 2100 року. Прибережні громади

активно борються зі збільшенням затоплення, пов'язаного із підвищенням рівня моря та більші частими та інтенсивними дощами. Малі острівні країни,

прибережні та низинні території зазнають значних змін, але в основному

вдається зберегти їх в більшості регіонів. У середніх широтах регулярно

спостерігаються спекотні літа та більше опадів. Скоординована декарбонізація,

яка передбачає більш широкий підхід до сталого розвитку, допомагає мінімізувати викиди від ґрунтів. Лісовий покрив залишається схожим на той, що

був на початку 21 століття, і урожайність сільськогосподарських культур залишається стабільною. Розміри льодовиків зменшуються в більшості гірських регіонів, що призводить до підвищення рівня моря [21, 28, 46].

У 2021 році у шостій оціночній доповіді (AR6) Міжурядової Групи Експертів зі Зміни Клімату (МГЗЕК або IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change) були представлені найсучасніші моделі зміни клімату

Наразі найбільш вживаними є п'ять сценаріїв викидів парникових газів, відомих як «Репрезентативні траєкторії концентрацій» (РТК або RCP –

Representative concentration pathways), які були представлені у П'ятій доповіді

(AR5) IPCC у 2013 році. Кожен сценарій RCP включає число у своїй назві, наприклад RCP1.9, яке вказує на додаткове теплове навантаження в атмосфері (у  $\text{Вт м}^{-2}$ ), спричинене зростанням концентрації парникових газів [29, 31].

RCP1.9 та RCP2.6 – це оптимістичні сценарії, оскільки передбачають низькі викиди парникових газів та, відповідно, найменший рівень глобального потепління до 2100 року.

RCP4.5 та RCP6.0 – це проміжні сценарії.

RCP8.5 – це найжорсткіший (песимістичний) сценарій, оскільки передбачає найбільші викиди парникових газів (емісії) і розвиток людства за принципом «гроші не пахнуть» (business as usual), без значних трансформацій нашого способу життя.

RCP8.5 має низьку ймовірність настання, але високу загрозу.

RCP2.6, навпаки, характеризується високою ймовірністю та низькою загрозою.

RCP4.5 має середню ймовірність та середню загрозу.

Сценарії соціально-економічного розвитку (SSPs – Shared Socio-economic Pathways) використовуються разом із сценаріями RCP (Representative concentration pathways), щоб зрозуміти вплив різних соціально-економічних розвитків на зміни клімату. Ось короткий опис кожного з них:

SSP1 – Сталого розвитку, «зелений шлях»: Цей сценарій передбачає сталість та розвиток, орієнтований на сталість. Він сприяє легкому досягненню пом'якшення та адаптації до змін клімату.

SSP2 – «Середина шляху»: Цей сценарій відображає світ, де економічні та екологічні тенденції в основному слідують своїм історичним шляхам. Методи пом'якшення та адаптації мають середню складність.

SSP3 – Регіональне суперництво, «кам'яниста дорога»: Цей сценарій орієнтований на національну безпеку та регіональний розвиток. Він створює великі проблеми для пом'якшення та адаптації.

SSP4 – Світ постійно зростаючої нерівності: Цей сценарій відзначається постійним зростанням соціальної нерівності. Пом'якшення наслідків від змін клімату не є серйозним завданням, адаптація важка.

SSP5 – Світ швидкого та необмеженого зростання: Цей сценарій передбачає швидке та необмежене зростання економічного виробництва та використання енергії. Він ускладнює завдання щодо пом'якшення наслідків змін клімату і створює значні виклики для адаптації.

Ці сценарії використовуються, щоб дослідити різні можливі шляхи соціально-економічного розвитку та їх вплив на кліматичні зміни, дозволяючи краще розуміти, яким чином різні розвіткові шляхи впливають на майбутнє клімату і які заходи можуть бути вжиті для подолання викликів зміни клімату [53].

- Кліматологи розглядають різні можливі сценарії для України у залежності від глобальних змін клімату. Прогнозується підвищення середньорічної температури повітря на 4-6 градусів, а в зимовий період снігового покриву може не бути. В подальшому це може призвести до зникнення зими в Україні, хоча негайних морозів не буде, але середня температура взимку залишатиметься вищою за нуль, і сніговий покрив буде відсутнім. Це, в свою чергу, може призвести до послідовності наслідків: відсутність снігу призведе до зниження вологовмісту в ґрунті, що вплине на живлення річок. Водні ресурси стануть дефіцитними, і зміни в екосистемах призведуть до збільшення



шкідників. І таким чином, настануть низка зв'язаних один з одним негативних наслідків і ризиків.

- Лісові насадження залежать від змін клімату, але одночасно є кліматорегулюючим фактором. Тому, розглядаючи різні сценарії змін клімату, доцільно з'ясувати можливі зміни для флори та фауни.

- Ліси відіграють важливу кліматорегулюючу та водорегулюючу роль. В.Г. Горшков та А. М. Макар'єва висунули концепцію «біотичного насосу». Відповідно до цієї концепції ліси закачують вологу з океану на континент. Через конденсацію та випаровування листковою поверхнею крон ця волога

повертається в атмосферу, а згодом випадає у вигляді опадів. Таким чином, зміна структури лісів зумовить погіршення гідрологічного режиму та вологості клімату.

- На зміни клімату реагують і степи. Вони менш чутливі до зміни омброрежиму, тому що адаптовані до дефіциту вологи. Як правило, високі температури та недостатня кількість опадів змінюють кислотність і сольовий режим ґрунтів. В умовах дефіциту вологи це впливає на зміну структури степів. Степи зонального типу із домінуванням всіх видів ковили вважаються найбільш чутливими до зовнішніх змін. Підвищення середньорічних температур на 1-2°C

уже спричинить зміни в таких угрупованнях через зміну кислотності ґрунтів.

Лучно-степові та різнотравно-степові угруповання вважаються менш чутливими до підвищень температури.

- В Карпатах (альпійський і субальпійський пояси) найбільш загрозливим фактором вважається зміна гідрологічного режиму ґрунту. Це проявляється навіть при мінімальних змінах температури. При суттєвішому зростанні температур (до +2,5°C і більше) типові для альпійського поясу угруповання можуть взагалі зникнути.

- Підвищення температур прогнозується у всіх сценаріях зміни клімату.

Зміна температурного режиму спричиняє до зміни гідрорежиму. Це супроводжується зменшенням площ боліт.

- Найбільші зміни підвищення температур та зниження вологості за всіх сценаріїв кліматичних змін спричинить у зональних угрупованнях лісового, степового типу, а також високотрих та скельних угрупованнях, верхових болотах.

- Зміни у природних екосистемах – це природний процес, але зміни клімату суттєво впливають на нього. Чим швидше відбуваються зміни клімату, чим вищими є числові характеристики таких змін, тим більші зміни відбуваються в екосистемах та більша ймовірність реалізації найгіршого із можливих сценаріїв. Оскільки все взаємопов'язане, зміни рослинного покриву зумовлюють прискорення кліматичних змін і підвищують ймовірність настання найгіршого (або близького до нього) сценарію.

- Наслідком змін клімату та чинником, що прискорює негативні кліматичні зміни та підвищує ймовірність настання найгіршого сценарію є пожежі соснових лісів і торф'яників, зниження рівня ґрунтових вод, порушення трофічних зв'язків, спалахи хвороб рослин та інше.

- Зміни клімату характеризуються різними факторами, хоча одним із найважливіших для лісових насаджень виступають температурний режим та кількість опадів. Дослідження українських науковців [12, 10, 27, 51] показали, що загрозу для природних екосистем має як пряма дія зміни кліматичних складових, так і опосередкована. Причому опосередкована зміна за часту має більш негативний вплив.

- Зміни клімату впливають на всі природні процеси. Так, кількість опадів впливає на вміст води у повітрі та ґрунті. Вологість та температурний режим, у свою чергу, впливають на кількість та активність бактерій у ґрунті. Це змінює ґрунтоутворні процеси, що, у свою чергу, впливає на розвиток біоти конкретної території. При цьому зміна середньорічної температури (у нашому випадку - підвищення) на однакову величину викликає різну зміну інших природних чинників.

- Для розробки заходів по мінімізації негативного впливу зміни клімату, необхідна побудова моделей зміни клімату. Поряд із зміною температурного

режиму така модель повинна враховувати зміну вологості, зміну кількості сонячної радіації, зміну характеристик ґрунтів під впливом зміни ґрунтоутворчих процесів.

- Особливу небезпеку кліматичні зміни становлять для 330 видів флори, занесених до Червоної книги України. Зміна кислотності ґрунтів має вирішальне значення для збереження чи втрати більшості видів флори, занесених до Червоної книги України. Вивчення наслідків впливу змін клімату за різних сценаріїв підтвердили, що саме підвищення кислотності ґрунтів негативно

позначається на рослинах: гальмує розвиток, сповільнює ріст та інше. У кислому середовищі активніше розмножуються хвороботворні бактерії та шкідники. Це стає ще одним негативним фактором змін клімату. Тобто, для умов існування рослин опосередкований вплив зміни клімату може бути вагоміший, ніж просто підвищення температури.

- Варто зазначити, що саме відстеження температурного режиму насамперед здійснюється при вивченні кліматичних змін. Досвід і спостереження свідчать, що чим більше підвищення температури, тим більша кількість видів флори і фауни буде під загрозою зменшення ареалів поширення чи взагалі зникнення.

- Моделі змін клімату за умови використання сучасних технічних і програмних засобів враховують велику кількість факторів. Але під впливом людської діяльності, зокрема зростання використання викопного палива, кліматичні зміни прискорюються. Тому прогнози кліматологів потребують постійних уточнень і коригувань.

- На даному етапі вважається, що найбільш небезпечні зміни для флори України будуть при зростанні температури у межах між 1,5-2,5 градуса С. За останніми даними за різними сценаріями критичні зміни відбудуться вже до 2100 року.

- Різні сценарії зміни клімату передбачають різні умови для рослинного і тваринного світів. Флора та фауна намагається пристосуватися, але швидкість кліматичних змін суттєво випереджає природні можливості адаптації. Наслідком

такої ситуації стане скорочення чисельності та розмірів популяцій. Деякі види можуть взагалі зникнути. Зміна клімату за будь-якого сценарію може спричинити появу чужорідних (адвентивних), зокрема інвазійних видів.

- Ці види у свою чергу зумовлюватимуть зміну на режимів освітлення та зволоження. Як правило, інвазійні види виснажують і висушують ґрунт, пригнічують аборигенні види, трансформують біотопи, містять багато шкідливих для людини рослин (амброзія полинолиста, борщівник Сосновського, грінделія розчепірена). Адвентивні види на батьківщині можуть зростати у таких

же кліматичних умовах. Але, як правило, через відсутність природних конкурентів і, зазвичай, агресивність, що проявляється у пригніченні інших видів, у нас вони займають домінуючі позиції.

- Практично всі сценарії зміни клімату прогнозують підвищення температури. Це, поряд із зміною зональності, сприятиме поширенню інших чужорідних видів (південних), які розширюватимуть свій ареал на північ. Сьогодні таких видів є багато. Відсутність морозів взимку сприяє закріпленню колись південних видів на нових територіях. Поряд із чужорідними рослинами, які можуть бути небезпечними для людини, поширюватимуться і тварини та комахи, які також можуть представляти небезпеку.

- Це не лише створює загрози для природних екосистем, але й зумовлює зміни в економіці. Зміна видів діяльності може спричинити значні суспільні зсуви.

- Різні сценарії зміни клімату спричинюють зміни у рослинних угрупованнях. Швидкість і величина таких змін залежать лише від варіанту сценарію, який буде розглядатися. Окремі види рослин можуть бути більш стійкими до змін клімату, ніж природні фітоценози. Лісове насадження може бути стійким в оптимальних умовах, але втратити позиції при зміні якогось із важливих кліматичних чинників.

- Вважається, що хвойні ліси в цілому стійкі до кліматичних змін, але лише в оптимальних для них умовах. На сухих, бідних піщаних ґрунтах, петрофітних (кам'янистих) субстратах, виходах вапняків сосняки навіть

проявляють ознаки до експансії. Але на багатших ґрунтах спостерігається втрата позицій сосни і заміна їх листяними породами. Сосна та ялина чутливі до погіршення ґідрорежиму. У повоєнний час створювалися плантаційні

монокультурні насадження сосни. Такі насадження при зміні клімату за будь-якого сценарію вразливі до хвороб, масово пошкоджуються шкідниками і всихають. Фіксуються великі масиви усихання сосни на Поділлі, ялини у Карпатах, що набуло катастрофічних ознак державного масштабу.

- Всі прогнози передбачають скорочення площ хвойних насаджень.

- У листяних лісах при достатньому зволоженні і багатстві ґрунтів дуб

можуть замінити граб, ясен та липи. В останні десятиліття високий рівень експансії проявляють клени. У природні ліси України відбувається вселення дуба червоного. Під кронами цього дерева формується потужна підстилка, яка

розкладається дуже повільно. Це додатковий ризик пожеж. Поряд із підвищенням температур та зниженням вологості це стає додатковим негативним фактором. Пожежі сприяють викидам вуглекислого газу, що посилюватиме негативні впливи змін клімату.

- Реалізація будь-якого із можливих сценаріїв клімату спричиняє

наявність мало сприятливі для лісів кліматичних умов на всій території рівнинної

України. Зміщення природних зон може супроводжуватися появою і розширенням пустель і напівпустель, неможливістю лісовирощування та лісорозведення в степових та частині лісостепових територій з посушливим

кліматом. Це призведе до суттєвого зниження поглинання вуглецевих сполук, а в глобальному масштабі - до погіршення вуглецевого балансу біосфери.

