

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Навчально-науковий інститут лісового і садово-паркового господарства

УДК 630*56

ПОГОДЖЕНО

**Директор ННІ лісового і садово-
паркового господарства**

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

**Завідувач кафедри таксації лісу та
лісового менеджменту**

_____ **Роман ВАСИЛИШИН**

_____ **Андрій БІЛОУС**

« _____ » _____ 2025 р.

« _____ » _____ 2025 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**Біотична продуктивність лісів Корсунь-Шевченківського
надлісництва Філії «Центральний лісовий офіс» ДП «Ліси
України»**

Спеціальність – 205 «Лісове господарство»

Освітня програма – Лісове господарство

Орієнтація освітньої програми – освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

_____ канд. с.-г. наук, доцент

_____ (підпис)

_____ Олександр БАЛА

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

_____ канд. с.-г. наук, доцент

_____ (підпис)

_____ Сергій КОВАЛЕВСЬКИЙ

Виконав

_____ (підпис)

_____ Костянтин ПОЗИВАЙЛО

КИЇВ – 2025

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Навчально-науковий інститут лісового і садово-паркового господарства

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувача кафедри таксації лісу та
лісового менеджменту**

Андрій Білоус

« ____ » _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

до виконання магістерської кваліфікаційної роботи студенту

Позивайлу Костянтину Сергійовичу

Спеціальність – 205 «Лісове господарство»

Освітня програма – Лісове господарство

Орієнтація освітньої програми – освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи

**Біотична продуктивність лісів Корсунь-Шевченківського надлісництва
Філії «Центральний лісовий офіс» ДП «Ліси України»**

Затверджена наказом ректора НУБіП України від 13.10.2025 р. № 2324 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 2025.11.06

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи:

1. Матеріали лісовпорядкування;
2. Літературний огляд з теми роботи та загальна характеристика лісового фонду Корсунь-Шевченківського надлісництва філії «Центральний лісовий офіс»;
3. Статті вітчизняних і зарубіжних авторів;
4. Офіційні статистичні матеріали.

Перелік питань, які потрібно розробити:

1. Характеристика підприємства;
2. Огляд літератури;
3. Характеристика лісового фонду;
4. Аналіз таксаційних показників насаджень підприємства.
5. Розрахунок фітомаси та депонованого вуглецю.

Дата видачі завдання «10» березня 2025 р.

**Керівник магістерської
кваліфікаційної роботи**

Сергій КОВАЛЕВСЬКИЙ

Завдання прийняв до виконання _____

Костянтин ПОЗИВАЙЛО

РЕФЕРАТ

Перший розділ роботи присвячено огляду літератури, що висвітлює питання біотичної продуктивності лісів, особливості формування фітомаси та роль лісових екосистем у депонуванні вуглецю. Розглянуті праці українських і зарубіжних дослідників дозволяють окреслити сучасний стан наукових досліджень у цій сфері та визначити ключові проблеми підвищення продуктивності лісів.

Другий розділ містить опис методики дослідження, яка базується на матеріалах базового лісовпорядкування, таксаційних даних і нормативів визначення фітомаси деревних порід. У ньому наведено алгоритм збору та обробки інформації, використання статистичних методів для оцінки біотичної продуктивності деревостанів.

У третьому розділі подано стисло характеристику об'єкта дослідження – Корсунь-Шевченківського надлісництва філії «Центральний лісовий офіс» ДП «Ліси України». Наведено відомості про його адміністративно-організаційну структуру, природно-кліматичні умови, ґрунтово-гідрологічні особливості.

У четвертому розділі наведено результати аналізу біотичної продуктивності лісів Корсунь-Шевченківського надлісництва. Розглянуто структуру лісового фонду, породний та віковий склад насаджень, середні запаси деревини, класи бонітету, а також проведено оцінку фітомаси й кількості депонованого вуглецю за основними групами лісотвірних порід.

Заключний розділ даної роботи включає в себе список використаної літератури, який налічує 67 літературних джерел.

Магістерська робота містить: 78 сторінок, 11 таблиць та 7 рисунків.

Ключові слова: біотична продуктивність, фітомаса, депонований вуглець, лісові насадження, вуглецевий баланс, дуб звичайний, сосна звичайна, Лісостеп України.

ЗМІСТ

ЗМІСТ	4
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	7
1.1. Сутність, компоненти та значення біотичної продуктивності лісів.....	7
1.2. Дослідження біотичної продуктивності лісів в Україні	11
1.3. Міжнародний досвід дослідження біотичної продуктивності лісів	16
1.4. Методи оцінки біотичної продуктивності лісів.....	20
1.5. Фактори, що впливають на біотичну продуктивність лісів	22
1.6. Актуальні виклики для підтримання біотичної продуктивності лісів	24
Висновки до розділу 1	25
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ТА МАТЕРІАЛИ ДОСЛІДЖЕННЯ	27
2.1. Об'єкт, матеріали та підходи до дослідження біотичної продуктивності лісів.....	27
2.2. Метод збору експериментальних даних і алгоритм обчислення фітомаси деревостанів.....	31
2.3. Методи математичної та статистичної обробки даних.....	34
Висновки до розділу 2	35
РОЗДІЛ 3 СТИСЛА ХАРАКТЕРИСТИКА ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕРИТОРІЇ І ЛІСОРОСЛИННИХ УМОВ	37
3.1. Місцезнаходження і площа.....	37
3.2. Організація території. Обсяг і характер виконаних лісовпорядних робіт	38
3.3. Природно-кліматичні умови.....	41
3.4. Обсяги заготівлі деревини та її реалізація	45
3.5. Характеристика шляхів транспорту.....	45
3.6. Рівень інтенсивності ведення лісового господарства і виробнича потужність лісгоспу	46
3.7. Значення лісового господарства в економіці району розташування лісгоспу і охороні довкілля.....	47
Висновки до розділу 3	49
РОЗДІЛ 4 АНАЛІЗ БІОТИЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ЛІСІВ	51
4.1. Оцінка біотичної продуктивності насаджень надлісництва	51
4.2. Фітомаса насаджень і вміст депонованого вуглецю у лісах надлісництва	61
Висновки до розділу 4	66
ВИСНОВКИ.....	68
ПРОПОЗИЦІЇ.....	70
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	71

ВСТУП

У сучасних умовах ведення лісового господарства важливого значення набуває оцінка біотичної продуктивності лісів як одного з головних інтегральних показників їхнього стану та функціонування. Біотична продуктивність визначає здатність лісових екосистем продукувати біомасу, підтримувати біорізноманіття та забезпечувати стійкість деревостанів до кліматичних коливань, шкідників і хвороб. Для Лісостепової зони України, до якої належить Корсунь-Шевченківське надлісництво, особливо актуальним є дослідження впливу змін клімату на ріст і розвиток деревостанів, адже підвищення середньорічних температур, нерівномірність опадів і збільшення частоти екстремальних погодних явищ створюють суттєві виклики для лісових екосистем.

Ліси Корсунь-Шевченківського надлісництва виконують важливі екологічні функції: поглинають вуглець, виділяють кисень, регулюють гідрологічний режим, формують сприятливе середовище для існування численних видів флори та фауни. Водночас вони мають економічне та соціальне значення – забезпечують населення деревиною, недеревними ресурсами та виконують рекреаційні функції. Збереження їхньої продуктивності є запорукою екологічної рівноваги й стабільного розвитку регіону.

Вивчення біотичної продуктивності дає змогу не лише оцінити сучасний стан деревостанів, але й прогнозувати їхню динаміку, визначати потенціал відновлення та розробляти заходи щодо підвищення стійкості до негативних факторів. Це має особливе практичне значення в умовах реформування лісового господарства України та переходу до принципів сталого управління природними ресурсами.

Метою роботи є проведення оцінки стану біотичної продуктивності лісів Корсунь-Шевченківського надлісництва та розробка рекомендацій щодо її підвищення.

Для досягнення мети поставлено такі основні завдання:

1. Проаналізувати природно-кліматичні умови Корсунь-Шевченківського надлісництва та їхній вплив на продуктивність лісових екосистем.
2. Охарактеризувати структуру лісового фонду та основні типи деревостанів надлісництва.
3. Визначити сучасний стан біотичної продуктивності лісів за кількісними та якісними показниками.
4. Дослідити вплив кліматичних змін, шкідників і хвороб на продуктивність деревостанів.
5. Розробити рекомендації щодо підвищення біотичної продуктивності лісів та забезпечення їхньої стійкості.

Об'єкт дослідження – лісові насадження Корсунь-Шевченківського надлісництва філії «Центральний лісовий офіс» ДП «Ліси України».

Предмет дослідження – біотична продуктивність лісових насаджень у межах надлісництва, її сучасний стан та фактори формування.

Наукова новизна дослідження полягає в удосконаленні підходів до аналізу біотичної продуктивності лісів у регіоні Лісостепу з урахуванням регіональних кліматичних змін, а також у визначенні ключових факторів, що впливають на формування продуктивності деревостанів у межах Корсунь-Шевченківського надлісництва.

Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості використання розроблених рекомендацій для підвищення продуктивності та стійкості деревостанів, оптимізації лісогосподарських заходів і впровадження сучасних підходів до моніторингу стану лісів. Отримані результати можуть бути застосовані у практиці роботи лісогосподарських підприємств ДП «Ліси України», а також використані у навчальному процесі в закладах вищої освіти лісівничого профілю.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Сутність, компоненти та значення біотичної продуктивності лісів

Поняття біотичної продуктивності лісів у сучасній науковій літературі трактується як інтегральна характеристика здатності лісових екосистем акумулювати, перетворювати й зберігати енергію сонячного випромінювання в біомасі живих організмів. Це поняття охоплює як наземні, так і підземні компоненти фітомаси, враховує процеси первинної продукції та їх динаміку в часі [43, 31]. З точки зору лісівництва воно безпосередньо пов'язане з продуктивністю насаджень, запасами деревини, швидкістю росту й потенціалом для депонування вуглецю [7, 10].

Загальноприйнято виділяти кілька рівнів продуктивності. Валовий показник (GPP) характеризує всю кількість органічної речовини, створеної в процесі фотосинтезу. Чиста первинна продуктивність (NPP) дорівнює різниці між валовим приростом і витратами на автотрофне дихання. Чиста екосистемна продуктивність (NEP) додатково враховує гетеротрофне дихання і відображає реальний баланс вуглецю у системі [42]. У прикладному лісівництві для обчислення цих показників використовують таксаційні дані про запас деревини та приріст, перераховані в біомасу за допомогою алометричних рівнянь [7].

Біотична продуктивність не є сталою величиною, вона залежить від складу, структури та віку деревостанів, а також від лісорослинних умов і кліматичних факторів. Ще П. С. Погребняк [14] довів тісний зв'язок продуктивності з трофністю й зволоженням ґрунтів, сформулювавши систему типологічних рядів. Подальші дослідження підтвердили: дубові діброви у свіжих і вологих умовах формують вищі прирости, ніж соснові бори на бідних піщаних ґрунтах [2, 11].

Важливим аспектом є компонентна структура біомаси. Традиційно виділяють стовбурову, гілкову, листову та кореневу частини [58]. У дубових насадженнях частка стовбурової деревини у загальній біомасі може

перевищувати 70 %, тоді як у соснових лісах через більшу частку крони це співвідношення нижче [7, 38]. Коренева фракція відіграє особливу роль у забезпеченні стійкості насаджень, її внесок зростає в умовах дефіциту вологи або на еродованих схилах [66, 68].

Вітчизняні дослідники приділяють значну увагу кількісним оцінкам фітомаси головних порід України. П. І. Лакида [7, 8, 10] розробив нормативи фітомаси для дуба, сосни, бука та інших порід, які широко застосовуються при оцінці біотичної продуктивності. А. З. Швиденко та співавтори [59] у монографії показали, що ліси України є вагомим депо вуглецю, і продуктивність насаджень безпосередньо визначає їхній внесок у пом'якшення кліматичних змін. Р. Д. Василюшин і колеги [6] аналізували біопродуктивність українських лісів у контексті глобальних змін клімату та підкреслили необхідність інтеграції наземних і дистанційних методів оцінки.

У світовій літературі питання структури продуктивності розглядаються крізь призму різноманітності видів і функціональних груп. Cardinale et al. [23] та Hooper et al. [42] показали, що зниження біорізноманіття веде до падіння продуктивності екосистем. Ali et al. [17] продемонстрували, що у тропічних лісах ключову роль відіграють великі дерева, які визначають загальний рівень біомаси незалежно від кількості супутніх видів. Подібні висновки робили Cheng et al. [25] та Kunz et al. [44], наголошуючи на важливості структурної різноманітності насаджень.

Одним із ключових факторів є вікова динаміка. У молодняках поточний приріст може бути найвищим, проте запас біомаси низький. Середньовікові деревостани характеризуються піком середнього приросту, а старовікові ліси виконують функцію стабільного вуглецевого резервуара. Це обґрунтовує необхідність типологічно обґрунтованих рубок догляду, що підтримують оптимальну густоту й підвищують частку ділової деревини [11, 35].

Суттєве значення має просторовий розподіл дерев у насадженні. Нерівномірність за діаметрами та висотами впливає на використання світла й поживних ресурсів. Cordonnier & Kunstler [27] за допомогою індексу Джині

довели, що асиметрична конкуренція між деревами може як знижувати, так і підвищувати загальну продуктивність залежно від складу деревостану. Подібні результати отримали Bourdier et al. [20], які на базі інвентаризаційних даних десяти європейських порід встановили, що надмірна нерівномірність знижує прирости.