- Захист екосистем і біорізноманіття не лише стабілізує клімат, а й покращує середовище існування та добробут людей, стимулює і сприяє розвитку економіки. Такий захист може здійснюватися в двох напрямках: охорона екосистем і біорізноманіття і їх відновлення, покращення екосистемних послуг.

Особлива увага при цьому повинна приділятися територіям з високою цінністю і потенціалом біорізноманіття, в т. ч. незайманим і реліктовим лісам.

- Україна в цьому ключі має збільшувати території природно-заповідного фонду та сприяти відновленню звільнених територій з урахуванням можливих сценаріїв зміни клімату. Підхід порятунку біосфери повинен бути комплексним.

Необхідно виявити всі типи джерел забруднення (в т.ч. і спричинених військовими діями), оцінити їх масштаби та мінімізувати негативний вплив; удосконалити та доповнити нормативну базу; забезпечити дієві механізми виконання вимог законодавства, переорієнтувати сектори економіки на невиснажливе використання, збереження та відновлення природних, біотичних ресурсів.

- Пом'якшити негативні наслідки від змін клімату та сприяти реалізації найкращого сценарію можна змістивши акценти на адаптацію та впровадження заходів та механізмів для мінімізації негативного антропогенного впливу.

- Висновок: Отже кліматологи розглядають різні можливі сценарії для України у залежності від глобальних змін клімату. Ці сценарії мають як оптимістичний так і песимістичний характер. На даному етапі вважається, що найбільш небезпечні зміни для флори України будуть при зростанні температури у межах між 1,5-2,5°C. За останніми даними за різними сценаріями критичні зміни відбудуться вже до 2100 року. Різні сценарії зміни клімату спричинюють зміни у рослинних угрупованнях. Швидкість і величина таких змін залежать лише від варіанту сценарію, який буде розглядатися. Окремі види рослин можуть бути більш стійкими до змін клімату, ніж природні фітоценози. Лісове насадження може бути стійким в оптимальних умовах, але втратити позиції при зміні якогось із важливих кліматичних чинників. Захист екосистем і біорізноманіття не лише стабілізує клімат, а й покращує середовище існування та добробут людей, стимулює і сприяє розвитку економіки. Такий захист може здійснюватися в двох напрямках: охорона екосистем і біорізноманіття і їх відновлення, покращення екосистемних послуг. Особлива увага при цьому повинна приділятися територіям з високою цінністю і потенціалом біорізноманіття, в т.ч. незайманим і реліктовим лісам.

## РОЗДІЛ 4

ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗМІН КЛІМАТУ НА ЛІСИ ТА ЛІСОВЕ  
ГОСПОДАРСТВО УКРАЇНИ

## 4.1. Лісове господарство в період змін клімату

Ліси мають значний кліматорегулюючий ефект, і, в той же час, суттєво залежать від клімату. У Державній стратегії управління лісами до 2035 року серед проблем лісового господарства, для розв'язання яких розроблена Стратегія виділяють необхідність забезпечення балансу між екологічними, економічними та соціальними функціями ведення лісового господарства; погіршенні санітарного стану лісів; відсутність економічних механізмів стимулювання запровадження природозберігаючих технологій або їх елементів, охорони, захисту, розширеного відтворення лісів, в тому числі на землях приватної власності та інші. Вирішення таких проблем можливе при розумінні особливостей ведення лісового господарства в період зміни клімату [18, 51, 63].

Прогнозування стану лісів і лісового господарства є досить складною проблемою, тому що світ швидко змінюється і факторів, які впливають на такі зміни існує багато. Окрім того, жодна модель не може врахувати всі істотні чинники. Навіть використання комп'ютерних технологій не гарантує можливість отримання точного прогнозу через значні невизначеності економічного, соціального та екологічного передбачення в умовах світу, що змінюється [37].

Методологія прогнозування і основні фактори, що повинні бути при цьому враховані, залежать від періоду, на який прогноз розрахований. Разом із тим, специфіка лісгосподарського виробництва, яке сьогодні визначає можливе майбутнє лісів на багато десятиріч уперед, потребує, з одного боку, погодження між довгостроковими і короткостроковими прогнозами, а з другого – накладас додаткові невизначеності на заходи, що повинні бути реалізовані в рамках короткострокових прогнозів, оскільки вони повинні враховувати далекосяжні

цілі з горизонтом передбачення, який може перевищувати сто, сто п'ятдесят років, оскільки однією із особливостей лісгосподарської галузі є тривалий цикл виробництва. Сценарії мають будуватися з передбаченням різних рівнів стабільності у світовому розвитку, різних стратегій розвитку енергетики, наявності різних можливостей міжнародного управління лісами і т.д. Прогноз динаміки лісистості, стану та продуктивності лісів країни може базуватися на двох сценаріях [39, 51]:

– «Інерційний» («Бізнес-як-звичайно»), який використовує сьогоденне розуміння суспільством та державою ролі лісів у подальшому розвитку країни,

наявні тенденції динаміки лісистості, тренди національних економічних показників та обсяги виконаних лісгосподарських робіт за 1990–2020 роки:

– «Прогресивний», який базується на необхідності переходу до сталого лісоуправління і, орієнтуючись на сучасні економічні можливості, рівень законодавчого забезпечення та ін., бере до уваги глобальні зміни, програмні та урядові рішення у сфері розвитку національної економіки, сільського господарства, лісового господарства тощо і вимоги захисту та покращання навколишнього середовища.

Основні передумови розвитку в рамках розгляду сценаріїв динаміки українських лісів протягом наступних 15 років, є:

1) необхідність враховувати основні політичні, соціальні, економічні та екологічні чинники, що впливають на українське суспільство й економіку і, таким чином, на теперішній і майбутній стан та функціонування в Україні лісового сектору і веденні лісового господарства,

2) необхідність переходу до сталого управління лісами в рамках комплексного управління земельними ресурсами в умовах глобальних змін клімату,

3) захисна роль, яку відіграють ліси для інших категорій земель у різних природних зонах і ландшафтах, зокрема, роль агролісомеліорації в області захисту сільськогосподарських земель та навколишнього середовища,

4) потреба в реабілітації деградованих і забруднених ландшафтів;



5) зв'язок між практикою лісокористування та управлінням вуглецем, зокрема використання лісової біомаси для виробництва енергії;

6) очікуваний розвиток лісової промисловості.

Моделювання майбутнього стану та функціонування лісів вимагає відповідної комбінації інформації, використання моделей різних типів і історично акумульованих знань.

Протягом останніх 100 років тренд потепління в Україні був близьким до глобального, в межах  $0,4-0,6^{\circ}\text{C}$ , з більш інтенсивним потеплінням зимою ( $1,2^{\circ}\text{C}$ ) і весною ( $0,8^{\circ}\text{C}$ ). Збільшення літніх температур було меншим ( $0,2-0,3^{\circ}\text{C}$ ).

Температурний тренд не був постійним протягом цього періоду, а мав циклічний характер. Найбільше потепління спостерігається в останні десятиріччя ( $0,4^{\circ}\text{C}$  на декаду протягом 1979–2003 рр.) [51].

Для більшої частини країни тренд зміни опадів був незначним і дуже мінливим для різних районів; у середньому, кількість опадів залишалася незмінною, або ж трохи зменшувалася. В цілому, Україна належить до зони інтенсивної зливової діяльності. Зливи та зливові дощі спостерігаються по всій території, більш інтенсивні в гірських районах, менш інтенсивні – на рівнині.

Навіть у степовій зоні максимальна добова кількість опадів може перевищувати  $120-130$  мм, а в південних районах Карпат досягає  $300$  мм і більше [2].

За даними інформаційно-довідкової системи «Стихійні метеорологічні явища в Україні», у цілому в Україні з середини 1990-х років виросла кількість та інтенсивність конвективних явищ погоди: гроз, ливнів, граду, смерчів, сильних і дуже сильних дощів (Балабух, 2012). За даними Міжнародного банку реконструкції і розвитку щорічні втрати від природних надзвичайних ситуацій тільки національного та регіональних рівнів склали в Україні протягом 2000–2006 років  $340$  мільйонів доларів США. Державні органи управління оцінюють цю шкоду значно вище –  $900$  млн доларів [1]. В останні десятиріччя

нестабільність погоди зростала, а періоди з тривалими посухами, тепловими хвилями і днями інтенсивних опадів ставали частішими і більш деструктивними [18, 19]. Зростаюча нестійкість клімату виступає найбільш несприятливою

рисию недавніх і сьогоденних кліматичних змін. Протягом двох останніх сторіч частота засух у середньому збільшилася в 2–3 рази. Значний негативний вплив на рослинність спричиняють суховії (дні, коли швидкість вітру перевищує  $5 \text{ м} \cdot \text{сек}^{-1}$  за температури повітря  $25^\circ\text{C}$  і вище та відносній його вологості менше 30%) і повітряні посухи, які спостерігаються в основному весною. Пилові бурі, особливо в південній та південно-східній частинах країни, стали більш інтенсивними і руйнівними. Вони можуть траплятися на великих територіях (наприклад в 1960 і 1969 роках), а локальні повторюються кожних 3–4 роки. За останні 100 років пилові бурі в Україні відмічені 23 рази. Деякі тенденції зменшення стихійних явищ, пов'язаних із вітрами, спостерігалися останнім часом [1].

Прогнозуючи ведення лісового господарства в період зміни клімату треба враховувати наступне:

- суттєве підвищення температури очікується на території всієї країни, особливо в її південній частині. Прогнозується, що середня річна температура збільшиться на 20% (з  $7,5^\circ\text{C}$  до  $9,0^\circ\text{C}$ ) до 2020 р. і до  $13,5^\circ\text{C}$  у 2080 р. (тобто на +80% порівняно з кліматом 1950–2000 років);

- спостерігається слабка тенденція зменшення кількості опадів на найближчі кілька десятиріч. Разом із тим, прогнозується значне зменшення опадів під кінець поточного сторіччя – згідно з прогнозом, середня місячна величина опадів зменшиться на 17% – від 53 мм до 44 мм. Середнє для країни зменшення сумарної кількості опадів за вегетаційний період може досягнути 50 мм до 2080 р.;

- зміна обох показників – температури і опадів – очікується відчутнішим на півдні і південному сході країни;

- прогнозоване збільшення суми активних температур протягом вегетаційного періоду становить близько  $1000^\circ\text{C}$  на 2080 р.

В своїй основі, більшість згаданих вище та інших прогнозів засвідчують схожі тенденції, хоча й дещо відрізняються за своєю інтенсивністю. Якщо ці прогнози збудуться – а ймовірність цього висока, – то на кінець поточного

сторіччя Україна житиме в іншому кліматі – значно теплішому і сухішому. Тенденція до збільшення посушливості клімату стає очевидною, якщо ми порівнюємо зміну теплових та гідрологічних режимів протягом вегетаційного періоду.

Вцілому результати моделювання на основі спостережень підтверджують попередні прогнози, хоча вони стали помітно жорсткішими. Так, збільшення річної температури на середину сторіччя становить  $2,4 \pm 0,7$  °C, а на кінець сторіччя  $3,7 \pm 1,0$  °C. При цьому зростання літніх температур очікується набагато вище, чим у більш ранніх прогнозах: зараз літнє потепління прогнозується в  $2,5 \pm 1,0$  °C та  $4,0 \pm 1,2$  °C, відповідно. Збільшення річних опадів не передбачається – прогноз дає  $0,4 \pm 1,0$  % і  $-0,4 \pm 89$  % (відсотки обраховані до сучасного клімату). Сума літніх опадів знижується на  $-5,0$  % і  $-17,7$  %, відповідно на середину і кінець сторіччя. Це веде до наростання сухості клімату та зменшення стоку головних річок країни – Дніпра, Дністра та Південного Бугу.

Враховуючи сценарії, розроблені Міжурядовою групою експертів з питань змін клімату (IPCC) (найкращий, середній, найгірший), можна передбачити, що в Україні велика ймовірність реалізації середнього або найгіршого сценарію, оскільки температурний режим змінюється швидше за прогнозовані значення.

Значення впливу кліматичних змін на ліси України будуть суттєво різним в короткостроковому та довгостроковому прогнозах. Якихось катастрофічних впливів і реакцій лісів на кліматичні зміни в найближчі 20 років не передбачається, хоча й очікується деяке посилення тенденцій (як негативних, так і позитивних), що спостерігалися протягом останніх двох десятиріч. Довгострокові кліматичні зміни з високою ймовірністю, в основному будуть виявляти негативний вплив на рослинні екосистеми і особливо ліси України. Навіть у помірних прогнозах очікувані значення кліматичних показників досягають величин, які українські ліси не зазнавали протягом декількох попередніх тисяч років. Сучасна лісівнича наука не має достатніх дослідних даних відносно поведінки лісових систем, їх буферної здатності, специфіки реакцій та зворотнього зв'язку при таких змінах зовнішнього середовища.

Враховуючи, що Україна охоплює п'ять природно-кліматичних зон, наслідки очікуваних змін клімату будуть різними в різних районах. За оцінками, збільшення температури на  $1^{\circ}\text{C}$  веде до переміщення широтних границь кліматичних зон у межах країни на 160 км [11].

У цілому для країни, вплив кліматичних змін може включати такі наслідки, які поступово будуть посилюватися протягом XXI сторіччя:

- географічні та ландшафтні зміни в розташуванні районів, придатних для зростання тих чи інших деревних порід, важливих для лісового господарства (зміна границь ареалу, погіршення стану або зникнення деяких продуктивних порід);

- збільшення або зменшення продуктивності, стійкості та життєздатності лісових екосистем;

- збільшення або зменшення виробництва деревини і недеревних лісових продуктів із розрахунку на одиницю площі;

- зміна типу, поширення та інтенсивності режимів природних порушень (спалахи масового розмноження лісових шкідників та хвороб, лісові пожежі тощо);

- зміни екологічних функцій екосистем (наприклад, вплив лісів на основні біогеохімічні цикли) вплив на біорізноманіття);

- збільшення або зменшення наявності та утримання в екосистемному кругообігу поживних речовин; – зміни в циклах лісовідновлення деревних порід;

- зміни в закономірностях сукцесійної динаміки лісів;

- зміни в екологічних та соціальних послугах, що надаються лісами (наприклад, зміна привабливості для залучення туристів).