Важливу роль у формуванні біотичної продуктивності відіграють кліматичні умови. Дослідження Ouyang et al. [50] вказують, що багатство видів і щільність насаджень впливають на продуктивність у субтропічних лісах Китаю, але вирішальне значення має вік і стан деревостанів. Van der Sande et al. [52] підкреслюють, що у тропічних лісах абіотичні фактори, зокрема родючість ґрунтів, є сильнішими драйверами продуктивності, ніж видовий склад. Подібні закономірності характерні й для Лісостепу України, де достатнє зволоження і родючі чорноземи створюють умови для формування високобонітетних дібров, тоді як на піщаних ґрунтах продуктивність соснових борів є істотно нижчою [2, 11].

Таким чином, біотична продуктивність є багатовимірною характеристикою, що формується під впливом комплексу факторів: біотичних (видовий склад, вік, структура), абіотичних (ґрунт, клімат, рельєф) та антропогенних (режими господарювання, лісокористування). Її дослідження має принципове значення як для оцінки запасів і приросту деревини, так і для визначення ролі лісів у глобальному вуглецевому циклі [59, 52].

Значення біотичної продуктивності лісів виходить далеко за межі власне лісогосподарського виробництва. Ліси є ключовим компонентом глобального вуглецевого циклу, оскільки депонують вуглець у деревині, ґрунтах та органічних рештках [43, 31]. За даними Швиденка А.З., Лакиди П.І. та співавторів [59], лісовий сектор України здатний щорічно акумулювати мільйони тонн CO₂-еквівалента, що підкреслює його роль у кліматичній політиці держави. У дослідженнях Poorter et al. [52] та Ruiz-Benito et al. [57] показано, що різноманіття деревних видів підвищує здатність екосистем зберігати вуглець, оскільки мішані насадження ефективніше використовують ресурси.

З екологічної точки зору біотична продуктивність забезпечує виконання лісами таких функцій, як регуляція гідрологічного режиму, протиерозійний захист, формування мікроклімату і підтримання біорізноманіття [42, 33]. У роботах українських авторів наголошується, що дубові та соснові насадження Лісостепу, завдяки високій продуктивності, здатні стабілізувати агроландшафти і зменшувати ризики деградаційних процесів [11, 2].

Методи оцінювання біотичної продуктивності умовно поділяються на традиційні таксаційні та сучасні інтегровані. Традиційні базуються на вимірюванні діаметрів, висот, густоти деревостану з подальшим використанням нормативів для розрахунку запасів і приросту [7, 39]. Алометричні рівняння дозволяють з високою точністю обчислювати біомасу за таксаційними показниками [40]. Сучасні підходи інтегрують дистанційне зондування Землі, моделювання та геоінформаційні технології [37].

У глобальній науці активно розвивається підхід *diversity–productivity* [62]. Він показує, що продуктивність зростає при збільшенні різноманіття видів завдяки ефектам комплементарності та домінування функціонально значущих порід [21, 22]. У лісах України це підтверджується вищою продуктивністю мішаних дубово-соснових насаджень у порівнянні з чистими культурами [11].

Антропогенні фактори, зокрема рубки та інтенсивність господарювання, суттєво впливають на продуктивність. Дослідження de Avila et al. [30] вказують, що інтенсивність порушення є сильнішим чинником відновлення біомаси, ніж склад залишкової спільноти. Подібні висновки для українських умов зробив Лакида П.І. [9], який показав, що своєчасні догляди й типологічно обґрунтоване ведення господарства підвищують прирости дуба та сосни. Водночас ігнорування заходів призводить до зниження стійкості й продуктивності.

Кліматичні зміни створюють нові виклики. Підвищення середніх температур, зростання частоти посух і екстремальних погодних явищ можуть знижувати приріст і змінювати структуру лісів [59]. Відповіддю на ці виклики є селекція стійких форм, запровадження мішаних культур, моніторинг стану насаджень і використання інноваційних технологій відновлення [19].

З практичного боку оцінка біотичної продуктивності використовується для:

- обґрунтування допустимого рівня лісокористування, щоб вирубки не перевищували приросту;
- прогнозування запасів і планування лісогосподарських заходів;
- розробки кліматичних стратегій та звітності за міжнародними вимогами.

В Україні у цій сфері працюють школи НУБіП та УкрНДІЛГА. Лакида П.І. [7, 10], Білоус А.М. [1], Дубровець Б.В. [4], Мельник О.М. [13] та інші дослідники створили базу нормативів і моделей для оцінки фітомаси різних типів лісів. Їхні праці широко використовуються при лісовпорядкуванні, інвентаризації та міжнародній звітності. У світовій літературі важливий внесок зробили Cardinale et al. [23], Forrester & Vauhus [35], Ali [16], Poorter et al. [52], які сформувавши сучасне уявлення про механізми формування продуктивності.

Отже, біотична продуктивність лісів – це ключовий індикатор їхнього екологічного стану й основа для сталого господарювання. Вона інтегрує структурні, функціональні й динамічні характеристики лісових екосистем, визначає їхню роль у глобальному балансі вуглецю й впливає на соціально-економічний розвиток регіонів. Для України дослідження продуктивності дубово-соснових лісів Лісостепу має не лише наукове, а й прикладне значення, адже ці насадження формують основу лісового фонду й водночас є найбільш уразливими до кліматичних змін.

1.2. Дослідження біотичної продуктивності лісів в Україні

Дослідження біотичної продуктивності лісів в Україні має давню наукову традицію, яка бере початок із розвитку лісівничої типології. Ще у працях П.С. Погребняка [14] було чітко обґрунтовано зв'язок продуктивності деревостанів із трофністю та зволоженням еда топів. Його система лісотипології, що поділяла насадження за відношенням до ґрунтово-гідрологічних умов, стала

фундаментом для оцінки потенціалу росту й формування фітомаси. Подальші праці С.А. Генсірука [2] розвинули ці положення, особливо в частині оцінки продуктивності дібров і соснових борів у Лісостепу та на Поліссі. Обидва вчені підкреслювали, що рівень продуктивності визначається поєднанням природних умов та інтенсивністю ведення господарства, а не лише породним складом.

Важливим етапом розвитку досліджень стала поява робіт, присвячених кількісній оцінці компонентів фітомаси. Серед українських дослідників провідну роль відіграв Лакида П.І., який [10] створив нормативи для визначення надземної та підземної фітомаси головних порід. Завдяки цим матеріалам стало можливим перераховувати традиційні таксаційні показники – запас деревини та приріст – у біомасу й вуглецеві запаси. Його праці мали фундаментальне значення, адже дозволили перейти від лісогосподарських характеристик до екологічних і кліматичних оцінок.

У співпраці з А. З. Швиденком, Д. Г. Щепашенком та Р. Д. Васишишим [15, 59] було створено інтегровану базу даних про запаси фітомаси й вуглецю в лісах України та Східної Європи. Ці дослідження стали підґрунтям для включення України у міжнародні програми звітності з питань викидів та абсорбції парникових газів (IPCC, FRA). Зокрема, у монографії [59] доведено, що українські ліси здатні компенсувати значну частку антропогенних викидів CO₂, а їхня біотична продуктивність визначає баланс у національних кадастрах парникових газів.

У регіональному аспекті значний внесок зробили праці, присвячені оцінці продуктивності лісів Карпат, Полісся та Лісостепу. Лакида П.І. [9] детально проаналізував живу біомасу березових лісів Полісся; Лакида П.І., Бокоч В.В., Васишин Р.Д. і Терентьев А.Ю. [5] описали біопродуктивність карпатських лісів; Лакида П.І. та Сахарук Г.А. [12] дослідили продуктивність лісів Шацького НПП. Дубровець Б.В. [4] вивчала емпіричну базу для оцінки біопродуктивності в Голосіївському НПП. Мельник О.М. [13] аналізував продуктивність та екологічний потенціал лісів НПП «Прип'ять-Стохід». Усі ці роботи свідчать про

активний розвиток національної школи вивчення біотичної продуктивності, яка застосовує як класичні таксаційні методи, так і новітні моделі.

Особливу увагу приділяють оцінці продуктивності дубово-соснових насаджень, характерних для Лісостепу України. Білоус А.М., Лакида П.І. та Васишин Р.Д. [1] показали, що мішані насадження цих порід відзначаються підвищеною продуктивністю та стійкістю у порівнянні з чистими культурами. Це узгоджується з міжнародними результатами [23, 35], де підкреслюється роль різноманіття у підтриманні високих рівнів продуктивності.

Міжнародні дослідження активно інтегруються в український контекст. Вчені на основі глобальних даних довели переважання позитивного зв'язку між різноманіттям і продуктивністю лісів. Ali et al. [16-18] у тропічних регіонах підкреслили особливу роль великих дерев у формуванні запасів біомаси. Cheng et al. [25] та Kunz et al. [44] показали, що локальна структурна різноманітність дерев впливає на ефективність використання ресурсів і, відповідно, на біотичну продуктивність. Ці положення перегукуються з результатами українських дослідників, які наголошують на важливості змішаних насаджень і регулювання їхньої структури.

У практичному плані в Україні дослідження біопродуктивності мають подвійне значення. По-перше, вони забезпечують інформаційну основу для планування лісогосподарських заходів: від доглядів до розрахунку допустимих обсягів головного користування. По-друге, вони необхідні для міжнародної звітності й обґрунтування ролі лісів у кліматичній політиці. Лакида П.І. та Васишин Р.Д. [1] підкреслюють, що для України надзвичайно важливо інтегрувати ці дослідження у європейську кліматичну стратегію, оскільки ліси є одним із головних інструментів виконання міжнародних зобов'язань.

Розвиток сучасних методів оцінювання біотичної продуктивності в Україні відбувається у кількох напрямках. Один із них – це удосконалення алометричних моделей, які дають змогу на основі базових таксаційних показників (діаметр, висота, вік) обчислювати біомасу окремих дерев і насаджень. Лакида П.І. [7, 10], He et al. [40] та інші розробили системи рівнянь для основних деревних порід,

що стали основою для практичних розрахунків у лісовпорядкуванні. Це дозволяє не лише точніше оцінювати запаси, але й отримувати інформацію про вуглецеві баланси.

Інший напрям – інтеграція дистанційного зондування Землі. Завдяки використанню супутникових знімків високої роздільності (Sentinel, Landsat) та ортофотопланів створюються карти просторового розподілу біомаси [37, 55]. В Україні такі підходи застосовуються при інвентаризації лісів і дозволяють уточнювати дані польових обліків, що особливо важливо для великих площ Полісся та Карпат [15].

Значна увага приділяється моделюванню впливу кліматичних змін на біопродуктивність. Роботи Ashraf et al. [19] та Dai et al. [29] доводять, що підвищення температур і зміни режиму опадів можуть суттєво впливати на приріст і структуру насаджень. Українські дослідники [6] наголошують на необхідності врахування цих факторів при прогнозуванні стану лісів. У Лісостепу та на Поліссі особливу небезпеку становлять часті літні посухи й екстремальні погодні явища, які здатні знижувати прирости дуба й сосни.

Багато робіт присвячено оцінці біотичної продуктивності в національних природних парках та заповідниках. Лакида П.І. та Дубровець Б.В. [4] створили моделі перерахунку для Голосіївського НПП, які враховують як вікову, так і породну структуру. Мельник О.М. [13] у своїй дисертації описав біопродуктивність лісів НПП «Прип'ять–Стохід» і підкреслив їхню роль у підтриманні екологічної стабільності регіону. Ці дослідження демонструють, що оцінка продуктивності має не лише господарське, а й природоохоронне значення.

У Карпатах продуктивність визначається насамперед ялиновими та буковими насадженнями. Роботи Лакиди П.І., Бокоча В.В. та Василюшина Р.Д. [5] довели, що запас біомаси у цих лісах перевищує показники більшості рівнинних регіонів. Проте проблема полягає у вітровалах і шкідниках, які можуть знижувати продуктивність і порушувати баланс вуглецю. На Поліссі

значну увагу приділяють березовим та вільховим лісам [9], які часто розглядають як менш продуктивні, але екологічно важливі.

На рівні методології в Україні активно використовуються підходи *diversity–productivity* [21, 22]. Встановлено, що мішані насадження дуба та сосни у Лісостепу відзначаються вищим середнім приростом, ніж монокультури, а також мають більшу стійкість до кліматичних стресів [1]. Це узгоджується з міжнародними дослідженнями [35], де показано, що видове й структурне різноманіття є запорукою стабільності продуктивності.

Значна частина сучасних українських досліджень зосереджена на питаннях кліматичної політики. Лакида П.І. та Василюшин Р.Д. [15] підкреслюють, що результати оцінки біопродуктивності є необхідними для національних кадастрів парникових газів та для виконання зобов'язань України за Паризькою угодою. Відповідно, дослідження дубово-соснових насаджень Лісостепу, які становлять основу лісового фонду, мають стратегічне значення для міжнародних кліматичних переговорів.

Не менш важливим є використання біотичної продуктивності як індикатора сталого розвитку. Високопродуктивні ліси забезпечують не лише деревину, але й екосистемні послуги: рекреаційні, протиерозійні, гідрологічні [33, 42]. Українські дослідження [4, 11] доводять, що підтримання високого рівня продуктивності прямо пов'язане з поліпшенням якості життя населення, особливо у сільських громадах, де ліси є важливим соціально-економічним ресурсом.