Збільшення евапотранспірації сприятиме посиленню процесів опустелювання в деяких районах (наприклад на піщаних ґрунтах Полісся).

Підвищені температури інтенсифікуватимуть розклад органічних речовин ґрунту, що при умові водного стресу вестиме до погіршення родючості ґрунтів, а за достатньої наявності води – до підвищення продуктивності лісів. У більшій частині рівнинних районів України продуктивність лісу обмежена кількістю

опадів, тому зменшення річної кількості опадів, або ж перерозподіл їх по сезонах збільшуватиме обмеження доступної кількості води. Продуктивність лісів ймовірно зменшиться в місцях, уразливих до водного стресу, і зросте там, де підвищення температури буде збалансовано збільшенням опадів. Посушливість та нестача води для дерев може суттєво збільшити відпад у лісах навіть при

температурних максимумах, які далекі від тих, які обмежують інтенсивність фотосинтезу основних деревних порід у помірних широтах. Так, передбачається, що підвищення температури явно негативно впливатиме на букові (*Fagus silvatica*) ліси Європи. Дещо м'якші зими будуть зменшуватимуть зимове

здерев'яніння пагонів, посилюючи їх уразливість до морозу.

Типовою рисою природного середовища України є те, що ліси на її території досягають південних границь свого природного поширення при сучасному кліматі (так званого поясу посушливості (xeric belt), що простягається вздовж Середземного моря через Україну і південь Європейської Росії, до монгольських і даурських степів), де

- 1) існує значно вища невизначеність кліматичних прогнозів;
- 2) дуже висока уразливість лісів;
- 3) висока ймовірність екологічно небезпечних процесів (деградація лісових екосистем, окислення гумусу);

4) значна частина території має незадовільну структуру земельного покриття та якості сільськогосподарських угідь.

На цій території критичних кліматичних показників для вирощування лісу невеликі зміни клімату і навколишнього середовища можуть призводити до суттєвих змін в життєвості, поширенні та продуктивності лісів. На додаток до несприятливих кліматичних трендів, вплив зростаючої мінливості клімату на лісові екосистеми очікується негативним і значним. Частота років, протягом яких ліси зазнаватимуть значного водного стресу, буде збільшуватися. Крім

прямого впливу на продуктивність та життєвість лісів, це, швидше за все, спровокує значні природні порушення, як абіотичні (лісові пожежі, пошкодження вітром і акселерація гідрологічного режиму ґрунтів), так і біотичні

(масове розмноження небезпечних шкідників та хвороб). Уже й сьогодні ці явища супроводжуються значними втратами. Так, в Європі протягом 1950–2000 рр. у середньому 35 млн м<sup>3</sup> деревини пошкоджувалося щорічно, із яких 53 % за рахунок сильних вітрів і штормів та 16 % – за рахунок лісових пожеж [67].

Зростання загрози лісових пожеж дуже ймовірне в різних районах, насамперед там, де домінують соснові ліси з їх високою горючістю. Особливо небезпечна проблема пов'язана з лісовими пожежами на радіоактивно забруднених територіях, оскільки такі пожежі ведуть до вторинного зараження суміжних територій і дуже небезпечні для здоров'я населення.

Також ймовірно, що очікуване зростання температури суттєво впливатиме на популяційну динаміку та розповсюдження ектотермічних організмів і викликати спалахи масового розмноження та шкідливість лісових шкідників, включаючи виживаність популяцій, переміни в умовах живлення, зсув традиційних ареалів розповсюдження та сезонну динаміку чисельності [26, 54, 62].

Наявність «дерев-господарів» та особливості режиму абіотичних порушень можуть значним чином модифікувати процеси розмноження лісових шкідників. З іншого боку, кліматичні зміни здатні збільшити чутливість деревних порід до пошкодження шкідниками. Потепління і зростаюча сухість клімату створюють сприятливі умови для багатьох особливо небезпечних лісових шкідників помірної та бореальної зони.

Прогнози щодо майбутнього розвитку лісів в Україні не виглядають дуже оптимістичними. Навіть якщо ми розглядаємо менш критичні сценарії зміни клімату, такі як RCP6.5, майже на всій рівнинній території України очікується незвичайно несприятливий клімат. Крім того, при переході значної частини територій до посушливого поясу, що стосується усіх степових та більшої частини лісостепових областей, умови для вирощування лісів можуть стати критичними, і навіть ці території можуть стати непридатними для лісгосподарського використання.

Згідно з такими сценаріями, очікується підвищення середньорічної температури в Україні на рівні +3–4 °С порівняно з періодом до початку промислової епохи. Важливо відзначити, що навіть підвищення глобальної температури на +2 °С вже створює серйозні ризики для всіх екосистем, включаючи ліси.

Україна може відчувати ці проблеми особливо насильно через особливості кліматичних змін, оскільки головні зміни передбачаються в період вегетації зі збільшенням температури та зменшенням опадів. Ці процеси також призведуть до збільшення коливань і екстремальності кліматичних та погодних умов.

Тривалі періоди тепла та посушливості можуть створити небезпечний гідрологічний та термічний стрес для лісових масивів. Наприклад, в таких умовах клімат може стати несприятливим для росту звичайної сосни на більшості території країни.

Для основних видів дерев, які формують ліси (дуб звичайний, сосна звичайна, береза повисла, вільха чорна, бук лісовий, ялина європейська), вологість клімату є обмежуючим фактором, оскільки передбачається, що саме цей фактор призведе до найбільших змін у доступності умов для зростання дерев.

Нещодавно в Україні зросла кількість лісів, які пошкоджені шкідниками та хворобами. Протягом 2001–2010 років зазнав шкоди 5–6 % загальної площі лісів, а з 2011 по 2020 рік цей показник збільшився до 8 %. Причиною такого зростання може бути, принаймні частково, підвищення температури, зміна кількості опадів і інші фактори, які створюють стрес для лісів та інших екосистем. Швидке зміння клімату не дає можливості для адаптації природним системам вчасно.

Зміни клімату та зміна способу використання земель в Карпатському регіоні призводять до зменшення снігового покриву, що негативно впливає на рідкісні види альпійських рослин. Карпати також стикаються зі збільшенням літніх теплових хвиль і зимових морозів, які разом із частими та тривалими посухами можуть загрожувати унікальній біосфері цього регіону [60].

Однак значною загрозою для лісів України є їх вирубка для сільського господарства. Зменшення лісистості також пов'язане із збільшенням ризику

повеней і лісових пожеж, що можуть завдати серйозних збитків. Прогнозується, що ці проблеми погіршаться внаслідок зміни клімату [53].

#### 4.2. Особливості ведення лісового господарства в умовах змін клімату

Зміни клімату зумовлюють нові підходи до ведення лісового господарства. Ці підходи повинні не лише базуватися на дослідженні змін та моделюванні варіантів зміни лісорослинних умов, але й враховувати потреби повсякденного відновлення України.

- Військові конфлікти лише загострили проблему втрати біорізноманітності. ускладнили завдання з відновлення та збереження природи. Руїнування населених пунктів та інфраструктури в масштабах військових дій, знищення сотень тисяч гектарів лісів і сільськогосподарських угідь, забруднення водойм та ґрунтів наслідком бойових операцій, призводять до значних економічних втрат, додаткових викидів парникових газів і погіршують стійкість порушених екосистем до змін клімату. Це створює серйозні ризики для безпеки людей і здоров'я довкілля [22, 13].

- В умовах зміни клімату одним із можливих варіантів лісового господарства є використання природоорієнтованих рішень [35]. Особливо важливо враховувати, що внесок лісових екосистем в пом'якшення наслідків зміни клімату, їх вплив на покращення загальної якості повітря в країні, збереження середовищ для рослин і тварин, а також існування цих лісів та їх доступність для інших людей і майбутніх поколінь є важливими аспектами, які повинні оцінюватися.

- Соціально-економічні переваги природоорієнтованих рішень можуть зростати з часом, за умов належного планування та управління. У Лісовому кодексі України визначено, що лісове господарство повинно здійснюватися на засадах сталого розвитку з урахуванням природних та економічних умов, призначення лісів, їхніх біотичних умов, породного складу і функцій, які вони виконують. У цьому контексті на підприємства, установи, організації і громадян покладено ряд обов'язків, таких як:



- Зміцнення водоохоронних, захисних, кліматрегулюючих, санітарно-гігієнічних, оздоровчих та інших корисних властивостей лісів.

- Рациональне та невиснажливе використання лісових ресурсів.

- Відтворення лісів.

- Збільшення продуктивності, поліпшення якісного складу лісів і збереження біотичного та іншого природного різноманіття в лісах та інші завдання.

- Лісовпорядкування включає комплекс заходів, спрямованих на організацію та управління лісовим господарством з урахуванням наукових

принципів. Воно також включає заходи щодо збереження, охорони, рационального використання, підвищення екологічних та ресурсних можливостей лісів, а також культурного ведення лісового господарства. Метою

лісовпорядкування є забезпечення надійної та всебічної інформації про лісовий фонд України для ефективного та сталого управління лісовими ресурсами.

Лісовий кодекс також передбачає економічне стимулювання заходів з відтворення лісів за допомогою трьох шляхів, включаючи:

- Надання компенсацій власникам лісів і лісокористувачам для покриття витрат, пов'язаних із впровадженням заходів з відтворення лісів та лісовпорядкування.

- Проведення викупу земельних ділянок приватної власності з метою ведення лісового господарства.

- Використання прискореної амортизації основних фондів землеохоронного, лісоохоронного та природоохоронного призначення [20].

- Здійснення заходів у сфері лісового господарства та землекористування в умовах зміни клімату сприятиме збільшенню обсягу поглинання парникових газів, і ця ініціатива узгоджується із Концепцією реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року. Ця концепція була схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 7 грудня 2016 року під номером 932-р і є одним із основних документів державного планування [38].

- У Стратегії екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату на період до 2030 року, схваленій розпорядженням Кабінету Міністрів України від 20.10.2021 року під номером 1363-р, були виділені ряд стратегічних цілей, які стосуються ведення лісового господарства:

- - Організація раціонального використання природних ресурсів.

- - Досягнення для водних систем «доброго» екологічного стану.

- - Підтримка сталого керування лісами та підвищення їх адаптаційної здатності до змін клімату.

- - Збереження різноманітності природних видів.

- - Підвищення адаптивної здатності та стійкості екологічних систем до кліматичних змін.

- - Збереження екологічної рівноваги на тимчасово окупованих територіях.

- - Покращення стійкості лісових екосистем до шкідників і нових кліматичних умов.

- - Зменшення зрубаних лісових площ у Карпатському регіоні.

- - Розробка планів дій для адаптації до зміни клімату у сфері збереження біорізноманіття, лісового фонду, ґрунтів, інфраструктури та туризму [40].

- До 2030 року передбачено досягнення наступних результатів: підвищення лісистості країни до 18% через використання державних та комунальних земель, відновлення самоєйних лісів, підтримку рекультиваци лісосмуг та застосування механізмів для сприяння залісненню деградованих

малопродуктивних земель. Крім того, буде забезпечено перехід до лісництва, яке наближається до природного стану, і впровадження природоощадних технологій

для лісозаготівлі, підвищено стійкість лісів до змін клімату та зменшено випадки лісових пожеж. Це призведе до досягнення нейтрального рівня деградації земель

та зменшення втрат біорізноманіття. Забезпечиться збереження біологічного та ландшафтного різноманіття, створена цілісна та репрезентативна мережа

природоохоронних територій, а також збільшиться площа природно-заповідного фонду держави [35].

- Способи досягнення стратегічних цілей включають наступні аспекти: зміна підходів до ведення лісгосподарських заходів з наближенням до природних методів лісівництва та поступова відмова від суцільних рубок; відновлення лісів за допомогою природного відновлення корінних видів дерев; розширення площі лісів, підвищення їхньої стійкості та продуктивності, збільшення екологічного та ресурсного потенціалу лісів (за умови, що «збільшення площі лісів досягатиметься, зокрема, через висівання лісів на деградованих і малопродуктивних землях у всіх формах власності з обов'язковим врахуванням природних умов місцевості та відмовою від заліснення унікальних степових ділянок, «для підвищення продуктивності лісів та збільшення екологічного та ресурсного потенціалу лісів потрібно проводити реструктуризацію одновікових штучних та гібридних лісів у різновікові змішані багаторусні ліси, структура та склад яких наближаються до природного стану»); підвищення здатності лісів до поглинання та утримання вуглецю шляхом сталого управління лісовими ресурсами; адаптація лісів до зміни клімату, включаючи перехід до природно наближених методів лісівництва з формуванням лісів природного складу та структури; охорона земель, ґрунтів та вод, збереження біорізноманіття в лісах; збереження лісів, що утворилися природним шляхом на неземельних ділянках, що не підлягають обробці, а також на усіх інших категоріях земель, створення продуктивних деревостанів з високими захисними характеристиками та агромеліорацію; зменшення введених видів порід дерев та рослин, здатних до інвазій [36].