Отже, сучасний стан досліджень біотичної продуктивності в Україні можна охарактеризувати як поєднання багатой традиції типологічних і таксаційних методів із новітніми досягненнями у сфері алометрії, дистанційного моніторингу та моделювання. Праці Лакиди, Швиденка, Василюшина, Білоуса, Дубровця, Мельника та інших авторів створили потужну базу для практичного застосування цих знань у господарстві та кліматичній політиці. З іншого боку, інтеграція результатів міжнародних досліджень дозволяє узагальнити

український досвід і зробити його частиною глобальної науки про біотичну продуктивність.

1.3. Міжнародний досвід дослідження біотичної продуктивності лісів

У світовій науці питання біотичної продуктивності лісів має багаторічну історію й розвивалося паралельно в лісівництві, екології та кліматології. Ще у 1970-1980-х роках класичні дослідження, зокрема Satoo [58], Matthews [46] та Protoporov [53], заклали основу для розуміння структури фітомаси та ролі лісів у глобальному біогеохімічному кругообігу. Однією з перших робіт міжнародного масштабу стала стаття Dixon et al. [31] у журналі Science, де було наведено оцінки запасів вуглецю в глобальних лісових екосистемах і показано, що ліси є ключовим депонентом у світовому вуглецевому циклі. Пізніше Houghton et al. [43] уточнили ці оцінки, наголосивши на важливості врахування динаміки землекористування.

Методологічний прорив у вивченні продуктивності відбувся завдяки розвитку концепції «більше видів – вища продуктивність». Tilman et al. [62] на експериментальних ділянках довели, що рослинні угруповання з більшою кількістю видів формують вищу біомасу. Loreau & Hector [67] запропонували розподіл ефекту різноманіття на механізми комплементарності й домінування. Подальші дослідження Cardinale et al. [23], Hooper et al. [42] підтвердили, що втрата біорізноманіття є настільки ж небезпечним фактором, як кліматичні зміни чи антропогенний тиск.

У лісовій науці ці положення отримали розвиток у працях Forrester & Bauhus [35], які узагальнили процеси, що лежать в основі взаємозв'язку різноманіття й продуктивності у деревостанах. Вони довели, що мішані ліси завдяки різниці у формі крон, кореневих системах і фенології краще використовують ресурси середовища, а отже – формують вищу біотичну продуктивність. Подібні висновки зробили Roorter et al. [52], які на прикладі тропічних лісів показали, що різноманіття підсилює акумуляцію вуглецю.

Паралельно активно розвивався напрям алометричного моделювання. Gillespie [39], Helgerson [41], Smolyanov [60] і пізніше He et al. [40] запропонували рівняння для визначення компонентів біомаси залежно від діаметра та висоти дерев. Це дозволило перейти від загальних оцінок запасів деревини до точних розрахунків біомаси, у тому числі підземної. Сучасні дослідження Yuan et al. [67] підтвердили ефективність цього підходу для помірних і бореальних лісів.

Не менш важливим етапом стала інтеграція дистанційного зондування Землі. Fowler [37] показав можливості супутникового моніторингу для оцінки біопродуктивності в Канаді. Randolph et al. [55] підкреслили значення врахування людського фактора в оцінках екосистемних послуг. Пізніше вчені створили баланс вуглецю Європи за період 2001-2005 рр., поєднавши інвентаризаційні дані з супутниковими. Це дало змогу враховувати просторову динаміку продуктивності в масштабах континенту.

Особливу увагу міжнародна наука приділяє аналізу структурних характеристик насаджень. Weiner & Thomas [65] ще у 1980-х роках наголосили, що нерівність за розміром між особинами може суттєво впливати на рівень конкуренції й прирости. Пізніше Cordonnier & Kunstler [20] запропонували застосування індексу Джині для оцінки асиметричної конкуренції. Bourdier et al. [20] підтвердили, що надмірна нерівномірність знижує продуктивність десяти основних європейських порід. Zhang & Chen [40] також показали, що структурна різноманітність пов'язана з рівнем надземної біомаси.

В останні роки значна кількість досліджень зосереджена на тропічних і субтропічних лісах. Ali et al. [16-18] у серії робіт показали, що у тропічних екосистемах вирішальну роль у формуванні запасів відіграють великі дерева. Chiang et al. [26], Chen et al. [24], Fortunel et al. [36] наголошували на значенні просторової комплементарності сусідніх дерев.

Дослідження біотичної продуктивності в бореальних і помірних лісах мають свою специфіку. У цих регіонах основними породами є сосна, ялина, ялиця, бук і дуб, які характеризуються різними стратегіями росту й алокації

ресурсів. Wu et al. [66] встановили, що у Китаї біомаса найбільше корелює з висотою лісу, тоді як у Північній Америці більше значення має структурна різноманітність. Yuan et al. [67] показали, що продуктивність помірних лісів визначається як біотичними факторами (видове багатство, вікова структура), так і абіотичними (грунти, клімат).

Європейські дослідження останніх десятиліть підкреслюють роль функціональних ознак дерев у формуванні біомаси. Ratcliffe et al. [56] проаналізували дані з багатьох країн Європи та довели, що функціональне різноманіття впливає на продуктивність не менше, ніж видовий склад. Ruiz-Benito et al. [56] показали, що в іспанських лісах багатство видів сприяє вищому запасу вуглецю. Pach & Podlaski [51] порівнювали керовані й некеровані ліси Центральної Європи та довели, що активне ведення господарства не завжди знижує біотичну продуктивність, а навпаки – може її стабілізувати.

Зростання ролі кліматичних змін зумовило появу численних моделей прогнозування. Ashraf et al. [19] запропонували новий підхід до моделювання росту й продуктивності лісів за умов зміни клімату. Dai et al. [29] аналізували можливості охорони природних лісів у Китаї, підкресливши необхідність посилення їхніх екологічних функцій. Liu et al. вивчали довгостроковий вплив заборони комерційних рубок у Китаї на продуктивність і біорізноманіття, показавши, що політичні рішення можуть суттєво змінювати динаміку лісів.

Методи оцінки біопродуктивності також удосконалюються. Сучасні роботи активно поєднують дані інвентаризацій, алометричних моделей та дистанційного зондування. Kleisner et al. і Lloyd показали ефективність просторових статистичних моделей для опису автокореляції продуктивності. Qian & Jin [54] створили мегафілогенії рослин, які використовуються для аналізу зв'язків між еволюційною історією видів і їхньою роллю у формуванні продуктивності.

Особлива увага приділяється взаємозв'язку продуктивності та стійкості. McCann [47] підкреслив, що різноманітні системи є стабільнішими в довгостроковій перспективі. Duffy et al. [32] довели, що у природних умовах

ефекти різноманіття настільки ж сильні, як і інші ключові драйвери продуктивності. Muscarella et al. [48] вказали, що біотичні взаємодії дерев залежать від абіотичних умов, а отже – роль різноманіття змінюється вздовж екологічних градієнтів.

Міжнародний досвід також наголошує на важливості інтеграції господарських і природоохоронних завдань. Marini et al. [45] показали, що глобальна торгівля деревиною сприяє поширенню інвазійних шкідників, що може різко знижувати продуктивність лісів. Utkin [63] розробляв методи оцінки біологічної продуктивності на основі регресійних моделей, які враховували не лише таксаційні, а й екологічні параметри.

Для України міжнародний досвід є особливо важливим, адже він дозволяє порівняти продуктивність вітчизняних дібров і борів з аналогічними типами лісів Європи та світу. Роботи Poorter et al. [52], Ouyang et al. [50] демонструють, що поєднання біотичних і абіотичних факторів визначає динаміку продуктивності. Це підтверджується й у дослідженнях українських авторів [7, 15], які підкреслюють необхідність комплексного підходу – від таксаційних даних до супутникового моніторингу.

Таким чином, міжнародний досвід дослідження біотичної продуктивності лісів характеризується багатоплановістю та методологічним різноманіттям. Він охоплює класичні таксаційні методи, алометричні моделі, аналіз структурних характеристик, експерименти з біорізноманіттям і сучасні методи дистанційного моніторингу. Головним висновком є те, що продуктивність формується під впливом комплексу факторів – біотичних, абіотичних та антропогенних – і лише інтегрований підхід дає змогу її об'єктивно оцінити. Для України цей досвід є цінним орієнтиром у вдосконаленні національних методів оцінки, розвитку системи лісовпорядкування та формуванні кліматичної політики.

1.4. Методи оцінки біотичної продуктивності лісів

Оцінювання біотичної продуктивності лісів є складним завданням, яке поєднує таксаційні, біометричні, фізіолого-екологічні та математичні підходи. У світовій практиці сформувалися кілька груп методів, що застосовуються й в Україні.

Найдавнішими та найбільш поширеними у лісівництві залишаються традиційні таксаційні методи. Вони ґрунтуються на визначенні запасу деревини ($\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$) і приросту насаджень ($\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$) за допомогою обмірів деревостану: діаметра на висоті 1,3 м, висоти дерев, густоти насадження. Класичні праці П. С. Погребняка та його школи показали, що за класом бонітету й типом умов місцезростання можна прогнозувати потенційну продуктивність деревостанів. Такий підхід і сьогодні застосовується у матеріалах лісовпорядкування та національної інвентаризації лісів.

Із розвитком біометрії почали широко застосовуватися алометричні рівняння, що дозволяють перетворювати таксаційні дані у показники біомаси. Ці рівняння встановлюють залежності між діаметром, висотою, об'ємом стовбура та загальною фітомасою дерева або її компонентами (стовбур, гілки, листя, коріння). Для України системні нормативи таких рівнянь розробив П. І. Лакида (2002), який уперше створив узагальнені таблиці компонентів фітомаси головних лісотвірних порід. Використання цих моделей дозволяє обчислювати запаси вуглецю й оцінювати динаміку біотичної продуктивності з високою точністю.

Значний розвиток одержали також експериментальні фізіологічні методи, які визначають продуктивність через показники фотосинтезу, дихання і водного обміну. Ці підходи застосовуються переважно в дослідних ділянках і дають змогу отримати дані про валову та чисту первинну продукцію (GPP і NPP). Хоча вони малопридатні для масових інвентаризацій, результати таких досліджень важливі для калібрування моделей і перевірки непрямих оцінок.

В останні десятиліття у світовій та українській науці швидко поширилися методи дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). Використання супутникових

даних (MODIS, Landsat, Sentinel) дає змогу оцінювати індекси рослинності (NDVI, EVI) та на їхній основі моделювати біопродуктивність лісів на великих територіях. Роботи А. З. Швиденка, Д. Г. Щепаченка та їхніх колег показали, що інтеграція супутникових даних із наземними вимірюваннями дозволяє створювати карти біомаси й продуктивності лісів на рівні регіонів і навіть усієї України. Це особливо важливо для оцінювання просторової мінливості продуктивності в умовах кліматичних змін.

Сучасний напрям пов'язаний із використанням інтегрованих математичних моделей. До них належать біогеохімічні моделі (наприклад, Biome-BGC, EFISCEN), які враховують клімат, ґрунтові умови, вік насаджень і господарські втручання. Такі моделі дають змогу не лише обчислити сучасні показники продуктивності, а й прогнозувати їх у майбутньому. В українській практиці ці моделі поступово адаптуються для потреб національної інвентаризації лісів та підготовки кліматичних звітів.

Для надійності результатів вважається оптимальним поєднання кількох методів: наземні таксаційні вимірювання, алометричні моделі для обчислення фітомаси, дані ДЗЗ для оцінки просторової варіабельності, математичні моделі для прогнозів і сценарного аналізу. Такий підхід відповідає рекомендаціям Міжурядової групи експертів з питань зміни клімату (IPCC) і забезпечує комплексне уявлення про біотичну продуктивність лісів на різних рівнях – від окремого насадження до держави в цілому.

Таким чином, методи оцінки біотичної продуктивності лісів в Україні пройшли еволюцію від класичних таксаційних до інтегрованих біометричних і дистанційних підходів. Вони створюють основу для аналізу стану й динаміки дубово-соснових насаджень Лісостепу, зокрема у Корсунь-Шевченківському надлісництві, та для розробки рекомендацій щодо підвищення їхньої продуктивності й сталого використання.

1.5. Фактори, що впливають на біотичну продуктивність лісів

Біотична продуктивність лісів є результатом комплексної взаємодії природних та антропогенних чинників. Кожен із них визначає швидкість накопичення біомаси, якість деревини та екологічні функції насаджень. Вивчення цих факторів дає можливість зрозуміти закономірності росту деревостанів і сформувати практичні підходи до підвищення їх продуктивності.

Одним із провідних чинників є породний склад лісів. Дослідження показують, що деревні породи істотно різняться за здатністю до формування біомаси. Дуб звичайний (*Quercus robur* L.) формує високоякісну деревину та має тривалий життєвий цикл, проте відзначається відносно повільними темпами росту у молодому віці. Натомість сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.) характеризується швидким приростом у перші десятиліття, але меншою тривалістю життя і вразливістю до шкідників і пожеж. Мішані деревостани часто мають вищу стійкість і забезпечують стабільніший приріст, ніж чисті культури. Цей висновок підтверджено дослідженнями українських лісівників, зокрема П. І. Лакиди, які підкреслювали значення оптимального поєднання головних і супутніх порід у формуванні довготривало продуктивних насаджень.