- Збереження і раціональне використання природних рослинних ресурсів включає наступні заходи: запобігання виникненню та гасіння лісових та степових пожеж, а також на торфовищах та їх наслідків; ініціативи для запобігання інтродукції та поширення інвазійних (чужорідних) видів рослин, які можуть загрожувати природним екосистемам; заходи з озеленення населених пунктів, відновлення природної рослинності в болотах та створення палудкультур на відпрацьованих або порушених торфовищах, реалізація різноманітних заходів для збереження та відновлення біорізноманіття на

сільськогосподарських землях; відновлення природної рослинності для покращення поглинання вуглецю ґрунтами; створення зелених насаджень у населених пунктах та інші заходи.

- Заходи для охорони та раціонального використання ресурсів тваринного світу повинні включати реставрацію природних територій, важливих для розмноження мисливських та інших диких видів тварин, відновлення рибного пасажу річок для відновлення рибних запасів, збереження та створення кормових угідь для пролітних птахів. Збереження природно-заповідного фонду сприятиме збереженню біорізноманіття та наданню різних можливостей для його сталого використання, включаючи рекреаційні цілі, побічне використання недеревинних лісових продуктів та користування іншими послугами екосистем.

- Ключовими факторами кліматичного впливу, які потрібно враховувати при проведенні лісгосподарської діяльності в умовах зміни клімату і які можуть спричинити погіршення стану лісових екосистем та впливати на лісову галузь загалом, є середні температури, екстремальні теплові періоди, перерозподіл опадів, суховій, посухи та рівень атмосферного CO<sub>2</sub> в нижньому атмосферному шарі.

- Зсув природних екосистем може призвести до зміни кліматичних умов у територіях, де раніше не були ліси. Внаслідок активних змін клімату ліси, які виростатимуть зараз, можуть зіткнутися із зміненими умовами, що вплине на різноманітність видів і може стати загрозою для менш мобільних представників флори та фауни. Інші потенційні проблеми включають деградацію лісів, скорочення площі бореальних і вологих типів лісу, а також втрату біорізноманітності, пов'язану з цим. Зміни у складі видів у лісах також можуть мати негативні економічні і соціальні наслідки. При цьому, ймовірно, збільшиться важлива роль лісів у викидах парникових газів. Важливо також зберегти самосійні ліси, оскільки їх вирубка спричиняє викиди парникових газів, і додатково важливо дбати про захисні ліси, які є важливими для захисту від природних катастроф і часто пов'язані з сільським господарством.

- Для адаптації до можливих наслідків зміни клімату та для зменшення їх шкідливого впливу на лісову галузь необхідно вжити такі заходи:

- З метою підвищення стійкості лісових екосистем рекомендується лісогосподарським підприємствам впроваджувати вирощування стійких порід і насаджень з відповідною системою захисту лісу. Ця практика повинна ґрунтуватися на наукових дослідженнях і подальшій інтеграції в законодавчі документи.

- Для поліпшення умов зростання лісу важливо впроваджувати лісове господарство за водозбірним принципом, з урахуванням лісотипологічних основ.

Планування повинно включати комплексне відновлення лісових ландшафтів, щоб унеможливити негативні зміни гідрологічного режиму територій.

- Необхідно провести інвентаризацію та моніторинг лісів для постійного контролю і вивчення їх стану.

- Ці заходи спрямовані на поліпшення стійкості лісових екосистем та зменшення негативного впливу зміни клімату на лісове господарство. На етапі відтворення лісів, важливо відмовитися від вирощування монокультур та надавати перевагу створенню мішаних лісонасаджень, які відповідають конкретним лісорослинним умовам. З урахуванням швидкої урбанізації, важливо

збільшувати площі зелених зон у населених пунктах і розробляти рекомендації для догляду за такими насадженнями. Для збереження біорізноманіття необхідно обмежувати і контролювати використання іноземних (чужорідних,

інтродукованих) видів і забороняти використання інвазійних видів для відтворення лісів. Також важливо збільшити площі і кількість природоохоронних територій.

- У лісовому секторі в Україні застосовувати кращі практики наближеного до природи лісівництва та розширеного відтворення лісів, у т.ч. агролісівництва. Рішення у лісовому секторі необхідно приймати із пріоритетом

збереження біорізноманіття, і діяльність супроводжувати прозорою системою моніторингу зі зворотнім зв'язком. Збереження лісового біорізноманіття досягається шляхом захисту природних лісів, створення генетичного банку і

збільшення частки природоохоронних територій відповідно до міжнародних зобов'язань. Важливо, щоб збільшення частки природоохоронних територій компенсувалося розширенням відтворення лісів і підтримувало стійкий ланцюг постачання продукції для бізнесу.

- Прозорість в лісовому секторі забезпечується завдяки впровадженню системи постійного моніторингу та реагування на ризики, як антропогенного, так і природного походження. Також вона подягає у підвищенні обізнаності щодо впливу змін клімату на ліси та в усвідомленні споживачами лісових ресурсів важливості цього питання. Зокрема, важливо, щоб така система, побудована на онлайн-платформах, надавала можливість взаємодії із громадськістю та контролю за діяльністю в лісовому секторі на різних рівнях. Це означає, що як представники громадськості, так і лісового сектору повинні мати засоби для оперативного виявлення та реагування на правопорушення, пожежі та інші подібні події. Про основні аспекти та інформацію щодо лісового сектору також важливо сповіщати інформувати громадськість та зацікавлені сторони через освітні та інформаційні заходи.

- В рамках Стратегії адаптації лісів та лісового господарства України до зміни клімату важливо впровадити інтегровану систему захисту рослин як складову сталого управління. Ця система буде спрямована на запобігання ослабленню насаджень і уникнення необхідності проведення санітарних рубок. Також важливо використовувати моделювання і прогнозування розвитку деревостанів, оцінку впливу суцільних рубок на навколишнє середовище, розробку заходів для ліквідації наслідків воєнних дій в лісах і забезпечення належних кваліфікованих кадрів і знань для виконання цих завдань [35].

- Деякі природні рішення, визначені науковцями, є дуже актуальними для України. Серед них виділяються наступні:

- - Охорона «самосійних лісів». На сьогодні ліси займають близько 16 % території України, і ще близько 1 % припадає на полежахисні лісосмуги. У минулому, площа лісів була більшою, але зменшилася через вирубку та створення сільськогосподарських угідь на території лісів. Важливість

збереження самосійних лісів полягає в тому, що молоді, ростучі дерева поглинають вуглекислий газ набагато активніше, ніж їх дорослі родичі. Значні площі самосійних лісів є надзвичайно потужним інструментом для запобігання змін клімату, не кажучи вже про їхню роль як домівок для видів птахів і тварин (включаючи червонокнижних видів). Більше того, такі ліси утворилися природним шляхом, і, отже, вони є більш стійкими до засухи, від якої страждає безліч штучних соснових лісів в Поліссі. Крім того, більшість самосійних лісів України має офіційний статус «земель сільськогосподарського призначення».

Тому необхідно провести національний моніторинг таких лісів і якнайшвидше перевести їх у категорію земель лісового фонду.

- Рациональне ведення лісового господарства - Наукові дані доводять, що старі ліси, незважаючи на те, що їх площа менша, ніж у молодих лісах, все ж накопичують більше вуглецю, ніж віддають його назад у атмосферу. Навіть коли

старі дерева втрачають свої сухі гілки і частини кори, ці залишки стають частиною лісової підстилки та ґрунту. Таким чином, ліси не лише поглинають вуглець з атмосфери, але й утримують його в деревинах та ґрунті. Ведення лісового господарства, що передбачає вирубку деревини під час лісозаготівель, зменшує загальний вуглецевий запас. Якщо вирубана деревина

використовується для опалення, вуглекислий газ вивільняється в атмосферу. Проте, якщо вести лісове господарство, спрямоване на максимізацію збереження вуглецю та підтримання екосистеми, це допомагає зменшити викиди вуглецю в атмосферу. Підтримка природного лісовідновлення з максимальним

збереженням природних екосистем сприяє формуванню лісів, які більш стійкі до змін клімату. У багатьох випадках в Україні лісове господарство ігнорує вимоги щодо охорони рідкісних видів та лісів, хоча законодавство передбачає такі вимоги. Тому важливо внести кліматичні принципи в лісове законодавство на

основі наукових досліджень. Також важливо реально охороняти ліси з рідкісними видами і природними місцями існування, що забезпечить їхню стійкість до майбутніх змін клімату.

- - Інтенсивне лісове господарство включає в себе практику виділення обмеженої площі лісу, зазвичай менше 10% від загальної площі, для створення спеціальних лісових плантацій. На цих плантаціях вирощуються дерева, які були спеціально підібрані для відповідних умов середовища, і за ними проводиться інтенсивний догляд. Ця практика призводить до значного збільшення якості деревини, що дозволяє менше втручатися в інші ліси, при цьому не втрачаючи у валютному виразі.

- - Зменшення обсягів використання дров. Необхідно зменшити обсяги використання дров для опалення, оскільки ця практика призводить до вивільнення значної кількості парникових газів в атмосферу. Україна стикається з цією проблемою через використання дров як головного джерела опалення в багатьох населених пунктах, а відновні джерела електроенергії використовуються обмежено. Незважаючи на поширену думку, що опалення дровами є екологічно безпечним, насправді ця практика має негативний вплив як на клімат, через викиди парникових газів, так і на стійкість лісів. Багато дров отримується з лісів через проведення санітарних рубок. Однак під час таких рубок часто вилучають найцінніші дерева, що може підірвати стійкість лісових екосистем.

- - Збереження та відновлення торфовищ є важливою складовою заходів для боротьби зі зміною клімату. Багато боліт в Україні є торфовищами, які містять запаси нерозкладеної органічної речовини, відомої як торф. Торф використовується як джерело опалення та добриво. Торфовища утримують приблизно 42% усього вуглецю в ґрунтах нашої планети. Пошкоджені торфовища призводять до значних викидів парникових газів, і це становить близько 10% від усіх викидів, пов'язаних із землекористуванням. Зрозуміло, що з метою запобігання зміні клімату необхідно зменшувати видобуток торфу та здійснювати відновлення уражених торфовищ. Однак це не єдине перевага відновлення. Меліоровані торфовища часто стають сухими і піддаються пожегам протягом літа, що призводить до викидів вуглецю. Відновлення



осушених торфовищ сприяє зниженню ризику пожеж та зменшенню викидів в атмосферу.

- Охорона та відновлення степів та луків є важливими для боротьби зі зміною клімату. Загальна площа України становить понад 60 мільйонів гектарів,

і понад половина цієї площі (35 млн га) призначена для сільськогосподарських полів. Зараз українські степи – це найбільш загрозливі екосистеми, оскільки залишилося менше 3% від їх історичної площі. Останні залишки степів в Україні зникають, зокрема через незаконне розорювання, і це має негативний вплив на

зміну клімату.

- Ґрунт в лучних та степових екосистемах також є важливим резервуаром вуглецю. Розорювання цих екосистем призводить до великих викидів вуглецю в атмосферу. Крім того, природні степи та луки мають плідні ґрунти і служать

природними сховищами для комах та інших корисних тварин, які регулюють популяції шкідників сільськогосподарських культур.

#### 4.3. Порушення лісів пожежами в контексті змін клімату

- Значний вплив на природні екосистеми мають пожежі. Ліс, як одна з таких природних екосистем, також зазнає цього руйнівного впливу. Пожежі прямо впливають на структуру лісових екосистем, змінюючи їх повноту, породний склад та режим освітлення; на можливість відновлення деревних видів; обсяги і стан лісової підстилки; наявність і кількість бактерій у верхньому шарі ґрунту та інше.

- Причинами пожеж у контексті змін клімату можуть бути:

- підвищення температури, що сприяє висиханню рослинності та ґрунту, роблячи їх більш сприйнятливими до вогню;

- тривалі періоди посухи, що знижує вологість і підвищує ймовірність виникнення пожеж;

- зменшення кількості опадів, що сприяє висиханню рослинності, яка стає матеріалом для горіння;

- сильні вітри, виникнення яких спричинене змінами клімату, які сприяють швидкому розповсюдженню вогню на великі території;

- екстремальні погодні умови, які сприяють появі блискавок, що може призвести до більшої кількості природних займань;

- зниження вологості ґрунту, висихання водойм, обміління річок, зниження рівня ґрунтових вод, що сприяє створенню умов для розвитку пожеж.

- Різкі кліматичні зміни останніх років сприяли масовому розмноженню шкідників і поширенню хвороб. Це знижує стійкість лісових насаджень і також робить їх вразливими щодо пожеж. Зміни клімату зумовили збільшення

кількості пожеж нового типу, які рухаються зі швидкістю 10–20 і більше км/год і які небезпечно гасити атакувальною стратегією на дині вогню.

- Лісові пожежі мають негативний вплив на всі компоненти природних екосистем: викликають забруднення атмосферного повітря, ґрунтів, поверхневих

і підземних вод; сприяють збільшенню викидів в атмосферу вуглецю, що посилює парниковий ефект; у випадку радіаційного забруднення (зона ЧАЕС) може спричинити викиди радіоактивних речовин та зміну площі забруднення.

Особливо великий вплив вогонь має на рослинність. Пожежі можуть призвести до значних змін у природних екосистемах, знищивши особливо чутливі види

флори і їх місця перебування.

В умовах зменшення кількості опадів і підвищення температури підвищується ризик виникнення пожеж та втрати великих площ природних і напівприродних лісонасаджень. Особливо великі лісові пожежі або пожежі

«нового типу» мали місце у Київській, Житомирській, Харківській і Луганській областях із загальною площею більше 160 тис. га, що засвідчило формування

нових кліматичних реалій епохи змін клімату [50]. Довготривалі посухи, зниження рівня ґрунтових вод, обміління та зникнення річок та озер, велика

швидкість вітру створили нові умови виникнення і поширення пожеж. Гасіння

лісових пожеж в таких умовах значно ускладнені через високу швидкість (7–20 км·год<sup>-1</sup>), високу температуру горіння (до 950 °С), швидке розтягування периметра пожежі.