Важливим фактором є вікова структура деревостанів. Молодняки мають високий поточний приріст, але відносно малий запас фітомаси. Середньовікові та пристигаючі насадження характеризуються максимальним середнім приростом, а стиглі ліси – найбільшими запасами біомаси при зниженні інтенсивності щорічного приросту. Як зазначав П. С. Погребняк [14], співвідношення вікових класів у лісовому фонді є одним із ключових критеріїв оцінки його продуктивності та стійкості.

Невід'ємним чинником є лісорослинні умови. Ґрунтово-гідрологічні характеристики, зокрема родючість і вологість, значною мірою визначають потенційну продуктивність насаджень. На чорноземах формуються високобонітетні діброви, тоді як на бідніших піщаних ґрунтах зростають соснові

культури середньої продуктивності. Гідрологічний режим, наявність балок і заплавних ділянок формує умови для вільхових і тополевих насаджень.

Вагомим регулятором продуктивності виступає клімат. Сума активних температур, тривалість вегетаційного періоду, кількість опадів і частота екстремальних явищ безпосередньо впливають на величину чистої первинної продукції. Дослідження С. А. Генсірука [2] показали, що навіть за достатньої родючості ґрунтів несприятливий кліматичний режим (посухи, високі літні температури) може істотно знизити продуктивність насаджень. В умовах сучасних кліматичних змін ця проблема стає ще актуальнішою для лісів Лісостепу.

Не менш важливим є антропогенний вплив та господарська діяльність. Регулярні рубки догляду, своєчасне проведення санітарних заходів, правильний добір порід для створення нових культур здатні суттєво підвищувати продуктивність. Натомість надмірні вирубки, фрагментація лісів, рекреаційне навантаження та забруднення довкілля призводять до зниження біопродуктивності та ослаблення лісових екосистем.

Серед інших факторів важливими є порушення природного середовища – пожежі, вітровали, пошкодження шкідниками і хворобами. Вони не лише зменшують запас біомаси, але й порушують вікову та просторову структуру лісів, що негативно відбивається на їх довготривалій продуктивності.

Таким чином, біотична продуктивність лісів є результатом дії комплексу природних і господарських чинників. Розуміння цих взаємозв'язків є основою для формування науково обґрунтованих заходів підвищення продуктивності дубово-соснових насаджень Корсунь-Шевченківського надлісництва та забезпечення їх стійкого розвитку в умовах сучасних екологічних викликів.

1.6. Актуальні виклики для підтримання біотичної продуктивності лісів

У сучасних умовах біотична продуктивність лісів перебуває під впливом комплексу глобальних і регіональних викликів, які формують нові завдання для лісівничої науки та практики. Одним із ключових факторів є зміна клімату. Для території Лісостепу України останні десятиліття характеризуються підвищенням середньорічної температури, збільшенням кількості днів із високими температурами та частішими посухами. Це призводить до зниження приросту у дубових і соснових насадженнях, погіршення водного режиму та підвищення вразливості лісів до шкідників і хвороб. За даними С. А. Генсірука [2] та сучасних кліматичних досліджень, навіть короточасні періоди літньої аридизації можуть суттєво знижувати чисту первинну продукцію лісів.

Другим викликом є зростаюче антропогенне навантаження. Фрагментація лісів через сільськогосподарське освоєння територій, будівництво доріг і розширення населених пунктів призводить до зменшення площі суцільних масивів і погіршення їх екологічної стійкості. Локальні вирубки без урахування природного відновлення знижують біопродуктивність і порушують вікову структуру лісів. Високий рівень рекреаційного використання (туризм, збір грибів і ягід, відпочинок на природі) також негативно впливає на стан підросту й ґрунтовий покрив, що у довгостроковій перспективі відображається на продуктивності насаджень.

Важливим аспектом є біотичні загрози – поширення шкідників і хвороб. Масові спалахи короїдів, шовкопряда та інших фітофагів, які посилюються через ослаблення дерев під впливом кліматичних стресів, можуть призводити до втрати значних обсягів біомаси. Такі явища відзначаються у соснових культурах північного Лісостепу й особливо небезпечні через здатність швидко охоплювати великі площі.

Ще одним викликом є пожежна небезпека. Зростання температури та зниження вологості в літній період формують умови для частішого виникнення

лісових пожеж, особливо у хвойних культурах. Пожежі не лише миттєво знищують значні обсяги біомаси, але й змінюють довгострокові траєкторії розвитку насаджень, знижуючи їхню біотичну продуктивність протягом десятиліть.

Значного значення набувають і міжнародні кліматичні зобов'язання України, зокрема участь у Паризькій кліматичній угоді. У цьому контексті ліси розглядаються як ключові депоненти вуглецю, а їхня біотична продуктивність стає не лише внутрішнім показником сталого розвитку, а й важливим елементом міжнародної кліматичної політики. Підвищення продуктивності та стійкості лісів безпосередньо впливає на виконання національно визначених внесків України у скорочення викидів парникових газів.

Таким чином, основними викликами для підтримання біотичної продуктивності лісів України є зміни клімату, зростання антропогенного навантаження, поширення шкідників і хвороб, підвищення пожежної небезпеки та необхідність виконання міжнародних кліматичних зобов'язань. Подолання цих загроз потребує поєднання класичних лісівничих підходів (типологічно обґрунтоване ведення господарства, своєчасні рубки догляду, створення мішаних культур) із сучасними інноваційними інструментами – моніторингом стану лісів на основі дистанційного зондування, використанням адаптивних моделей розвитку деревостанів і інтеграцією екосистемних послуг у систему управління лісами.

Висновки до розділу 1

Проведений огляд літератури свідчить, що біотична продуктивність лісів є інтегральною характеристикою, яка поєднує показники запасів деревини, приросту, структури фітомаси та вуглецевих потоків. Її оцінювання базується як на класичних лісівничих підходах, закладених у працях П. С. Погребняка, так і на сучасних біометричних та екологічних дослідженнях. Українські вчені, зокрема С. А. Генсірук, П. І. Лакида, А. З. Швиденко, Д. Г. Щепашенко, Р. Д.

Василишин, В. М. Ловинська та інші, зробили вагомий внесок у розвиток теорії та методики аналізу продуктивності лісів, запропонували нормативи компонентів фітомаси, моделі біопродуктивності та інтегровані просторові підходи до її оцінки.

Розглянуті методи оцінки – від традиційних таксаційних до сучасних моделей і дистанційного зондування – доводять необхідність поєднання різних підходів для отримання комплексного уявлення про біотичну продуктивність на рівні окремого насадження, регіону чи країни. Аналіз факторів показав, що на продуктивність істотно впливають породний склад, вікова структура, лісорослинні умови та клімат, тоді як антропогенний вплив і біотичні порушення здатні як підвищувати, так і знижувати її рівень залежно від характеру заходів.

Сучасні виклики, серед яких зміни клімату, посилення антропогенного навантаження, зростання пожежної небезпеки й поширення шкідників, роблять проблему підтримання високої біотичної продуктивності особливо актуальною. Водночас інтеграція екосистемних функцій лісів у національні кліматичні стратегії підкреслює їхню вагомість у глобальному контексті.

Отже, узагальнення наукових підходів та практичного досвіду дозволяє зробити висновок, що забезпечення і підвищення біотичної продуктивності лісів в Україні можливе лише за умови комплексного застосування типологічних принципів, сучасних біометричних моделей, адаптивних лісівничих заходів та інноваційних технологій моніторингу. Це створює надійну основу для сталого ведення лісового господарства та реалізації міжнародних кліматичних зобов'язань.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ ТА МАТЕРІАЛИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Об'єкт, матеріали та підходи до дослідження біотичної продуктивності лісів

Об'єктом дослідження виступають ліси Корсунь-Шевченківського надлісництва філії «Центральний лісовий офіс» ДП «Ліси України». Це одне з найбільших і найбільш репрезентативних надлісництв Черкаської області, яке займає територію понад 66 тис. га та об'єднує п'ятнадцять лісництв. Географічно воно розташоване у північно-західній частині області, в межах Лісостепової зони, що забезпечує значне різноманіття лісорослинних умов та формування цінних дубово-соснових деревостанів. Територія включає землі Черкаського та Звенигородського районів і характеризується поєднанням рівнинного рельєфу з окремими підвищеннями, які створюють сприятливі умови для різноманітних типів лісу.

Основу лісового фонду становлять дубово-соснові насадження, які формуються на сірих та темно-сірих лісових ґрунтах, а також на чорноземах у пониженнях рельєфу. Ці насадження мають як високе господарське значення (через продукцію ділової деревини), так і важливу екологічну функцію – стабілізують агроландшапти, забезпечують депонування вуглецю та виконують рекреаційну роль. Саме дубові й соснові ліси були обрані предметом дослідження, адже вони є типовими для Лісостепу та найбільш показово відображають закономірності формування біотичної продуктивності в умовах регіону.

Матеріальною базою дослідження стали, передусім, матеріали базового лісовпорядкування, проведеного ВО «Укрдержліспроект». Ці матеріали є офіційними і містять повну таксаційну характеристику лісового фонду: площу насаджень, їх склад, вік, середні таксаційні показники (діаметр, висота), запас деревини на гектар, клас бонітету, повноту та інші ознаки. На їхній основі проводяться як облікові, так і наукові оцінки продуктивності. Особливість

даного джерела полягає у високій репрезентативності та охопленні всієї території надлісництва, що робить його базовим для аналізу біотичної продуктивності.

Крім матеріалів базового лісовпорядкування, використовувалися щорічні таксаційні дані лісництв, що дають можливість простежувати зміни у структурі та складі насаджень протягом міжревізійного періоду. Такі дані особливо цінні для оцінки приросту, динаміки вікової структури та своєчасного реагування на негативні чинники (пошкодження шкідниками, вітровали, пожежі). У дослідженні також враховувалися методичні матеріали ДП «Ліси України», які регламентують порядок ведення лісового господарства, проведення доглядових і відновних рубок, оцінку запасів та фітомаси.

Важливою складовою інформаційної бази є наукові праці українських вчених – П. І. Лакиди, Р. Д. Василюшина, А. З. Швиденка, які розробили нормативи та алометричні моделі для визначення компонентів біомаси й вуглецевих запасів. Роботи Лакиди містять узагальнені таблиці та рівняння для дуба звичайного, сосни звичайної та інших головних порід, що дозволяє на основі таксаційних даних обчислювати надземну та підземну фітомасу. Швиденко і співавтори інтегрували ці дані у ширший контекст кліматичних досліджень, підкреслюючи роль українських лісів у балансі парникових газів.

Методично дослідження ґрунтувалося на поєднанні класичних лісівничих і сучасних біометричних підходів. Традиційні таксаційні методи дозволяють описати деревостан за його кількісними характеристиками, проте для оцінки біотичної продуктивності цього недостатньо. Тому в роботі застосовувалися алометричні рівняння, що встановлюють залежності між діаметром і висотою дерев та їхньою біомасою. Використання цих моделей дозволяє переходити від запасу деревини у кубічних метрах до маси біомаси у тоннах на гектар, а далі – до оцінки вуглецевих запасів.

Особливу увагу приділяли компонентному складу біомаси: стовбур, гілки, листя (або хвоя), кора, коріння. Такий розподіл є принципово важливим, адже різні компоненти по-різному впливають на біотичну продуктивність і екологічні

функції лісів. Наприклад, стовбурова маса визначає господарську цінність насаджень, тоді як коренева система забезпечує стійкість екосистем до посух і ерозії. Врахування цього розподілу дозволяє отримати об'єктивнішу оцінку продуктивності та ролі насаджень у депонуванні вуглецю.

Додатковими матеріалами дослідження стали нормативно-довідкові документи, які регламентують методику проведення лісовпорядкування та оцінки біопродуктивності. Зокрема, це «Лісотаксаційний довідник», «Методичні вказівки з відведення і таксації лісосік, видачі лісорубних квитків та огляду місць заготівлі деревини». Також використовувались «Робочі правила з проведення вибіркового методів таксації деревостанів під час лісовпорядкування», які дозволяють оцінювати біопродуктивність без суцільного обміру, а на основі репрезентативних пробних площ. Усі ці документи закладають методичну основу для переведення таксаційних даних у показники біотичної продуктивності та гарантують їхню достовірність.

Застосування сучасних біометричних моделей у поєднанні з традиційними методами таксації дозволило сформувавши цілісний підхід до оцінки біотичної продуктивності. Алгоритм дослідження включав кілька послідовних етапів:

- збір вихідних даних про структуру насаджень за матеріалами лісовпорядкування;
- розрахунок запасів деревини на гектар і їхня верифікація за щорічними матеріалами таксацій;
- переведення запасів у масу стовбурової деревини за допомогою коефіцієнтів густини деревини;
- визначення загальної надземної фітомаси з використанням коефіцієнтів розширення (BEF), що враховують масу гілок, кори та листя;
- розрахунок підземної фітомаси шляхом застосування співвідношення коренева/надземна біомаса, яке різниться для твердолистяних і хвойних порід;

- отримання сумарної фітомаси та її переведення у вуглецевий еквівалент із застосуванням стандартного коефіцієнта (0,5 для сухої органічної маси).

Застосування цих методів дало змогу отримати комплексні оцінки продуктивності лісів. Оскільки дубові й соснові деревостани відіграють ключову роль у формуванні лісового покриву Корсунь-Шевченківського надлісництва, акцент у дослідженні було зроблено саме на них. Такий підхід відповідає і міжнародній практиці: у роботах Ali, Cardinale et al., Forrester & Bauhus наголошується, що аналіз біопродуктивності має зосереджуватися на домінуючих породах, які визначають основні біогеоценологічні процеси.