За даними, наведеними проф. С. Зібцевим, за перні чотири місяці повномасштабного вторгнення було зафіксовано 3003 пожежі площею 957158 га (табл. 4.1, рис. 4.1), з них у лісах – 339075 га, в т.ч. у хвойних – 73573 га.

Хвойні насадження в Україні займають 43 % загальної площі, зокрема, сосна – 35 % [41]. Найбільше пожеж виникає саме у хвойних насадженнях. Особливо зазнають ураження від цієї небезпеки соснові молодняки – 29 % (понад 800 тис. га).

Таблиця 4.1.

### Розподіл площі ландшафтних пожеж в Україні, які трапилися у 2022 році

Місяць	Всього пожеж		За типами ландшафтів	
	кількість	площа, га	ліси, га	з них хвойні, га
Лютий	29	13796	3098	865
Березень	2381	748116	260808	39634
Квітень	314	91022	17438	2656
Травень	279	104224	57731	30418
Всього	3003	957158	339075	73573
вт.ч. в областях з бойовими діями	1239	494566	166426	49055

У Європейському співтоваристві завжди велику увагу приділяють збереженню навколишнього середовища. Кліматичні зміни викликають глибоку стурбованість щодо збереження флори і фауни та їх природних середовищ існування в умовах зміни клімату. Експерти Бернської конвенції визначили необхідність охорони середовищ існування видів дикої флори та фауни, охорони видів дикої флори, охорони видів дикої фауни, охорони мігруючих видів та впровадження у зв'язку з цим нової політики охорони природи і забезпечення пожежної безпеки з урахуванням адаптації до зміни клімату.

Рекомендації групи експертів Бернської конвенції можуть бути адаптовані до конкретних умов і потреб кожної країни-учасниці Конвенції і враховувати місцеві, регіональні та національні пріоритети стосовно боротьби з наслідками зміни клімату та впливу лісових пожеж на біологічне різноманіття. Вони

(рекомендації) можуть пропонуватися і розглядатися в якості прикладів таких, які повинні бути прийняті органами влади на всіх рівнях державного управління.

Зменшення негативних впливів зміни клімату знизить ризики пожеж у лісах. Тому рекомендації щодо стратегій адаптації до змін клімату можуть представляти інтерес при розгляді питань зниження ймовірності виникнення пожеж внаслідок змін клімату.

Стосовно стратегій адаптації до змін клімату для захисту біорізноманіття та впровадження заходів з пом'якшення їх впливу, рекомендації можуть містити оцінку вразливості видів, екосистем і середовищ, які найбільше зазнають впливів

через зміни клімату; захист, збереження та відновлення природних місць поширення та проживання представників флори та фауни; створення буферних зон для зменшення негативного впливу змін клімату на екосистеми; ефективне управління та використання водних ресурсів для наявності достатньої кількості

вологи для екосистем; за можливості створення водно-болотних угідь для накопичення та управління стоком води; раціональне ведення сільського господарства для збереження і посилення лісових екосистем; дослідження ефективності впроваджених заходів для оцінки результатів та, за потреби,

коригування; розробка та удосконалення нормативно-правових актів, що сприяють адаптації до змін клімату та збереженню біорізноманіття; співпраця для обміну знаннями та ресурсами; залучення різних джерел фінансування для реалізації заходів з адаптації до змін клімату та збереження біорізноманіття та інше.

- За даними науковців НУБІП України [44], у 2022 в Україні зафіксовано пожежі на загальній площі 7545,6 тис. га, лісові пожежі – на площі 56,7 тис. га, пожежі на сільськогосподарських угіддях – 274,0 тис. га, пожежі в інших природних ландшафтах – 419,3 тис. га (табл. 4.2).

## Площі пожеж в Україні за 2022 рік

Місяць	Площа всього, га	Ліси, га	
		всього	з них окуповані
Січень	1881	1	-
Лютий	11350	194	30
Березень	301727	19318	2044
Квітень	26461	2790	1683
Травень	46985	18187	9717
Червень	20852	1605	910
Липень	213189	6424	5697
Серпень	114313	4180	2507
Вересень	10781	3206	197
Жовтень	4663	385	-
Листопад	2363	303	-
Грудень	376	2	2
Разом	754941	56595	22787

Щодо зміни динаміки лісових пожеж, то з 1980 по 1990 рік річна площа лісових пожеж за оцінками науковців, в середньому становила 3-5 тис. га, 1991-2010 рр. – 5-10 тис. га, 2015 р. – 20 тис. га, 2020 р. – 200 тис. га, у 2022 р. за попередніми оцінками тільки лісових пожеж було зафіксовано на площі

56 тис. га.

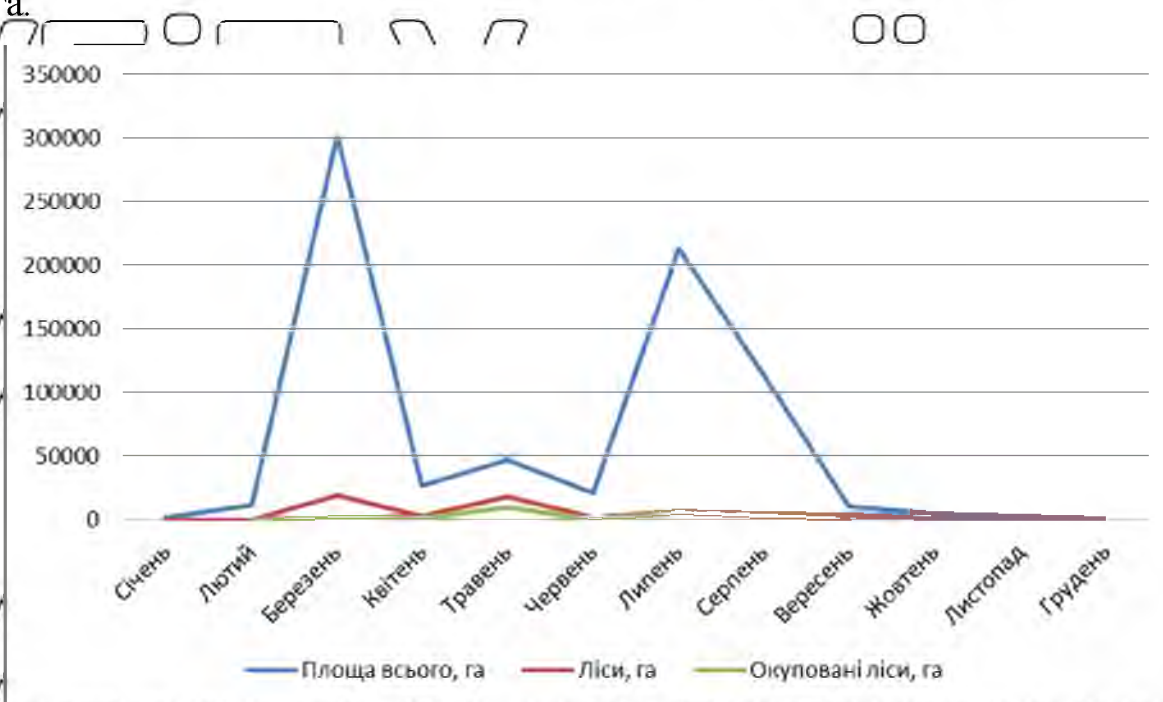


Рис. 4.2. Розподіл площі пожеж в Україні за місяцями у 2022 році

- Для оцінки пожежної небезпеки можна застосовувати метеорологічний індекс пожежної погоди (FWI). Він складається з п'яти компонентів. Перші три компоненти це числові оцінки вмісту вологи в підстильці та інших тонкодисперсних видах палива, середній вміст вологи в нещільно ущільнених органічних шарах середньої глибини та середній вміст вологи в глибоких, компактних органічних шарах. Останні два компоненти - швидкість поширення пожежі за наявності палива для спалювання та інтенсивність фронтової пожежі. Чим вищий FWI, тим сприятливіші метеорологічні умови для ініціювання лісової пожежі. Цей показник може допомогти сформуванню довгострокову стратегію та спланувати майбутні інвестиції в умовах зміни клімату.

- Як видно з рис. 4.3 загальна динаміка даного індекса свідчить про підвищення ймовірності виникнення лісових пожеж в Україні. Лише з 2020 року даний індекс дещо знизився.

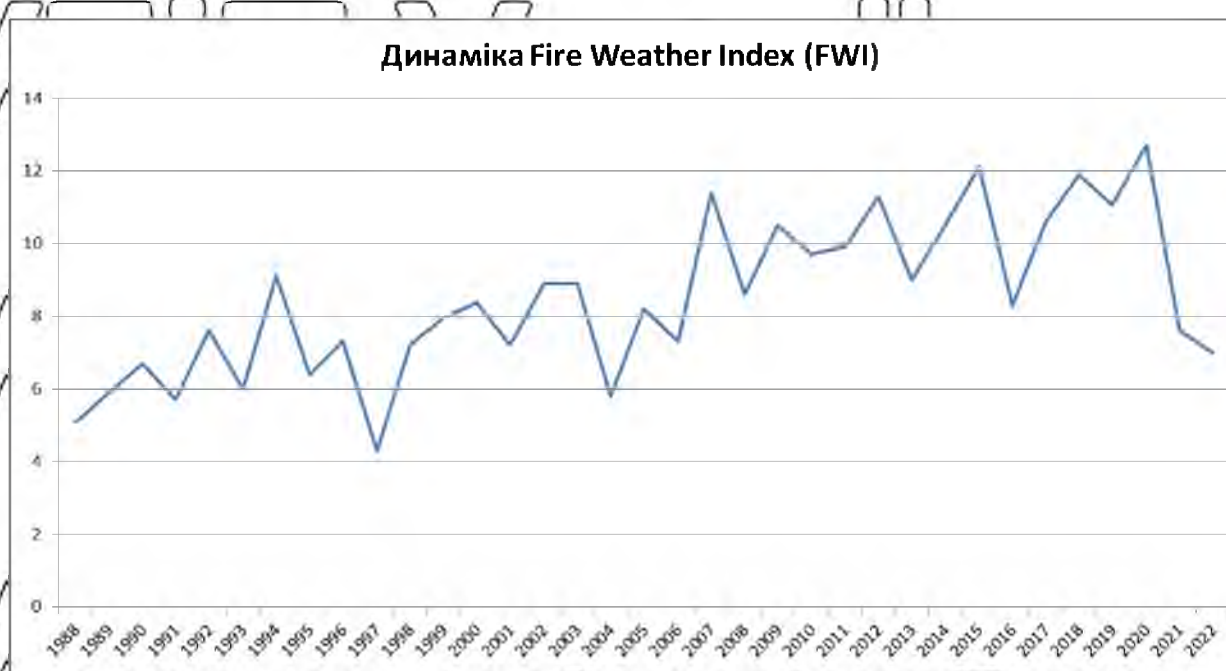
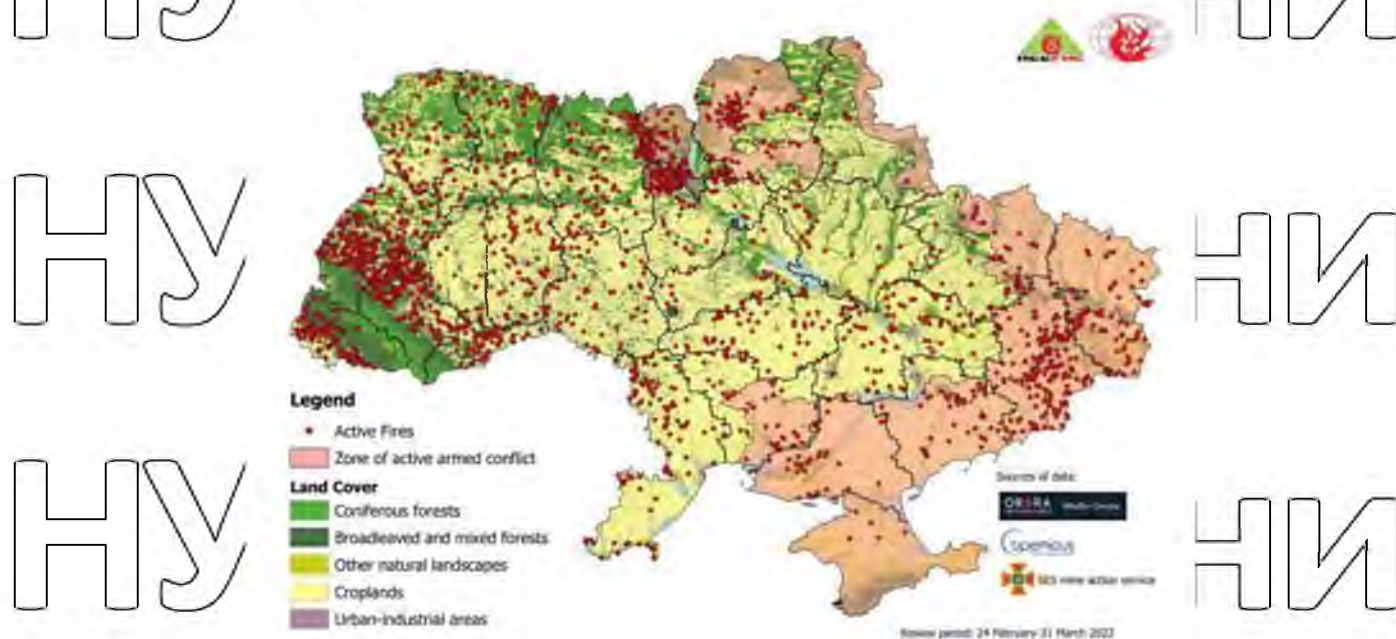


Рис. 4.3. Динаміка Fire Weather Index (FWI)

- На карті лабораторії лісової пірології НУБіП України продемонстровано вплив війни в Україні у 2022 році на пожежну ситуацію в українських лісах (рис. 4.4). Згідно з даними карт, лісові пожежі були найчастіше якраз на тих

територіях, на яких відбувалися і відбуваються бойові дії, або які знаходяться в окупації [44].



- Рис. 4.4. Мапа активних пожеж на території України за період з 24 лютого по 31 березня 2022 року (Джерело: REEFMC / GFMC)

Серед причин виникнення лісових пожеж в Україні можна виділити: збереження протягом тривалого періоду високих температур повітря; відсутність достатньої кількості опадів; порушення вимог пожежної безпеки особами, які відвідують лісові насадження; обстріли окупаційними військами; навмисні підпали представниками російських військ; відсутність або недосконалість нормативно-правового забезпечення сфери охорони лісів від пожеж; неналежне технічне забезпечення служб охорони лісів; відсутність взаємодії між лісгосподарськими підприємствами, місцевими органами влади, населенням.

- Національна стратегія інтегрованого управління пожежками в ландшафті в Україні була розроблена спільною дослідницькою групою Регіонального моніторингу пожеж Східної Європи та Глобального центру пожежного моніторингу для визначення підходів та зацікавлених сторін, а також інституційної організації вогнестійкого ландшафту та реалізації концепції громади. Стратегія була затверджена Міністерством охорони навколишнього

природного середовища та управління природними ресурсами України та публічно обговорена. У соснових лісах України в рамках реалізації проекту RESILPINE за підтримки Німеччини проведено експериментальне випробування методів лісокультурного втручання та обробки налива.

Рекомендовано, на територіях з високою ймовірністю загоряння поблизу сільськогосподарських полів та низин створювати вогнестійкі узлісся шляхом висадки берези, яблуні, груші, липи; формування відкритої протипожежної конструкції у 60-річних соснових лісах шляхом сильного проріджування (40 %) переповнених насаджень та передбаченого спалювання ґрунтового палива.

#### 4.4. Можливі шляхи підвищення стійкості лісів до шкідників, хвороб та пожеж в умовах змін клімату

Стійкість лісів відображається в їх здатності протистояти випадковим змінам, які можуть порушити рівновагу у взаємодії деревних порід, і здатність лісового насадження пристосуватися до певних змін у ході його росту та розвитку. Це їх спроможність до зберігання властивостей і функцій, довговічності і тривалості ростових показників за певного рівня мінливості чинників середовища, який є типовим для регіону. Певною мірою це поняття відповідає поняттю стабільності. З іншого боку, стійкість – це спроможність не пошкоджуватися або не уражуватися певними природними чи антропогенними чинниками [47].

Стійкість лісів відноситься до здатності лісової екосистеми відновлюватися після різних зовнішніх впливів, таких як пожежі, шкідники, хвороби, або антропогенних втручань, таких як лісові рубки. Це ключова характеристика для збереження здоров'я, біорізноманіття та продуктивності лісових екосистем. Згідно з Лісовим кодексом, стійкі до кліматичних змін ліси – ліси з неінвазійних видів дерев, структура яких має високу стійкість та здатна адаптуватися до загроз змін клімату, підтримуючи водоохоронні, захисні та інші функції [20].



Можливе виділення кількох аспектів стійкості лісів:

Екологічна стійкість (здатність лісової екосистеми підтримувати своє біорізноманіття, структуру та функції в умовах зовнішніх впливів, тобто здатність лісового насадження до репродукції);

Економічна стійкість (здатності лісової екосистеми підтримувати свою продуктивність і цінність для людей протягом часу);

Соціальна стійкість (ліси можуть задовольняти потреби місцевих спільнот у культурному та рекреаційному контекстах).

Стійкість лісів визначається їхньою спроможністю протистояти негативній дії природних і антропогенних чинників [27]. Стан лісу характеризує відповідність насадження певній нормі, характерній для регіону, лісорослинних умов, складу порід, віку та цільовому призначенню насаджень.

Чинники впливу на стан насаджень за походженням розподіляють на природні, антропогенні та комплексної дії [27]. До природних чинників належать несприятливі умови виростання та відхилення погодних умов від норми для певного регіону, а також екстремальні погодні явища (посухи, морози, сильні вітри тощо). Природними чинниками є також збільшення віку насаджень, за якого зменшується їхня стійкість до дії несприятливих чинників, а також

збудники хвороб, комахи-фітофаги, дикі та свійські хребетні тварини (копитні, гризуни, зайці тощо) [24]. Антропогенними чинниками є забруднення атмосфери, ґрунту, поверхневих і ґрунтових вод промисловими, побутовими та транспортними викидами чи відходами, порушення гідрологічного режиму

внаслідок діяльності людини, лісові пожежі, рекреаційне навантаження, а також різноманітна господарська діяльність [42]. За іншою класифікацією чинники розподіляють на абіотичні, біотичні та антропогенні [24]. Абіотичні чинники пов'язані з ґрунтом, рельєфом і погодними умовами [3, 48, 58]. Дуже зрідка до них належать пожежі, які виникли від блискавки. Біотичні чинники включають

взаємодію дерев із екземплярами свого виду чи інших видів і родів, пошкодження різних органів дерев кліщами, комахами, гризунами, копитними та іншими безхребетними та хребетними тваринами, ураження збудниками

хвороб (бактеріями, грибами, нематодами, вірусами тощо) [24]. Шкідливими для лісу організмами вважають тварин та рослин, які можуть бути шкідливими для садивного матеріалу основних лісоутворюючих порід, вирощування насаджень, а також негативно впливати на якісні показники дерев і недеревних продуктів лісу. До антропогенних належать такі самі чинники, що і в попередній класифікації. Іноді дуже важко розрізнати, до якої групи чинників належить той чи інший прояв. Так пожежі можуть бути викликані блискавкою (абіотичний чинник) і діяльністю людини (антропогенний чинник). Рівень ґрунтових вод може коливатися внаслідок посухи (абіотичний чинник) чи в результаті здійснення осушувальних заходів чи припинення підтримання дії цих заходів (антропогенний чинник) [27]. Чинники впливу на ліс також розрізняють за періодом, тривалістю й характером дії, ступенем і наслідками [42]. Шкідливість різних чинників має специфічні особливості.

Проведене дослідження дозволяє виділити такі методи покращення стійкості лісів в умовах зміни клімату:

- лісокультурні та лісівничі;
- селекційно-генетичні;
- лісового насінництва;
- природні.

Лісокультурні методи, спрямовані на підвищення стійкості лісів, призначені для забезпечення відновлення, збереження та підтримки здоров'я та біорізноманіття лісових екосистем. Ці методи враховують різні аспекти, такі як екологічні, соціальні та економічні, в рамках лісового господарства. Для покращення якості складу лісів, необхідно виконати рубки формування і оздоровлення лісів, які включають рубки догляду, санітарні, лісовідновні, переформування, пов'язані з реконструкцією, ландшафтні [34]. Застосування рубок формування і оздоровлення лісів та видалення захаращеності сприятиме підвищенню стійкості насаджень, поліпшить їхній санітарний стан і збільшить загальну продуктивність.

Рубки догляду включають в себе періодичний вирубок дерев, які більше не потрібні для насаджень, оскільки подальше їх збереження недоцільне. Основні завдання рубок догляду включають:

Покращення якості і породного складу лісів.

Збереження біорізноманіття в лісах.

Підсилення екологічних, захисних, водоохоронних, санітарно-гігієнічних, оздоровчих, рекреаційних, естетичних та інших функцій лісів.

Підвищення стійкості та продуктивності деревостанів.

Скорочення термінів вирощування технічно стиглої деревини.

Рациональне використання деревних ресурсів.

Санітарні рубки спрямовані на покращення та підсилення біологічної стійкості лісів, запобігання їх захворюванню та пошкодженню

Лісовідновні рубки представляють собою комплексні заходи, які об'єднують елементи рубок головного користування та рубок догляду з метою відновлення захисних, водоохоронних та інших корисних властивостей лісів, збереження біорізноманіття, підтримання та формування різноманітної породної, ярусної та вікової структури деревостанів. Ці рубки проводяться в стиглих та перестійних різновікових багатоярусних деревостанах, а також в

деревостанах простої структури з метою відновлення цінних деревних порід у лісах, де не допускається здійснення рубок головного користування.

Лісовідновні рубки також проводяться у випадках, коли вибіркові санітарні рубки можуть призвести до зменшення густини деревостану нижче допустимого рівня.

Рубки переформування – це комплексні рубки, спрямовані на поступове перетворення одновікових чистих лісових насаджень у різновікові міцані багатоярусні стани на основі природного насінного поновлення. Ці рубки проводяться у всіх категоріях лісів та в різних вікових групах деревостанів і

включають в себе одночасне вирубування окремих дерев або їх груп, сприяючи природному процесу лісовідновлення при умові безперервного існування лісового покриву.

Рубки, пов'язані з реконструкцією малоцінних молодняків та похідних деревостанів, проводяться з метою заміни низькопродуктивних молодняків на цінні, і ці рубки супроводжуються заходами з цілущого відновлення лісів.

Ландшафтні рубки проводяться з метою створення лісно-паркових ландшафтів, підвищення їхньої естетичної та оздоровчої цінності, а також забезпечення стійкості в рекреаційно-оздоровчих лісах, лісах історико-культурного значення і рекреаційних зонах національних та регіональних парків.

Важливо пам'ятати, що лісові культури змішаного типу є більш стійкими до забрудненого повітря, захворювань та шкідників, а також інших несприятливих умов.

Селекційні методи грають важливу роль у поліпшенні якості лісів та підвищенні їх продуктивності, дозволяючи вносити зміни в генетичну структуру лісових деревних видів. До таких методів відносяться внутрішньовидова та віддалена гібридизація. Завдяки гібридизації, систематичному відбору гібридів, інтродукції та подальшій акліматизації, можна розширити географічний розповсюдження багатьох цінних деревних видів і вирощувати їх у насадженнях, навіть за межами їх природних ареалів [52].

Генетико-селекційні методи передбачають відбір найбільш цінного, відповідно до мети, вихідного матеріалу. Підвищення стійкості лісів може досягатися введенням інтродуцентів у лісові культури, яке зумовлює збагачення генетичного різноманіття лісів району інтродукції за рахунок введення нових видів та спонтанної гібридизації інтродуцентів з автохтонними видами. При цьому необхідно уникати ризику порушення екологічного балансу в екосистемі, побудованій на основі гомеостазу автохтонних угруповань, що, як наслідок, може спричинити порушення генетичної структури місцевих популяцій, втрату їх генофонду та зниження біологічної стійкості лісів [8].

Природна гібридизація, тобто утворення потомства від генетично віддалених вихідних форм, була основою для виникнення багатьох широко розповсюджених видів. Так, на думку ряду вчених [7], природними гібридами є північні види ялин, у т.ч., можливо, і ялина європейська. У цьому аспекті процес

інтродукції має позитивне значення, оскільки сприяє збільшенню генетичного різноманіття дендрофлори, і, тим самим, забезпечуються умови не тільки для підвищення біологічної стійкості лісових екосистем, але й можливість еволюційного розвитку на рівні мікро- та макроеволюції.

У кожному конкретному випадку характер змін генетичної структури популяції може бути різним, але за умови локального характеру інтродукції тих чи інших видів наслідки такого впливу не становитимуть суттєвої небезпеки для генетичного потенціалу місцевих популяцій. При цьому відбуватиметься процес

витіснення із складу аборигенних популяцій генотипів з пониженою адаптивною

цінністю, які характеризуються наявністю здебільшого рецесивних генів насамперед у гомозиготному стані [23]. У результаті дії спрямованого добору проти рецесивних гомозигот спостерігатиметься поступове підвищення

середнього значення адаптивно цінної ознаки, і тому його наслідки матимуть

позитивний характер. Звуження генофонду популяцій у цьому випадку не відбуватиметься, оскільки шляхом витіснення рецесивних гомозигот повністю витіснити рецесивні гени із складу популяції неможливо.

Узагальнюючи, процес інтродукції, з генетичної точки зору, впливає на

функціонування місцевих біологічних систем і, в цілому, має більше позитивних

аспектів, ніж можливих негативних наслідків. З цієї причини лісова інтродукція, при належній координації з відповідними лісгосподарськими органами, може стати пріоритетним напрямком розвитку лісового господарства України [8].

Для досягнення значного підвищення продуктивності, біологічної стійкості та господарської цінності лісів України необхідне поліпшення та розвиток системи лісового насінництва на основі генетичної селекції [6, 32].

Розв'язати це завдання можна завдяки створенню та ефективному функціонуванню об'єктів постійної лісонасінної бази (ПЛНБ) на основі селекційних підходів. Це включає в себе збір насіння з високопродуктивних

цінних деревостанів та плюсових дерев, створення лісонасінних та архівно-маточних плантацій, а також наукове обґрунтування методології лісонасінного районування.

Основною метою лісового насінництва є забезпечення достатньої кількості насіння лісових деревних рослин з цінними генетичними характеристиками і високими посівними якостями. Це насіння використовується для проведення штучного лісовідновлення, лісорозведення, підвищення продуктивності та стійкості лісових насаджень, а також поліпшення їх якості [4].