При проведенні дослідження враховувалися також екологічні фактори, які опосередковано впливають на біотичну продуктивність. До них відносяться лісорослинні умови (тип ґрунту, ступінь зволоження), кліматичні характеристики (кількість опадів, температура вегетаційного періоду, ймовірність пізніх весняних або ранніх осінніх заморозків), а також антропогенні впливи (санітарні рубки, лісові пожежі, рекреаційне навантаження). Поєднання цих чинників визначає як середній рівень продуктивності, так і стійкість насаджень до змін довкілля.

Загалом, підхід до дослідження базувався на поєднанні кількох рівнів аналізу. На першому рівні здійснювалась оцінка таксаційних характеристик насаджень, на другому – їхнє перетворення у показники фітомаси та вуглецевих запасів, а на третьому – узагальнення результатів за окремими лісництвами й надлісництвом у цілому. Це дозволило сформувати повну картину біотичної продуктивності та надати кількісні характеристики як на локальному, так і на регіональному рівнях.

Таким чином, матеріали і методи, використані у дослідженні, забезпечують комплексність оцінки та дозволяють об'єктивно визначити рівень біотичної продуктивності дубово-соснових насаджень Корсунь-Шевченківського надлісництва. Поєднання традиційних таксаційних даних,

нормативних моделей і сучасних наукових підходів створює надійне підґрунтя для подальшого аналізу динаміки продуктивності та її екологічного значення.

2.2. Метод збору експериментальних даних і алгоритм обчислення фітомаси деревостанів

Оцінювання біотичної продуктивності дубово-соснових насаджень Корсунь-Шевченківського надлісництва проводилося на основі поєднання класичних таксаційних матеріалів і сучасних біометричних методів. Головним джерелом вихідної інформації стали матеріали базового лісовпорядкування, які охоплюють усі квартали і виділи надлісництва та містять комплексні дані про лісовий фонд. Для кожного виділу використовувалися такі показники: площа, склад насадження (за участю головних і супутніх порід), середній діаметр і висота дерев, клас віку, клас бонітету, повнота та запас деревини на гектар. Ці характеристики забезпечують достатній рівень деталізації для переходу від таксаційних обсягів деревини до кількісних оцінок біомаси.

Збір і систематизація вихідної інформації здійснювалися у кілька етапів. Спершу дані таксації були приведені до уніфікованого формату, що дозволило уникнути розбіжностей між різними лісництвами. Далі проводилася перевірка повноти даних, а також виявлення можливих помилок (наприклад, невідповідність віку дерев їх середнім розмірам або різке відхилення запасів від середніх по класу бонітету). За потреби проводилися уточнення на основі щорічних таксаційних матеріалів лісництв.

Наступним етапом стало застосування нормативів фітомаси. Для дуба звичайного та сосни звичайної використовувалися алометричні рівняння та коефіцієнти перерахунку, розроблені у працях П. І. Лакиди та його наукової школи. Ці нормативи враховують особливості біометричних параметрів головних порід і дозволяють з достатньою точністю визначати масу окремих компонентів дерева – стовбура, кори, гілок, листя (або хвої) та коріння. Особливістю підходу є можливість отримати оцінки не лише для надземної

частини фітомаси, але й для підземної, що має принципове значення для оцінки загальної біопродуктивності та вуглецевих запасів.

Процедура розрахунку фітомаси деревостанів базувалася на поетапному алгоритмі. Спершу визначався обсяг стовбурової деревини на гектар для кожного виділу. Потім він переводився у масу стовбурової біомаси шляхом множення на середню густину деревини відповідної породи. Наступним кроком було застосування коефіцієнтів перерахунку, які враховують частку гілок, кори та листя. Це дало змогу визначити надземну фітомасу деревостанів. Далі для отримання повної картини до надземної маси додавалася підземна, яка обчислювалася на основі співвідношення «коріння/надземна маса», запропонованого у працях Лакиди П.І. та Швиденка А.З. У результаті розраховувалась сумарна фітомаса насаджень у тоннах на гектар.

Окрім визначення загальної біомаси, важливим завданням було її компонентне структурування. Поділ на стовбур, гілки, листя та коріння дозволяє оцінювати не лише господарську цінність насаджень, а й екологічні функції. Наприклад, значна частка листяної маси свідчить про високу роль насаджень у щорічному кругообігу органічної речовини, тоді як потужна коренева система забезпечує фіксацію ґрунтів і підвищує стійкість до кліматичних стресів.

Таким чином, у першій частині методики визначено послідовність збору вихідних даних і їх підготовку до розрахунків. Наступний крок – безпосередній опис алгоритму обчислень і способів переведення фітомаси у показники чистої первинної продукції та депонування вуглецю, що розглядається у другій частині підрозділу.

Алгоритм розрахунків біотичної продуктивності дубово-соснових насаджень складався з послідовних етапів, які дозволили отримати як абсолютні, так і відносні показники біомаси.

Запаси деревини, подані в матеріалах лісовпорядкування у $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, переводилися у масу за допомогою показників середньої густини деревини (ρ , $\text{т} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$), що є видовоспецифічними. Для дуба звичайного густина становить у

середньому $0,64 \text{ т} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$, для сосни звичайної – $0,50 \text{ т} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$. Таким чином, отримували масу стовбурової деревини на гектар.

Для переведення стовбурової маси у повну надземну фітомасу застосовувалися коефіцієнти розширення біомаси (BEF). Вони враховують додаткову масу кори, гілок і листя (хвої). Наприклад, для дуба у середньому BEF становить 1,25-1,30, для сосни – 1,15-1,20. Отримане значення відображає сумарну надземну біомасу насаджень.

Маса кореневої системи визначалася за співвідношенням «коріння/надземна маса» (R). Для твердолистяних порід цей коефіцієнт становить у середньому 0,25, для хвойних – 0,20. Додавання підземної маси до надземної давало значення загальної фітомаси ($\text{т} \cdot \text{га}^{-1}$).

Отримана загальна фітомаса представляє собою інтегральний показник біотичної продуктивності. Для кожного виділу проводився розподіл за компонентами: стовбур, гілки, листя/хвоя, кора та корені. Це дозволяло оцінити не лише загальні запаси органічної речовини, а й функціональну структуру біопродуктивності.

Для оцінки кліматорегулювальної ролі лісів фітомасу переводили у вуглецеві запаси. Використовувався середній коефіцієнт вмісту вуглецю у сухій органічній речовині, що становить 0,50. Таким чином, половина маси фітомаси вважається запасом вуглецю (т С/га).

Для визначення динамічних характеристик використовувався показник середньорічного приросту біомаси. Його обчислювали шляхом множення середньорічного приросту запасу деревини ($\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}$), поданого у матеріалах таксації, на густину деревини, BEF і коефіцієнт кореневої маси. Таким чином, розраховували щорічний приріст біомаси у тоннах на гектар, що є наближеним еквівалентом чистої первинної продукції деревної частини екосистеми.

Оцінки, отримані на рівні виділів, агрегувалися у межах кварталів, далі – лісництв і, зрештою, для всього надлісництва. Такий підхід дозволив не лише виявити різницю між окремими насадженнями, а й оцінити загальний рівень біотичної продуктивності для регіону.

Застосування наведеного алгоритму забезпечило можливість комплексної оцінки біотичної продуктивності дубово-соснових лісів Корсунь-Шевченківського надлісництва. Завдяки використанню перевірених нормативних моделей, адаптованих до умов України, результати є надійними і можуть використовуватися як для наукових узагальнень, так і для практичного планування лісогосподарських заходів, зокрема – прогнозування запасів вуглецю та оцінки потенціалу лісів у контексті змін клімату.

2.3. Методи математичної та статистичної обробки даних

Для забезпечення достовірності оцінювання біотичної продуктивності насаджень Корсунь-Шевченківського надлісництва застосовувався комплекс математичних і статистичних методів обробки даних. Вони дозволили узагальнити результати таксаційних вимірювань, нормативних розрахунків і оцінок фітомаси, а також виявити закономірності просторової та вікової динаміки деревостанів.

Першим етапом обробки було визначення середніх величин для кожного з аналізованих показників (запасу деревини, фітомаси, приросту). Середнє арифметичне використовувалося для характеристики середнього рівня біотичної продуктивності у виділах та лісництвах. Для перевірки точності середніх розраховувалося середнє квадратичне відхилення та коефіцієнт варіації, що дозволяло оцінити ступінь мінливості показників у межах досліджуваної території.

Другим етапом стала оцінка динаміки. На основі вікових рядів насаджень будувалися криві залежності запасу та фітомаси від віку. Для цього використовувалися методи регресійного аналізу (лінійні та поліноміальні моделі), що дали змогу виявити характерні фази росту дубових та соснових насаджень і визначити періоди максимального середнього та поточного приросту.

Для порівняння показників між різними групами насаджень (дубові, соснові, мішані) застосовувалися методи дисперсійного аналізу. Це дозволило встановити статистично значущі відмінності у рівні біотичної продуктивності залежно від породного складу та лісорослинних умов.

У випадках, коли необхідно було оцінити взаємозв'язки між показниками (наприклад, між запасом деревини та загальною фітомасою або між фітомасою і віком насадження), використовувалися коефіцієнти кореляції Пірсона. Це дало можливість виявити силу та напрямок взаємозалежностей, важливих для прогнозування продуктивності насаджень.

Для обробки даних застосовувалися програмне середовище MS Excel. Таким чином, використання математичних і статистичних методів дозволило не лише отримати середні оцінки біотичної продуктивності насаджень, а й проаналізувати варіабельність показників, виявити закономірності їхньої динаміки та підтвердити статистичну значущість відмінностей між різними типами насаджень. Це створює надійну основу для подальших розрахунків і обґрунтованих висновків щодо продуктивності дубово-соснових лісів досліджуваної території.

Висновки до розділу 2

Проведене дослідження методів і матеріалів дозволило сформувати цілісну методичну базу для оцінювання біотичної продуктивності лісів Корсунь-Шевченківського надлісництва. Встановлено, що об'єктивність результатів забезпечується комплексним підходом, який поєднує використання матеріалів лісовпорядкування, таксаційних даних, нормативів фітомаси та сучасних моделей. Застосування алометричних рівнянь і коефіцієнтів перерахунку дає змогу не лише визначати структуру надземної та підземної біомаси деревостанів, а й оцінювати їхній внесок у накопичення вуглецю.

Важливим результатом стало використання алгоритму розрахунків, що враховує запас деревини, густину порід, співвідношення органів рослин та

середньорічний приріст біомаси. Це дозволяє перейти від традиційних облікових показників до кількісної оцінки біотичної продуктивності та чистої первинної продукції.

Застосування статистичних методів аналізу забезпечило достовірність висновків і дало можливість виявити закономірності варіацій продуктивності залежно від віку, складу й типу насаджень. Кореляційний та регресійний аналізи дозволили простежити взаємозв'язки між запасами деревини та фітомасою, що є підґрунтям для прогнозування розвитку деревостанів.

Отже, розроблена методика дослідження забезпечує комплексну та науково обґрунтовану оцінку біотичної продуктивності дубово-соснових лісів Лісостепу, створює передумови для аналізу динаміки їхнього стану та визначення шляхів підвищення стійкості й екологічної ролі насаджень у сучасних умовах.

РОЗДІЛ 3

СТИСЛА ХАРАКТЕРИСТИКА ОРГАНІЗАЦІІ ТЕРИТОРІЇ І ЛІСОРОСЛИННИХ УМОВ

3.1. Місцезнаходження і площа

Корсунь-Шевченківське надлісництво, розташовано в північній частині Черкаської області на території Черкаського та Звенигородського районів.

Поштова адреса: 19402, м. Корсунь-Шевченківський, вул. Уколова, 3, Черкаської області (рис. 3.1).

Таблиця 3.1

Адміністративно-організаційна структура та загальна площа

Найменування лісництв, місцезнаходження контор	Адміністративні райони	Площа, га
Бучацьке	Черкаський	6896,0
Виграївське	Звенигородський	3615,5
Канівське	Черкаський	6298,0
Квітчанське	Звенигородський	2918,4
Корсунське	Звенигородський, Черкаський	5004,4
Кумейківське	Черкаський	3280,4
Лисянське	Звенигородський	4601,1
Михайлівське	Черкаський	4549,0
Софіївське	Черкаський	3391,0
Стеблівське	Звенигородський	4069,9
Степанецьке	Черкаський	5159,0
Таганчанське	Черкаський	7534,8
Шевченківське	Звенигородський	3836,1
Яблунівське	Звенигородський	2420,1
Яснозірське	Черкаський	3343,0
Всього по надлісництву	—	66916,7



Рис. 3.1. Адміністративна будівля Корсунь-Шевченківського надлісництва філії «Центральний лісовий офіс» ДП «Ліси України»

3.2. Організація території. Обсяг і характер виконаних лісовпорядних робіт

З метою отримання узагальненої характеристики лісового фонду Корсунь-Шевченківського надлісництва були систематизовані основні таксаційні та лісовпорядні показники. Вони відображають загальну площу земель, кількість кварталів та виділів, середні розміри таксаційних одиниць, а також обсяг виготовлених планшетів. Ці дані є базою для проведення подальшого аналізу та подані у табл 3.2.

Основні показники проведеного лісовпорядкування

Показники	Одиниці вимірювання	Обсяги
1.Площа лісовпорядкування	га	66916,7
в. т .ч. з використанням ортофотопланів	га	66916,7
2.Кількість кварталів	шт.	1268
3.Площа кварталів:		
–максимальна	га	245,0
– середня	га	52,8
–мінімальна	га	1,4
4.Кількість таксаційних виділів	шт.	20798
5.Середня площа таксаційного виділу	га	3,2
6. Виготовлено планшетів	шт.	48

Геодезичною основою для складання лісовпорядних планшетів Корсунь-Шевченківського надлісництва слугували планшети попереднього лісовпорядкування та ортофотоплани масштабу 1:10000, підготовлені під час проведення базових робіт у 2013 році. При цьому використовувалися правовстановлюючі документи на право постійного користування земельними ділянками, матеріали землеустрою та дані про межі природоохоронних територій, розташованих у межах надлісництва.

Таксація деревостанів проводилась комбінованим методом, що поєднував окомірно-вимірювальний підхід із вибірковими переліковими та вимірювальними обліками. Така методика дала можливість уточнити запас деревини, структуру насаджень, повноту та інші таксаційні характеристики. Додатково використовувались таблиці сум площ поперечних перерізів і запасів деревостанів, що забезпечило коректність визначення таксаційних показників у різновікових насадженнях.

За результатами проведеного лісовпорядкування загальна площа лісів надлісництва становить 66,9 тис. га. У порівнянні з попереднім ревізійним періодом відбулися зміни, пов'язані з уточненням меж, перерозподілом земель

між користувачами та включенням окремих ділянок до державного лісового фонду. Узагальнені дані про зміни площі відображено у табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Зміна площі за ревізійний період

Найменування лісництв	Площа в га за даними		
	теперішнього лісовпорядкування	попереднього лісовпорядкування	земельного балансу станом на 01.01.2021 р.
Бучацьке	6896,0	6896,0	6896,0
Виграївське	3615,5	3561,6	3536,0
Канівське	6298,0	6270,0	6298,0
Квітчанське	2918,4	2886,5	2869,1
Корсунське	5004,4	5066,0	5048,3
Кумейківське	3280,4	3291,8	3280,4
Лисянське	4601,1	4391,8	4581,1
Михайлівське	4549,0	4592,0	4549,0
Софіївське	3391,0	3391,0	3391,0
Стеблівське	4069,9	4037,4	4174,8
Степанецьке	5159,0	5144,0	5109,8
Таганчанське	7534,8	7522,1	7138,0
Шевченківське	3836,1	3760,0	3836,1
Яблунівське	2420,1	2420,1	2471,0
Яснозірське	3343,0	3343,0	3343,0
Усього по підприємству:	66916,7	66573,3	66521,6

Упродовж минулого ревізійного періоду передавання чи приймання земельних ділянок не здійснювалось. Незначне збільшення загальної площі надлісництва на 343,4 га пов'язане з уточненням меж при підготовці проєктів землеустрою та проведенні перевірки правовстановлюючих документів.

Таксація лісового фонду виконувалася комплексним методом, який поєднував окомірну таксацію з вибірковими вимірвальними та переліковими обліками. Отримані дані використовувалися для складання повної таксаційної характеристики кожного виділу. Для уточнення запасів на гектар і визначення

відносних повнот застосовувалися стандартні таблиці обсягів деревостанів при повноті 1,0, розроблені у складі лісотаксаційних довідників.

Крім того, під час робіт використовувався широкий набір нормативно-методичних матеріалів, які регламентують порядок закладання пробних площ, відведення та таксації лісосік, облік і приймання лісокультурних об'єктів, а також проведення вибіркового методу обстеження насаджень. Значна увага приділялася й оцінці рекреаційних властивостей земель та впровадженню сучасних технологій цифрової обробки таксаційних карток.

У сукупності ці підходи забезпечили достатньо високий рівень точності при визначенні запасів і таксаційних характеристик насаджень та дозволили врахувати особливості структури лісового фонду надлісництва.

3.3. Природно-кліматичні умови

Згідно з лісорослинним районуванням, територія Корсунь-Шевченківського надлісництва належить до Лісостепової зони України, що характеризується вологим помірним кліматом. Для цієї частини Черкаської області властиве тепле літо з достатньою кількістю опадів та відносно коротка, м'яка зима. Серед кліматичних чинників, які негативно впливають на ріст і продуктивність деревостанів, відзначаються пізні весняні заморозки (іноді до середини травня), ранні осінні заморозки (можливі вже з третьої декади вересня), а також вітроломи, льодоломи та сильні зливи. Узагальнені відомості щодо кліматичних умов, важливих для ведення лісового господарства, наведено у табл. 3.5.

Рельєф території надлісництва переважно рівнинний, з окремими горбистими ділянками, характерними для Лісостепу. Значна частина лісових масивів розташована на вододільних просторах та пологих схилах. Сітка ярів і балок ускладнює місцевість у заплавах річок, зокрема Рось та її приток. Абсолютні висоти території коливаються у межах 150–230 м над рівнем моря. У поєднанні з родючими ґрунтами та сприятливим гідрологічним режимом це

створює належні умови для росту дубово-соснових насаджень, що є характерними для регіону.

Таблиця 3.4

Кліматичні показники

Найменування показників	Одиниці вимірювання	Значення	Дата
1. Температура повітря:			
–середньорічна	градус	+7	
–абсолютна максимальна	градус	+39	липень
–абсолютна мінімальна	градус	-41	січень
2. Кількість опадів на рік	мм	505	
3. Тривалість вегетаційного періоду	днів	205	
4. Пізні весняні заморозки			19 травня
5. Перші осінні заморозки			25 вересня
6. Середня дата замерзання рік			29.12
7. Середня дата початку паводку			13.03
8. Сніговий покрив:			
–товщина	см	13	
–час появи			17 грудня
–час сходження у лісі			23 березня
9. Глибина промерзання ґрунту	см	64	
10. Напрямок панівних вітрів за сезонами:			
–зима	румб	ПдЗ	
–весна	румб	С	
–літо	румб	З	

Найменування показників	Одиниці вимірювання	Значення	Дата
–осінь	румб	3	
11.Середня швидкість панівних вітрів за сезонами:			
–зима	м·с ⁻¹	4,6	
–весна	м·с ⁻¹	4,2	
–літо	м·с ⁻¹	3,2	
–осінь	м·с ⁻¹	3,8	

Основними ґрунтовими різновидами, що трапляються на території Корсунь-Шевченківського надлісництва, є сірі та темно-сірі лісові ґрунти, сформовані на лесових відкладах. У понижених місцях поширені опідзолені та перегнійно-карбонатні чорноземи, а в заплавах річок зустрічаються дернові й лучно-лучно-болотні ґрунти. Таке поєднання створює сприятливі умови для росту дубово-соснових насаджень, які є основою лісового фонду.

Прояви ерозійних процесів спостерігаються переважно на крутих схилах балок і ярів, що характерно для лісостепових ландшафтів. Найбільшу небезпеку становить водна ерозія, яка може призводити до змиву родючого шару ґрунту та зниження продуктивності насаджень. У попередні десятиліття значні площі еродованих земель були заліснені, що дозволило стабілізувати ґрунтовий покрив і підвищити його захисні функції.

Територія надлісництва належить до басейнів річок Рось, Гнилий Тікич і їхніх приток, які формують густу гідрографічну сітку. Це зумовлює різноманітність ґрунтового покриву й потребу у врахуванні ґрунтово-гідрологічних умов під час ведення лісового господарства (табл. 3.5).

Характеристика рік в регіоні розташування земельних ділянок лісгоспу

Найменування рік та водоймищ	Куди впадає ріка	Загальна протяжність, км; площа водоймищ, га	Ширина лісових смуг уздовж берегів річок, навколо озер, водоймищ, м	
			згідно нормативів	фактична
Канівське водосховище	р. Дніпро	675	3000	3000
р. Рось	р. Дніпро	346	500	500
р. Вільховиця	р. Дніпро	100	300	300
р. Фоса	р. Вільховиця		150	150
р. Гнилий Тікич	р. Тікич	157	400	350
Р. Хоробра	Р. Рось	29	150	150
р. Дніпро	Чорне море	2285	3000	3000
р. Росава	р. Рось	90	300	300
р. Ушиця	р. Дністер	122	400	400
р. Ушка	р. Дністер	28	150	150

Лісові ділянки, розташовані вздовж русел річок, навколо ставків та інших водних об'єктів, у складі надлісництва враховуються залежно від їх категорії захисності. Якщо території входять одночасно до кількох категорій, пріоритет надається тій, яка має вищий рівень охоронного статусу.

За лісотипологічними характеристиками переважна частина ґрунтів належить до свіжих умов зволоження. Ділянки з надмірним зволоженням займають незначні площі – це близько трьох десятків гектарів вкритих ліською рослинністю територій. Болота в межах надлісництва поширені дуже обмежено й становлять лише кілька гектарів.

Гідромеліоративних систем чи розвиненої меліоративної мережі на території надлісництва немає, що пояснюється переважно природним характером гідрологічного режиму й відсутністю значних площ заболочених земель.

3.4. Обсяги заготівлі деревини та її реалізація

В 2020 р. в лісах філії Кам'янець-Подільське лісове господарство ДП «Ліси України» в цілому було заготовлено 26,3 тис. м³ ліквідної деревини, в т.ч. ділової – 11,1 тис. м³. Із загального обсягу заготовленої ліквідної і ділової деревини хвойні породи складають відповідно 0,5 тис. м³ (0,1 тис. м³), твердолистяні породи – 22,6 тис. м³ (10,8 тис. м³), м'яколистяні породи – 1,2 тис. м³ (0,2 тис. м³).

Основні сортименти, які заготовлюються в філії Кам'янець – Подільське лісове господарство ДП «Ліси України» лісоматеріали для стругання і луцення – 2,0 %, пиловники – 14,8 %, баланси – 20,7 %, дров'яна деревина для технічних потреб – 39,0 %, дрова паливні – 23,5 %.

Найбільшими споживачами деревини є різні приватні фірми – 12,7 тис. м³, направлено на експорт – 1,2 тис. м³, закуплено для місцевих потреб – 411,2 тис. м³, використано для власних потреб – 1,5 тис. м³.

Найбільшим попитом в споживачів користується екоматеріали для стругання та луцення, пиловник дуба та хвойних порід, дров'яна деревина для технічних потреб або як паливо.

3.5. Характеристика шляхів транспорту

Район розташування Корсунь-Шевченківського надлісництва має досить розвинену мережу автомобільних доріг загального користування. Через його територію проходять автошляхи державного та місцевого значення, які забезпечують сполучення з адміністративними центрами Черкаської області та сусідніми регіонами. Це створює зручні умови для транспортного забезпечення лісогосподарської діяльності, перевезення деревини та супутньої продукції.

Внутрішня транспортна мережа надлісництва включає лісові автомобільні дороги й численні проїзди. Загальна їхня протяжність становить кілька сотень кілометрів, з яких лише незначна частина має тверде покриття, решта представлена ґрунтовими шляхами. Значна кількість таких доріг

використовується сезонно, вони не обладнані водовідводами й штучними спорудами, проте забезпечують доступ транспорту до лісових кварталів під час проведення господарських робіт.

За показниками забезпеченості дорогами на 1000 гектарів вкритих лісовою рослинністю земель протяжність транспортної мережі є нижчою за встановлені нормативи, що ускладнює виконання лісогосподарських і природоохоронних заходів. Частина наявних доріг потребує ремонту або поліпшення технічного стану. Протягом останнього ревізійного періоду проводились роботи зі спорудження нових ділянок лісових доріг та капітального ремонту окремих відрізків, що дало можливість покращити доступність віддалених кварталів та умови охорони лісових масивів.

Територією надлісництва також проходить залізнична лінія, яка використовується для перевезення лісопродукції та забезпечення виробничих потреб. Це сприяє інтеграції підприємства у транспортну інфраструктуру регіону та забезпечує більш ефективну логістику.

3.6. Рівень інтенсивності ведення лісового господарства і виробнича потужність лісгоспу

Інтенсивність ведення лісового господарства в Корсунь-Шевченківському надлісництві визначається обсягами і структурою проведених лісогосподарських робіт, станом матеріально-технічної бази та рівнем забезпеченості кадрами. Основними напрямками діяльності є лісовідновлення, рубки формування та оздоровлення, захисні і протипожежні заходи, а також комплексна охорона лісів.

У межах ревізійного періоду підприємством забезпечувалося щорічне проведення рубок догляду у молодняках та середньовікових насадженнях, санітарних рубок вибіркового характеру та заходів з формування високопродуктивних деревостанів. Значна увага приділялась лісовідновленню: у свіжих та вологих дібровах створювались культури дуба звичайного з домішкою клена та ясеня, на бідніших ґрунтах – сосни звичайної. Завдяки цьому вдалося

підтримати сталий баланс між площею зрубаних і відновлених ділянок, що є ознакою невиснажливого лісокористування.

Важливим показником інтенсивності є охоплення насаджень доглядовими рубками, яке у надлісництві відповідає нормативним вимогам і сприяє підвищенню якості деревостанів. Додатково проводились заходи з лісорозведення на малопродуктивних землях і заліснення деградованих ділянок, що дозволяє поступово збільшувати площу вкритих лісовою рослинністю земель.

Матеріально-технічне забезпечення надлісництва є достатнім для виконання планових завдань. У господарстві наявна мережа лісових доріг і проїздів, що забезпечує доступність основних кварталів. Автомобільний транспорт, тракторна техніка, лісгосподарські машини й обладнання використовуються для виконання робіт із догляду, відтворення та заготівлі. Хоча частина доріг і потребує ремонту чи удосконалення, у цілому виробничий потенціал дозволяє своєчасно реалізовувати заплановані заходи.