Вивчення різноманітності форм і видів географічних та екологічних типів основних лісоутворюючих деревних видів надасть можливість поліпшити наукові методи та практичні заходи щодо поповнення генетичного резерву лісових порід вищого генетичного рівня. Це сприятиме створенню стійких та

продуктивних лісових насаджень шляхом відбору форм, які найкраще пристосовані до конкретних ґрунто-кліматичних умов та чинників зовнішнього середовища [52, 64]. Для створення біологічно стійких і

високопродуктивних штучних насаджень необхідно враховувати умови росту лісової рослинності, категорію лісокультурної площі і взаємодію між видами дерев та трав'яною рослинністю протягом усього періоду вирощування насаджень.

Для збільшення стійкості і продуктивності лісних масивів, включаючи похідні деревостани, дуже важливим є використання принципів лісового господарства, які наближені до природних умов, а також застосування ефективних методів лісокористування. Цей підхід базується на наступних принципах і методах лісокористування: забезпечення постійного покриву лісу; відтворення структури природних лісів різних вікових груп; постійне збереження стійкості деревостану; вилучення деревини в обсязі річного приросту.

Лісівництво, яке наближене до природи, полягає у застосуванні моделювання природних процесів для розробки системи заходів, яка сприяє підвищенню стійкості деревостанів та їхній багатофункціональній ролі з мінімальним і обґрунтованим втручанням в лісові екосистеми. Технологія створення та формування деревостанів ґрунтується на вирощуванні цільових

лісостанів, що враховують мету господарювання, кліматичні та ґрунтово-гідрологічні умови, а також біологію та екологію деревних порід [49, 16].

Застосування підходів, які наближені до природи, включає в себе поліпшення оточуючого середовища, включаючи аспекти, такі як будівництво нових доріг, використання сучасних геоінформаційних технологій та інші.

Вчені проводили дослідження щодо чистих сосняків, які є найбільш пожежонебезпечними в центральній та північній частині України. Їх метою було використання методів, які наближені до природи в лісівництві, для підвищення стійкості цих насаджень до пожеж, зменшення їх вразливості перед пожежами і

адаптації до змін клімату, оскільки ці аспекти взаємопов'язані між собою. За словами Олександра Сошенського, це можливо досягти, формуючи складні, багаторівні насадження. Науковець продемонстрував, як зменшити вразливість цих насаджень до пожеж та впровадити листяні види дерев або кущів, щоб зменшити їх пожежонебезпечність [44, 45].

Висновки та рекомендації вчених з Національного університету біоресурсів і природокористування України (НУБіП) щодо підвищення стійкості лісів до пожеж та зменшення ризиків лісових пожеж для населених пунктів включають такі пункти:

- Необхідно встановити національний міжвідомчий діалог з включенням всіх зацікавлених сторін для координації заходів.

- Впровадження регіональних систем управління пожежами в зоні військового конфлікту та в Луганській області.

- Боротьба з незаконним використанням вогню на сільськогосподарських землях, в заплавах та городах.

- Інтеграція всіх власників землі, лісокористувачів і місцевих органів влади для запобігання великим катастрофічним пожегам у майбутньому.

- Проведення навчань для пожежних, волонтерів та осіб, які можуть бути задіяні в гасінні ландшафтних пожеж.

- Розробка спеціальних заходів для зниження ризику ландшафтних пожеж на забруднених вибухонебезпечними предметами територіях.

- Впровадження різних методів формування більш стійких до пожеж та змін клімату насаджень шляхом наближеного до природи лісівництва та поступове впровадження позитивних практик.

З метою розвитку системи охорони лісів від пожеж в Україні важливо враховувати європейський досвід.

*Висновок до 4 розділу:* На даному етапі ліси України перебувають в періоді змін клімату, що викликає безліч проблем. Україна може відчувати ці проблеми особливо насильно через особливості кліматичних змін, оскільки головні зміни передбачаються в період вегетації зі збільшенням температури та зменшенням

опадів. Ці процеси також призведуть до збільшення коливань екстремальності кліматичних та погодних умов. Тривалі періоди тепла та посушливості можуть створити небезпечний гідрологічний та термічний стрес для лісових масивів.

Наприклад, в таких умовах клімат може стати несприятливим для росту звичайної сосни на більшості території країни. Зміни клімату зумовлюють нові підходи до ведення лісового господарства. Ці підходи повинні не лише базуватися на дослідженні змін та моделюванні варіантів зміни лісорослинних умов, але й враховувати потреби повоєнного відновлення України. Також значний вплив на природні екосистеми мають пожежі. Ліс, як одна з таких

природних екосистем, також зазнає цього руйнівного впливу. Пожежі прямо впливають на структуру лісових екосистем, змінюючи їх повноту, породний склад та режим освітлення; на можливість відновлення деревних видів; обсяги і стан лісової підстилки; наявність і кількість бактерій у верхньому шарі ґрунту та

інше. Для збільшення стійкості і продуктивності лісних масивів, включаючи похідні деревостани, дуже важливим є використання принципів лісового господарства, які наближені до природних умов, а також застосування ефективних методів лісокористування. Цей підхід базується на наступних принципах і методах лісокористування: забезпечення постійного покриву лісу;

відтворення структури природних лісів різних вікових груп; постійне збереження стійкості деревостану; вилучення деревини в обсязі річного приросту.



## ВИСНОВКИ

# НУБІП України

Проведені дослідження та спостереження підтверджують кліматичні зміни у світі та в Україні, що дозволяє зробити наступні висновки:

- Збереження стабільності кліматичної системи захищається однією з найважливіших глобальних проблем. Клімат як прямо, так і опосередковано впливає на стан лісових екосистем.

- Глобальне потепління зумовлює зростання кількості та інтенсивності лісових пожеж, що має негативний вплив на всі складові лісових екосистем; висихання лісів; пошкодження внаслідок стихійних явищ (вітровали, буреломи); зростання кількості масового розмноження лісових шкідників та хвороб; зниження продуктивності лісів.

- В Україні умови лісо вирощування неоднорідні, ліси поширені нерівномірно, лісистість не досягає оптимального рівня, за якого вплив лісів на клімат найбільш позитивний, більшість лісів є штучно створеними. Відбувається старіння лісів, погіршується їх санітарний стан.

- Зміни клімату в Україні супроводжуються підвищенням температур (на  $4^{\circ}\text{C}$  –  $6^{\circ}\text{C}$ ), зменшенням кількості опадів, зміною кліматичних зон, зміною погодних умов, зниженням якості повітря та водних ресурсів, зникненням снігового покриву з можливим зникненням зими, порушенням водного балансу, зміною ґрунтових процесів, змінами в екосистемах, збідненням флори і фауни, скороченням чисельності і розмірів та зникненням популяцій, витісненням аборигенних видів чужорідними, скороченням площ хвойних лісів, змінами і листяних лісах та іншими негативними наслідками. Це має прямий вплив на стан та якість лісових насаджень.

- Збільшення температур та зменшення кількості опадів очікуються, в основному, у вегетаційний період, що може стати критичним для лісо вирощування та лісовідновлення. Несприятливі кліматичні умови виникатимуть для всіх головних лісо твірних порід України. Це призведе до трансформації

структури лісових ценозів і загибелі лісових екосистем; зумовить зниження життєздатності лісів, їх стійкості до шкідників та хвороб, погіршення санітарного стану лісів, висихання деревостанів, підвищення пожежної небезпеки.

Науковцями моделюються різні сценарії змін клімату як на найближчий час (найближче десятиліття), так і на віддалену перспективу (сто і більше років). Зазвичай, виділяють три сценарії: найкращий, середній, найгірший. Найкращий сценарій зміни клімату передбачає максимальне скорочення негативних

антропогенних впливів, збереження природних екосистем і біорізноманіття,

скорочення вуглецевих викидів. Середній сценарій передбачає подальше потепління швидшими за прогнозовані темпами, втрату природних систем, вимирання видів, пошкодження лісів. Найгірший сценарій включає стабільне підвищення температури, зростання кількості екстремальних кліматичних явищ, знеліснення, повені, посухи;

З врахуванням викидів парникових газів найбільш вживаними є п'ять сценаріїв (RCP): два оптимістичних з високою ймовірністю настання та низькою загрозою; два проміжних з середньою ймовірністю настання та середньою загрозою; песимістичний з низькою ймовірністю настання та високою загрозою.

Сценарії RCP доповнюються сценаріями соціально-економічного розвитку (SSPs).

В цілому, згідно прогнозів, клімат в Україні стане сухішим і теплішим (з відповідними змінами для лісовирощування). Існує велика ймовірність реалізації

середнього або найгіршого сценарію, оскільки температурний режим змінюється

швидше за прогнозовані значення. Така ситуація вимагає розробки нових підходів до ведення лісового господарства, що дозволить знизити ризики порушень лісів через кліматичні зміни.

НУБІП України

## РЕКОМЕНДАЦІ ВИРОБНИЦТВУ

## НУБІП України

За результатами проведеного дослідження для мінімізації негативних впливів змін клімату на ліси України нами пропонується ряд рекомендацій, зміст яких полягає у наступному:

## НУБІП України

З дотриманням комплексного підходу забезпечити охорону і збереження старовікових лісів природного походження. Для цього проаналізувати та доповнити лісове законодавство; створити лісові ділянки із обмеженням чи заборону господарської діяльності; впроваджувати науково обґрунтованих

## НУБІП України

методи збереження, реставрації та управління старовіковими лісами; застосовувати методи екологічно сталого господарювання на сусідніх зі старовіковими лісами територіях, залучати до співпраці міжнародні організації

## НУБІП України

та фінансових донорів для отримання додаткових ресурсів та досвіду для захисту старовікових лісів; проводити роботи на пошкоджених ділянках по відновленню лісів.

## НУБІП України

Забезпечити збереження самосійних лісів з наступним їх включенням до складу лісового фонду. Для цього доповнити законодавство пунктами, що регламентують визнання та ведення лісогосподарських заходів у таких лісах;

## НУБІП України

виділити особливо цінні або вразливі ділянки самосійних лісів як заповідники або інші охоронні території; проводити моніторинг та оцінку стану самосійних лісів, їх біорізноманіття, структури та динаміки; обмежити або заборонити вирубку в самосійних лісах.

## НУБІП України

В умовах змін клімату забезпечити комплексний підхід для підвищення стійкості лісів відносно зовнішніх чинників, таких як шкідники, хвороби, кліматичні зміни, пожежі. З цією метою збільшувати біорізноманіття лісових насаджень; проводити генетично-селекційні дослідження для вирощування

## НУБІП України

дерев, які мають більшу стійкість до конкретних шкідників, хвороб або екстремальних погодних умов; здійснювати моніторинг лісу для виявлення ознак захворювань або активності шкідників і своєчасного проведення заходів для їх ліквідації; активно працювати над відновленням пошкоджених або втрачених

лісових ділянок, включаючи висадку різних видів дерев; розробляти та впроваджувати планування, що враховує потреби в адаптації до кліматичних змін; створювати протипожежні пояси, проводити контрольовані пожежі та оснащувати лісові території необхідним обладнанням для гасіння пожеж; проводити наукові дослідження для вивчення лісових екосистем, їх реакцій на різні стресові чинники та розробка методів збільшення їхньої стійкості.

Для створення більш стійких і продуктивних лісових екосистем, які можуть адаптуватися до змінних кліматичних умов та викликів впроваджувати принципи наближеного до природи лісівництва. Це передбачає заміну монокультур максимально наближеними до природних насадженнями; збереження та підвищення різноманіття видів і структури лісових екосистем; створення умов для різних видів рослин і тварин, обмеження антропогенного впливу; сприяння природному поновленню лісів; господарювання на основі глибокого розуміння місцевих екологічних, соціальних і економічних умов; зосередження на довготривалих цілях і стратегіях; постійний моніторинг стану лісу і адаптація методів господарювання відповідно до отриманих результатів; поєднання екологічних цілей з економічною віддачею для забезпечення сталого фінансування.

Переглянути політику осушення земель в межах лісового фонду. Політика осушення земель в межах лісового фонду та зміни клімату тісно пов'язані між собою. зокрема збільшення температур і зменшення опадів, можуть підвищити ризик лісових пожеж. В осушених зонах цей ризик може бути ще вищим.

Осушення може змінити водний режим місцевості, що, у свою чергу, може впливати на мікроклімат. Це може збільшити або зменшити впливи змін клімату на конкретний регіон. Осушені торф'яні ліси або болота можуть почати інтенсивно вивільняти вуглець, який був збережений у ґрунті протягом тисяч років. Це може збільшити викиди парникових газів і посилити зміни клімату.

Зміни в режимі осушення, особливо якщо вони є відгуком на зміни клімату, можуть призвести до зникнення деяких видів рослин і тварин, які не можуть пристосуватися до нових умов.

Сприяти створенню пожежостійких лісових насаджень. Для цього проводити постійний моніторинг насаджень на наявність ознак пожежної небезпеки, таких як сухий підлісок або пошкоджені дерева, та для своєчасного виявлення джерел займання; за можливості вводити до складу насаджень породи, які володіють природною стійкістю до пожежі; проводити освітні заходи щодо пожежної безпеки, включаючи правильне застосування вогню в лісі; за можливості створювати водні об'єкти у стратегічних місцях, що може сприяти швидкому реагуванню у разі пожежі.

Впроваджувати в практику ведення лісового господарства природоорієнтовані рішення для невиснажливого та раціонального використання лісових ресурсів, посилення корисних властивостей лісів, їх відтворення та відновлення, підвищення їх продуктивності та покращення якісного складу.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

НУБІП України

1. Балабух В. А. Изменения климата : ежемесичный информационный бюллетень. *Росгидромета*. 2012. № 36. С. 9–10.

НУБІП України

2. Балабух В. О. Мінливість дуже сильних дощів і сильних злив в Україні. *УкрНДІМ*. 2008. № 257. С. 61–72.

НУБІП України

3. Балабух В. О., Зібцев С. В. Вплив зміни клімату на кількість та площу лісових пожеж у північно-чорноморському регіоні України. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2016. № 18. С. 60–71.