Лісгосп забезпечений кадрами постійних працівників, що створює умови для стабільної роботи та підвищення кваліфікації персоналу. Виробничі приміщення та господарські будівлі підтримуються на належному рівні, житловий фонд забезпечує значну частину потреб працівників.

У сукупності всі ці чинники дозволяють охарактеризувати рівень ведення лісового господарства у Корсунь-Шевченківському надлісництві як інтенсивний. Підприємство має достатній виробничий потенціал для забезпечення безперервного і невиснажливого лісокористування, збереження та відтворення корінних типів деревостанів, підвищення їхньої продуктивності та виконання комплексу захисних і рекреаційних функцій.

3.7. Значення лісового господарства в економіці району розташування лісгоспу і охороні довкілля

Корсунь-Шевченківське надлісництво відіграє вагомую роль у розвитку місцевої економіки та підтриманні екологічної рівноваги в регіоні. Ліси

забезпечують потреби у деревині та продукції лісозаготівель, створюють робочі місця, а також формують соціально-економічну базу для прилеглих населених пунктів. Водночас їх значення виходить далеко за межі економічної складової – насадження виконують комплекс природоохоронних, захисних і рекреаційних функцій.

Основними завданнями підприємства є підвищення продуктивності та поліпшення якісного складу деревостанів, збереження біорізноманіття, посилення захисних властивостей лісів і формування стійких екосистем, здатних протистояти кліматичним змінам та впливу шкідників. Застосування принципів раціонального використання лісових ресурсів дозволяє поєднувати інтенсивне ведення господарства з невиснажливим користуванням.

У складі лісового фонду наявні земельні ділянки сільськогосподарського призначення, які частково використовуються для потреб працівників і місцевого населення. Однак значна частина цих угідь залишається без використання через низький попит. З огляду на це доцільним є поступове переведення таких площ у лісові ділянки з метою їх заліснення. Випас худоби в межах надлісництва не проводиться, що позитивно впливає на збереження підросту та захисних функцій лісів.

Побічні види користування ресурсами (заготівля грибів, ягід, лікарської сировини) здійснюються місцевим населенням переважно для власних потреб, без значного господарського значення. Мисливська фауна представлена козулею європейською, диким кабаном, зайцем-русаком, лисицею, борсуком, куницею та іншими видами. Полювання в межах територій природно-заповідного фонду заборонене, на решті площ воно ведеться у формі спортивного користування під контролем відповідних організацій.

Окрім економічних і соціальних функцій, ліси надлісництва мають виняткове екологічне значення. Вони виконують роль депо вуглецю, знижуючи концентрацію парникових газів в атмосфері, покращують якість повітря та води, регулюють водний стік і захищають ґрунти від ерозії. Лісові масиви є осередком

біорізноманіття, забезпечують рекреаційні потреби населення та формують сприятливий природний ландшафт.

Висновки до розділу 3

Корсунь-Шевченківське надлісництво охоплює площу понад 66 тис. га, об'єднуючи 15 лісництв. Порівняно з попереднім ревізійним періодом площа лісового фонду дещо зросла завдяки уточненню меж і землеустрою.

Природно-кліматичні умови належать до Лісостепової зони з помірно-вологим кліматом: тепле літо, відносно м'яка зима, середньорічна температура близько +7 °С, середня кількість опадів – близько 500 мм. Серед ризиків – весняні та осінні заморозки, вітровали, льодові явища. Ґрунтовий покрив представлений темно-сірими й сірими лісовими ґрунтами, чорноземами та лучними різновидами, що забезпечує сприятливі умови для дубових і соснових лісів.

Гідромережа формується річкою Рось, Гнилим Тікичем і їхніми притоками, також важливим є прибережний масив Канівського водосховища. Болота та надмірно зволожені ділянки займають незначну площу, гідромеліоративна мережа відсутня.

Транспортна мережа надлісництва представлена дорогами державного та місцевого значення й залізницею, але густина внутрішніх лісових шляхів нижча від нормативної, частина доріг потребує ремонту. Це обмежує доступність окремих кварталів, хоча у ревізійний період будувались і ремонтувались окремі ділянки доріг.

Інтенсивність ведення лісового господарства можна оцінити як достатню: виконуються рубки формування і санітарні заходи, створюються культури дуба й сосни, проводиться лісорозведення на малопродуктивних землях. Підприємство має належну матеріально-технічну базу й кадрове забезпечення для реалізації запланованих робіт.

Ліси надлісництва виконують подвійну функцію – економічну і природоохоронну. Вони забезпечують місцеві потреби у деревині, підтримують

біорізноманіття, стабілізують водний баланс і ґрунтовий покрив, є важливим рекреаційним ресурсом. Соціально-економічна роль господарства зростає завдяки створенню робочих місць, розвитку рекреації та підтримці інфраструктури.

Узагальнюючи, територія надлісництва має сприятливі природні умови для розвитку продуктивних дубово-соснових лісів. Поєднання інтенсивного ведення господарства із заходами збереження екосистемних функцій забезпечує сталість лісового фонду й вагомий внесок у соціально-економічний розвиток регіону.

РОЗДІЛ 4

АНАЛІЗ БІОТИЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ЛІСІВ

4.1. Оцінка біотичної продуктивності насаджень надлісництва

У даній магістерській роботі використано експериментальні матеріали, що містять узагальнені характеристики лісового фонду підприємства. До їх складу входять дані про:

- структуру площ лісових ділянок, вкритих лісовою рослинністю, а також обсяги запасів деревини, розподілених за основними групами лісотвірних порід підприємства;

- процентне співвідношення запасів провідних деревних порід (дуб звичайний, граб звичайний, ялина європейська, акація біла, береза повисла, сосна звичайна, ясен звичайний, клен гостролистий) у межах відповідних груп – хвойних, твердолистяних і м'яколистяних;

- розподіл запасів деревостанів за віковими категоріями, що охоплюють молодняки, середньовікові, пристигаючі, стиглі та перестійні насадження;

- середній клас бонітету насаджень (за М. М. Орловим) у межах головних груп порід.

Отримані дані були опрацьовані на основі матеріалів філії «Корсунь-Шевченківське лісове господарство» ДП «Ліси України», що слугували базою для проведення аналізу біотичної продуктивності деревостанів.

Для визначення структури лісового фонду Корсунь-Шевченківського надлісництва було проведено аналіз площ лісових ділянок, вкритих лісовою рослинністю, та запасів деревини за основними групами лісотвірних порід (табл. 4.1). Отримані дані дозволяють визначити, які типи насаджень переважають у загальній структурі лісів та яку частку в загальному запасі вони займають.

Розподіл площ і запасів лісових насаджень за групами лісотвірних порід

Площа, тис.га / Запас, тис. м ³ / Відсоток за запасом			
всього	у т. ч. за групами лісотвірних порід		
	хвойні	твердолистяні	м'яколистяні
65112	20088	40479	4544
13067	4834	7452	782
100	37,0	57,0	6,0

Аналізуючи дані табл. 4.1, можна відзначити, що лісовий фонд Корсунь-Шевченківського надлісництва представлений переважно твердолистяними породами, на які припадає найбільша частка як площі, так і запасу деревини. Площа твердолистяних насаджень становить 40,5 тис. га, що відповідає понад половині всієї території, вкритої лісовою рослинністю, а запас деревини цієї групи – 7452 тис. м³, або 57 % загального обсягу. Основу таких насаджень складають дубові та грабові деревостани, що є типовими для лісостепової зони України.

Хвойні насадження займають площу близько 20,1 тис. га (приблизно третина від загальної площі) з запасом 4834 тис. м³, що становить 37 % від загального запасу деревини. У складі цієї групи переважають соснові деревостани, які відіграють важливу роль у стабілізації лісових екосистем і мають високу господарську цінність.

Найменшу частку займають м'яколистяні породи – 4,5 тис. га площі із запасом 782 тис. м³, що становить лише 6 % загального запасу. Ці насадження представлені переважно березою, вільхою та осикою, які виконують переважно екологічну функцію, сприяючи відновленню ґрунтів і підвищенню біорізноманіття.

Отже, лісовий фонд надлісництва має виражене домінування твердолистяних насаджень, що зумовлено сприятливими ґрунтово-

кліматичними умовами для зростання дуба звичайного та граба звичайного. Така структура лісів забезпечує високу стійкість екосистем і водночас формує значний потенціал господарського використання деревини.

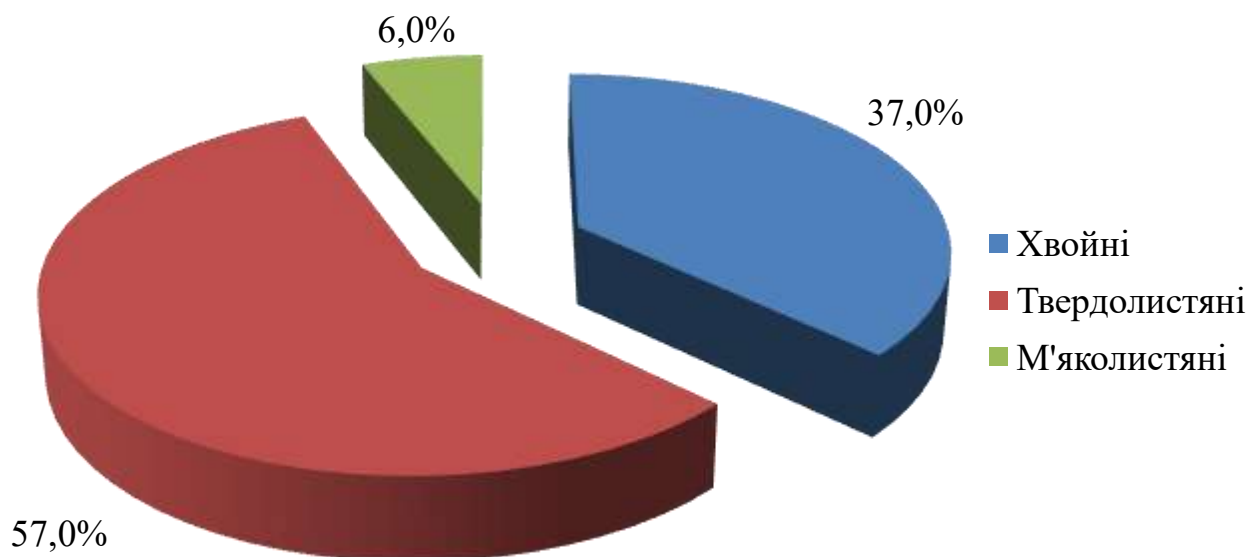


Рис. 4.1. Структура запасів деревостанів Корсунь-Шевченківського надлісництва за групами лісотвірних порід станом на 01.01.2014 року, %

На рис. 4.1 показано співвідношення запасів лісових насаджень Корсунь-Шевченківського надлісництва за групами лісотвірних порід. Найбільшу частку становлять твердолистяні деревостани – 57 %, що зумовлено переважанням дубово-грабових лісів, характерних для лісостепової зони. Хвойні породи займають 37 % загального запасу, головним чином за рахунок сосни звичайної, яка формує високопродуктивні насадження. М'яколистяні деревостани представлені найменше – 6 %, однак вони відіграють важливу екологічну роль, підтримуючи біорізноманіття та сприяючи поліпшенню ґрунтів.

Для більш детальної оцінки структури лісових насаджень Корсунь-Шевченківського надлісництва проведено аналіз запасів основних лісотвірних порід у межах окремих груп – хвойних, твердолистяних і м'яколистяних (табл.

4.2). Такий підхід дозволяє визначити співвідношення порід, які формують лісовий покрив, оцінити їх роль у господарському використанні та екологічному балансі території.

Таблиця 4.2

Відсоткове співвідношення запасів основних лісотвірних порід у межах груп порід, %

Хвойні		Твердолистяні				М'яколистяні			
сосна	інші	дуб	граб	робінія	інші	береза	вільха	осика	інші
99,8	0,2	62,5	7,1	21,2	9,2	20,1	32,7	2,9	44,3

Аналізуючи наведені у табл. 4.3 дані, можна зробити висновок, що у структурі насаджень надлісництва домінують дуб звичайний і сосна звичайна, які формують основу лісового фонду регіону. Серед хвойних насаджень переважає сосна (99,8 % запасів групи), що свідчить про її важливе господарське значення. У складі твердолистяних порід основну частку займає дуб – 62,5 %, значно менше представлений граб – 7,1 %, тоді як акація біла становить близько п'ятої частини загального запасу (21,2 %). Серед м'яколистяних порід переважають вільхові (32,7 %) і березові (20,1 %) деревостани, тоді як частка осики є порівняно невеликою – 2,9 %.

Отже, лісові насадження надлісництва характеризуються високою різноманітністю деревних порід, що забезпечує стійкість лісових екосистем до несприятливих природних факторів. Переважання дубових і соснових насаджень визначає як їхню високу продуктивність, так і економічну цінність.

Для наочного відображення структури запасів основних лісотвірних порід у межах кожної групи порід використано кругові діаграми (рис. 4.2-4.4), які дозволяють візуально оцінити співвідношення порід і їхній внесок у формування загального запасу деревостанів.