НУБІП України

4. Білоус В. І. Лісова селекція / підручник. Умань : 2003. 534 с.

НУБІП України

5. Букша І. Ф. Методологія моделювання та оцінювання впливу зміни клімату на лісові фітоценози України. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер. Лісівництво та декоративне садівництво*. 2017. Вип. 266. С. 26–38.

НУБІП України

6. Буглець, клімат та землеуправління в Україні: лісовий сектор : монографія / А. Швиденко та ін. Корсунь-Шевченківський, 2014. 283 с.

НУБІП України

7. Гібридизація в селекції рослин : веб-сайт. URL: [https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u167/lekciya\\_no\\_11\\_vikoristannya\\_gibridizaciy\\_u\\_selekciji\\_roslin.pdf](https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u167/lekciya_no_11_vikoristannya_gibridizaciy_u_selekciji_roslin.pdf) (дата звернення 07.10.2023).

НУБІП України

8. Данчук О. Т. Генетико-селекційні аспекти впровадження інтродуцентів у лісові культури України. *Науковий вісник Українського державного лісотехнічного університету. Сер. Селекція*. 2002. вип. 12.4. С. 214–218.

НУБІП України

9. Директива Європейського Парламенту і Ради 2003/87/ЄС від 13 жовтня 2003 року про встановлення системи торгівлі квотами на викиди парникових газів у межах Союзу та внесення змін до Директиви Ради 96/61/ЄС. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984\\_012-03#n5](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_012-03#n5) (дата звернення 29.09.2023).

НУБІП України

10. Дідух Я. Зміни клімату – удар по флорі України. *Газета «Світ»*. 2021. № 39–40. С. 9–10.

11. Екологічні аспекти зміни клімату: причини, наслідки, дії / Я. Дідух. *Вісник Національної академії наук України*, 2009. № 2. С. 34–44.

12. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації: аналіз, доповідь / за ред. С. П. Іванюти. Київ : НІСД, 2020. 110 с.

13. Зміна клімату і охорона природи: недооцінені можливості : веб-сайт. URL: <https://mccg.org.ua/zmina-klimatu/> (дата звернення 28.10.2023).

14. Клімат України / за ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченко. Київ : Вид. Раєвського, 2003. 343 с.

15. Кліматична система і фактори, що зумовлюють формування клімату : веб-сайт. URL: <https://www.meteo.gov.ua/ua/Klimatichna-sistema> (дата звернення 30.09.2023).

16. Концептуальні засади наближеного до природи лісівництва / Чернявський М. В. та ін. ; РВВ НЛТУ України. Львів, 2012. С. 43–47.

17. Лир, Х., Польстер Г., Фидлер Г. И. Физиология древесных растений : науч. пособ. Москва, 1974. 423 с.

18. Ліпінський В. М. Глобальна зміна клімату та її відгук в динаміці клімату України. матер. міжнар. конф. Київ : б. в., 2002. С. 177–185.

19. Ліпінський В. М., Дячук В. А., Бабіченко В. М. Клімат України : Київ, 2003. 345 с.

20. Лісовий Кодекс України / Постанова Верховної Ради України від 21.01.94 р. № 3852-III. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3852\\_12#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3852_12#Text) (дата звернення 15.10.2023)

21. Майбутнє Землі: три сценарії глобального потепління : веб-сайт. URL: <https://nabio.org/materials/9544/> (дата звернення 10.10.2023).

22. Матеріали слухань у Комітеті Верховної Ради України з питань екологічної політики на тему: «Вплив воєнних дій на довкілля в Україні та його відновлення до природного стану» : веб-сайт. URL:

[https://www.researchgate.net/publication/371125135\\_materiali\\_sluhan\\_u\\_komiteti\\_v\\_ervhynoi\\_radi\\_ukraini\\_z\\_pitan\\_ekologichnoi\\_politiki\\_na\\_temu\\_vpliv\\_voemnih\\_dij\\_na](https://www.researchgate.net/publication/371125135_materiali_sluhan_u_komiteti_v_ervhynoi_radi_ukraini_z_pitan_ekologichnoi_politiki_na_temu_vpliv_voemnih_dij_na)

[doykilla\\_y\\_ukraini\\_ta\\_його\\_vidnovlenna\\_do\\_prirodnogo\\_stanu\\_22102022](#) (дата звернення 11.10.2023)

23. Манкевич Н.В. Охрана редких генотипов лесных деревьев и кустарников : Москва : Агропромиздат, 1987. 208 с.

24. Методичні вказівки з нагляду, обліку та прогнозування поширення шкідників і хвороб лісу для рівнинної частини України / Під ред. В. Л. Мешкової. Харків: ТОВ Планета-Прінт, 2020. 92 с.

25. Методичні рекомендації щодо оцінювання впливу зміни клімату на ліси, аналізу фіторізноманіття та екологічних режимів за даними моніторингу лісів / Букша І.Ф., Бондарук М. А., Пивовар Т. С., Целіщев О.Г. Харків : УкрНДДЛГА, 2019. 95 с.

26. Мешкова В. Л. Сезонное развитие хвое-листогрызущих насекомых : Харьков : Планета-принт, 2009. 396 с.

27. Моніторинг та підвищення стійкості антропогенно порушених лісів. Збірник рекомендацій Харків. УкрНДДЛГА, 2011. 304 с.

28. Найгірший сценарій для України від зміни клімату: наскільки підвищиться температура повітря : веб-сайт URL: <http://surl.li/mvjer> (дата звернення 23.10.2023).

29. Не зурочтеся! Глазго. Про результати 26-тої кліматичної конференції : веб-сайт. URL: <http://surl.li/myifu> (дата звернення 23.10.2023).

30. Нове дослідження Світового банку аналізує вплив зміни клімату в Україні та закликає до дій для підвищення стійкості в сільському господарстві : веб-сайт. URL: <https://www.worldbank.org/uk/news/press-release/2022/02/09/new-world-bank-study-analyzes-climate-change-impact-in-ukraine> (дата звернення 29.09.2023).

31. Паризька угода : Угода Орг. Об'єдн. Націй від 12.12.2015 р. : станом на 14 лип. 2016 р. [Електронний ресурс] / Режим доступу: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995\\_161#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_161#Text)



32. Перспективи підвищення продуктивності лісів України методами лісової селекції та лісового насінництва: веб-сайт. URL: <http://surl.li/mvknrp> (дата звернення 12.10.2023).

33. Посухи та зсув природних зон. Як глобальні зміни клімату вплинуть на Україну : веб-сайт. URL: <https://suspilne.media/133665-posuhi-ta-zsuv-prirodnih-zon-ak-globalni-zmini-klimatu-vplivut-na-ukrainu/> (дата звернення 19.10.2023).

34. Правила поліпшення якісного складу лісів : веб-сайт. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/79545339> (дата звернення 20.10.2023).

35. Природоорієнтовані рішення водному, лісовому та аграрному секторах для відновлення України у повоєнний період та подальшого сталого розвитку з урахуванням зміни клімату. Збірник матеріалів проекту INSURE. Київ, 2022. 88 с.

36. Про схвалення Державної стратегії управління лісами України до 2035 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 29 груд. 2021 р. № 1777. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1777-2021-%D1%80#Text> (дата звернення: 12.09.2023).

37. Про схвалення Державної стратегії управління лісами України до 2035 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 29.12.2021 р. № 1777. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1777-2021-%D1%80#Text> (дата звернення: 12.09.2023).

38. Про схвалення Концепції реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 07.12.2016 р. № 932 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/932-2016-p#Text> (дата звернення 17.10.2023).

39. Про схвалення Оновленого національно визначеного внеску України до Паризької угоди : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 30.07.2021 р. № 868 URL: <http://surl.li/mvjxk> (дата звернення 15.07.2023).

40. Про схвалення Стратегії екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату на період до 2030 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від

20.10.2021 р. № 1363 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1363-2021-p#Text>  
(дата звернення 15.10.2023).

41. Публічний звіт Голови Державного агентства лісових ресурсів України за 2022 рік : веб-сайт. URL:

<https://forest.gov.ua/storage/app/sites/8/public/zvit/publichnii-zvit-za-2022.pdf>

(дата звернення 10.10.2023)

42. Райт Дж. В. Введение в лесную генетику : Москва : Лесная промышленность, 1978. 470 с.

43. Рекомендації щодо заходів з підвищення пожежостійкості лісів та методика прогнозування їхнього післяпожежного розвитку / Ворон В. П., Коваль І. М., Сидоренко С. Г., Мельник С. Є., Бологов О. Ю., Укач О. М., Тимошук І. В. Харків, 2019. 26 с.

44. Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986-2005 рр.) / за ред. В. М. Ліпінського, В. І. Осадчого, В. М. Бабіченка. Київ : Інка-Центр, 2006. 312 с.

45. Стійкі ліси до пожег – це можливо : веб-сайт. URL: <https://derevynnyk.com/udoskonalennya-ohorony-lisiv-vid-pozhezh/> (дата звернення 10.10.2023).

46. Стратегія низьковуглецевого розвитку України до 2050 року. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України : веб-сайт. URL: <https://mepc.gov.ua/news/31&15.html> (дата звернення 12.10.2023).

47. Трансформація лісів до ближнього ведення лісового господарства в Україні. стійкість соснових насаджень до посухи та лісових пожег : веб-сайт. URL: <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-13261> (дата звернення 13.10.2023).

48. Україна: погодні умови та стан озимих культур у січні 2022 року : веб-сайт. URL: <https://uga.ua/meanings/ukrayina-pogodni-umovi-ta-stan-ozimih-kultur-u-sichni-2022-roku-naan-ukrayini/> (дата звернення 14.10.2023).

49. Хоречко А. М. До методики оцінювання впливу можливих чинників ослаблення лісових насаджень. Ліс, наука, молодь: матеріали всеукр. наук.-практ. конф., 24 лист 2021 р. Житомир : Поліський університет, 2021. С. 258–259.

50. Червона енека : веб-сайт. URL : <https://ekoinform.com.ua/?p=15992> (дата звернення 30.09.2023).

51. Чернявський М. В. Наближене до природи ведення лісового господарства в Україні. *Лісовий і мисливський журнал*. 2008. № 1. С. 14–17.

52. Шедеменко І. П., Краковська С. В., Гнатюк Н. В. Верифікація даних Європейської бази E-OBS щодо приземної температури та кількості опадів у адміністративних областях України. *УкрНДЛМ*. 2012. № 262. С. 71–90.

53. Що ми розуміємо під зміною клімату?: веб-сайт. URL: <https://nbs.wwf.ua/shcho-my-rozumiiemo-pid-zminoiu-klimatu/> (дата звернення 12.10.2023).

54. Andreieva O., Goychuk A. Forest site conditions and the threat for insect outbreaks in the Scots pine stands of Polissya. *Koła Forestalia Polonica*. 2020. Vol. 62 (4). P. 270-278.

55. Christensen J. H., B. Hewitson, A. Busuioc, et al. Regional Climate Projections. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of WG I to the Fourth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press. 2007. 94 pp.

56. Corobov R., Sheridan S., Overcenko A. and N. Terinte. Air temperature trends and extremes in Chisinau (Moldova) as evidence of climate change. *Clim. Res.* 2010. Vol.42. P. 247–256.

57. Didukh Ya.P. The Ecological Scales for the Species of Ukrainian Flora and Their Use in Synphytoindication. Kyiv: *Phytosociocentre*. 2011. 176 p.

58. Giorgi F. and Bates G. The climatological skill of a regional model over complex terrain. *Monthly Weather Review*. 1989. Vol. 117. P. 2325–2347.

59. Giorgi F. and Mearns L. Q. Introduction to special issue: Regional climate modeling revisited. *J.Geophys.Res.* 1999. Vol.104. 6335–6352.

60. Gnatiuk N., Krakovska S. Homogenization and quality control of temperature datasets for Ukrainian stations of the Carpathian region. *Geophysical Research Abstracts*. 2012. Vol. 14, EGU2012-959-4.

61. Gnatiuk N., S. Krakovska, L. Palamarchuk, A. Bilozerova. Climate change projections for Ukraine in the 21st century based on the best RCM ensembles *Geophysical Research Abstracts*, 2013. Vol. 15, EGU2013-889-1

62. Hentschel R., Möller K., Wenning A., Degenhardt A., & Schröder J. Importance of ecological variables in explaining population dynamics of three important pine pest insects. *Frontiers in Plant Science*. 2018. Vol. 9 P. 1667. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01667>

63. Ho J. K. K. Formulation of a systemic PEST analysis for strategic analysis. *European academic research*. 2014. Vol. 2(5). DOI: <https://josephkkho.com/2014-08-car-01>

64. Jones P. D. Hemispheric and large-scale surface air temperature variations: An extensive revision and an update to 2001. *Journal of Climate*. 2003. № 16(2). P. 206–223.

65. Kiel J.T., J. J. Hack, G. B. Bonan, B. A. Boville, B. P. Briegleb, D. L. Williamson, and P. J. Rasch. Description of the NCAR Community Climate Model. 1996. 152 pp.

66. Meshkova V. Assessment and prediction of biotic risks in the forests of Ukraine. *Bucovina Forestiera*. 2021. Vol. 21(1). P. 1–10.

67. Samuelsson P., Jones C.G., Willén U., Ullerstig A., Gollvik S. and co-authors. The Rossby centre regional climate model RCA3: Model description and performance. 2011. 68A, P. 4–23.

68. Ukraine Building Climate Resilience in Agriculture and Forestry : Ukraine Building Climate Resilience in Agriculture and Forestry - *Executive Summary (Ukrainian)*. DOI: <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/0993500020722418067n1719860a81bb30108b4400add11906a5e>