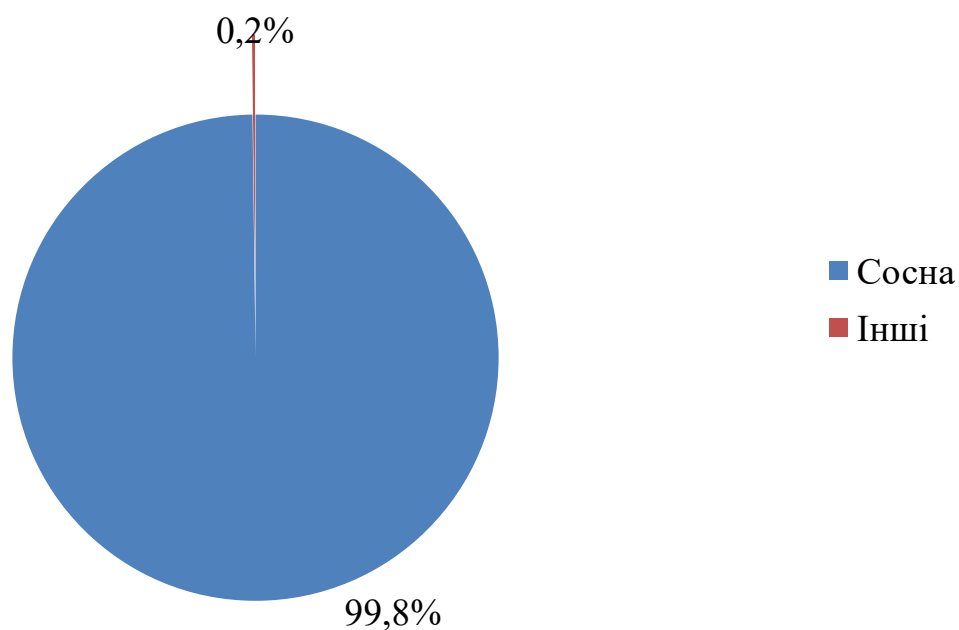


Рис 4.2. Структура запасів хвойних насаджень Корсунь-Шевченківського надлісництва, %

Як видно з діаграми, у структурі хвойних насаджень Корсунь-Шевченківського надлісництва абсолютне домінування належить сосні звичайній, на яку припадає 99,8 % загального запасу групи. Інші хвойні породи становлять лише 0,2 %. Така перевага сосни пояснюється її екологічною пластичністю, швидким ростом та широким використанням у господарстві для створення продуктивних лісів.

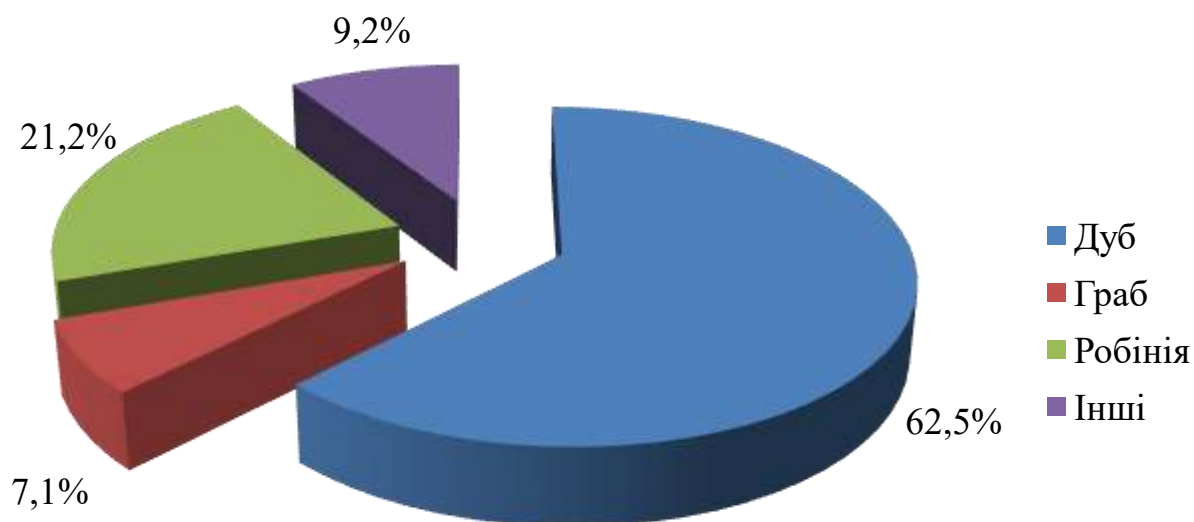


Рис. 4.3. Співвідношення основних твердолистяних порід у запасах лісів надлісництва, %

У складі твердолистяних насаджень провідне місце займає дуб звичайний – 62,5 %, який формує основу лісового фонду надлісництва. Значну частку становить робінія псевдоакація – 21,2 %, що свідчить про активне використання її у полезахисних та протиерозійних насадженнях. Частка граба звичайного становить 7,1 %, а інші породи разом – 9,2 %. Така структура забезпечує стійкість лісових екосистем і поєднує високу господарську цінність дуба з екологічною ефективністю домішкових порід.

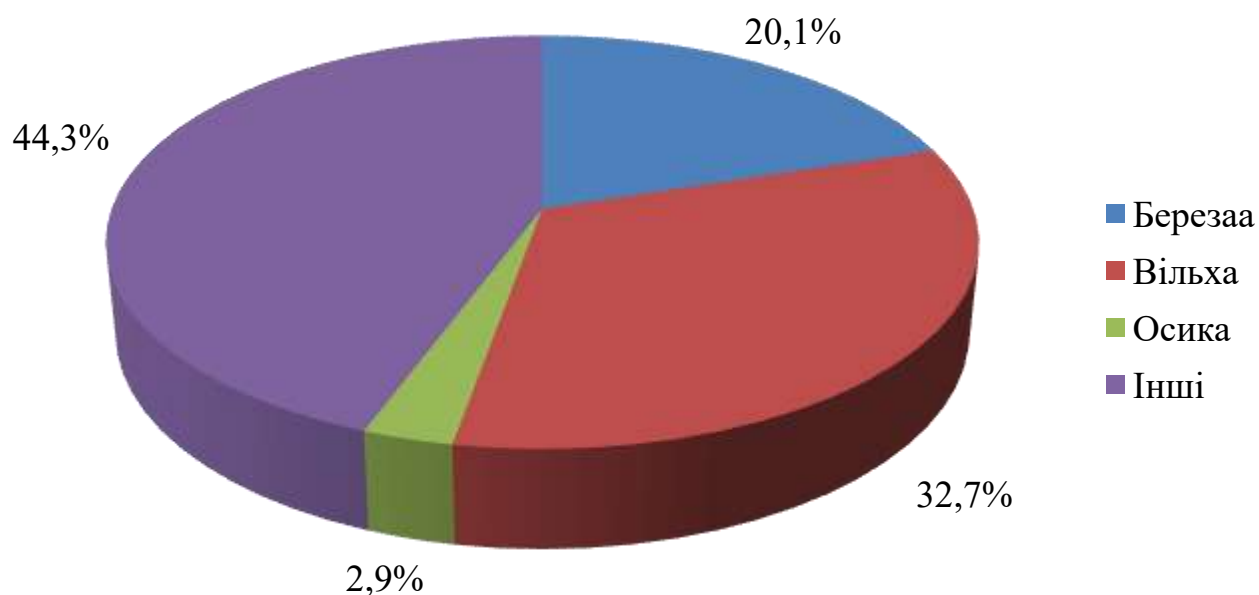


Рис. 4.4. Розподіл запасів м'яколистяних деревостанів за породним складом, %

Серед м'яколистяних насаджень найбільшу частку займають вільхові деревостани – 32,7 %, а також березові – 20,1 %. Осика представлена незначною часткою – 2,9 %, тоді як на інші породи припадає 44,3 % запасу.

Для оцінки вікової структури насаджень Корсунь-Шевченківського надлісництва проведено аналіз розподілу запасів деревостанів за групами віку – молодняки, середньовікові, пристигаючі та стиглі (табл. 4.3). Такий підхід дозволяє визначити співвідношення різновікових насаджень у межах основних груп лісотвірних порід і зробити висновки щодо стану лісовідновлення та стабільності лісових екосистем.

Розподіл запасів деревостанів за групами віку

Хвойні				Твердолистяні				М'яколистяні			
мл	св	пр	ст	мл	св	пр	ст	мл	св	пр	ст
17,7	61,1	14,3	6,9	5,2	52,1	13,3	29,5	1,7	51,2	13,8	33,3

Аналізуючи дані таблиці 4.5, можна зазначити, що в усіх групах лісотвірних порід переважають середньовікові насадження. Їхня частка становить 61,1 % серед хвойних, 52,1 % серед твердолистяних і 51,2 % серед м'яколистяних лісів, що свідчить про активну фазу росту деревостанів та накопичення запасів деревини. Молодняки займають помітну частку у хвойних насадженнях (17,7 %), тоді як у твердолистяних і м'яколистяних їхня частка є невеликою – 5,2 % і 1,7 % відповідно. Стиглі та перестійні деревостани становлять 7-33 % залежно від групи порід, що вказує на наявність достатнього резерву для проведення рубок головного користування.

У цілому, така структура є типовою для лісів України, де спостерігається стабільний перехід запасів від молодняків і пристигаючих до середньовікових та стиглих насаджень. Це свідчить про ефективне відтворення лісів і збалансованість вікових груп, що забезпечує сталість лісових екосистем і безперервність лісокористування.

Для узагальнення показників біотичної продуктивності лісів Корсунь-Шевченківського надлісництва проведено аналіз середніх запасів деревостанів на 1 га лісових ділянок, вкритих лісовою рослинністю, у розрізі основних груп лісотвірних порід (табл. 4.4). Цей показник є одним із головних критеріїв оцінки продуктивності насаджень, оскільки відображає середній обсяг деревини, накопичений на одиниці площі, та характеризує ефективність ведення лісового господарства.

Розподіл середніх запасів деревостанів на 1 га лісових ділянок вкритих лісовою рослинністю за групами лісотвірних порід

Рік обліку	Середній запас на 1 га вкр. лісов. росл. земель, (м ³ ·га ⁻¹)			
	всього	у т. ч. за групами лісотвірних порід		
		хвойні	твердолистяні	м'яколистяні
2014	201	241	184	172

Аналізуючи дані табл. 4.4, можна відзначити, що середній запас деревостанів у Корсунь-Шевченківському надлісництві загалом становить 201 м³·га⁻¹, що свідчить про задовільний рівень продуктивності лісів. Найвищі показники спостерігаються у твердолистяних насадженнях – 241 м³·га⁻¹, що пояснюється переважанням високопродуктивних дубових і грабових деревостанів, характерних для родючих ґрунтів лісостепової зони. Хвойні насадження мають середній запас 184 м³·га⁻¹, що є цілком типовим для соснових лісів середнього віку, які формують значну частину площі надлісництва. М'яколистяні деревостани характеризуються дещо нижчими показниками – 172 м³·га⁻¹, що зумовлено їхнім біологічним потенціалом та меншим віком порівняно з іншими групами. Такий розподіл запасів підтверджує ефективність проведених лісівничих заходів і сприятливі умови для формування продуктивних насаджень.

Для оцінки якісного стану лісових насаджень Корсунь-Шевченківського надлісництва було проаналізовано середні класи бонітету за основними групами лісотвірних порід (табл. 4.5). Цей показник характеризує продуктивність деревостанів з урахуванням умов місцезростання, швидкості росту та потенційної здатності до нагромадження деревини.

Середні бонітети насаджень за групами лісотвірних порід

Рік обліку	Середній бонітет за М. М. Орловим		
	хвойні	твердолистяні	м'яколистяні
2014	I,6	II,4	II,8

Аналізуючи дані табл. 4.5, можна зазначити, що лісові насадження надлісництва в цілому відзначаються високим рівнем продуктивності. Хвойні деревостани мають середній клас бонітету I,6, що свідчить про сприятливі ґрунтово-кліматичні умови для росту сосни звичайної. Твердолистяні насадження характеризуються бонітетом II,4, що відповідає доброму рівню продуктивності дубово-грабових лісів у межах лісостепу. М'яколистяні породи мають дещо нижчий показник – II,8, що пояснюється природними особливостями цих порід, їхньою меншою тривалістю життя та нижчим темпом приросту.

Отже, проведений аналіз експериментальних матеріалів дозволяє узагальнити, що ліси Корсунь-Шевченківського надлісництва відзначаються високим рівнем біотичної продуктивності та збалансованою структурою лісового фонду. У породному складі переважають твердолистяні деревостани, головним чином дубово-грабові, які формують основу лісового покриву і забезпечують понад половину загального запасу деревини. Значна частка хвойних насаджень, переважно соснових, свідчить про їх важливе екологічне та господарське значення, тоді як м'яколистяні породи виконують переважно ґрунтозахисну та відновну функції. Вікова структура деревостанів характеризується переважанням середньовікових насаджень, що вказує на активну фазу росту і стійкість лісових екосистем. Середні показники запасів та бонітету підтверджують добрий стан і високу продуктивність насаджень у межах надлісництва. Отже, сукупність отриманих результатів свідчить про раціональне ведення лісового господарства, ефективне відтворення лісів та сприятливі умови

для формування високопродуктивних і стійких деревостанів у межах Лісостепової зони України.

4.2. Фітомаса насаджень і вміст депонованого вуглецю у лісах надлісництва

На основі матеріалів базового лісовпорядкування та таксаційних даних Корсунь-Шевченківського надлісництва філії «Центральний лісовий офіс» ДП «Ліси України» проведено оцінку структури фітомаси та запасів депонованого вуглецю в межах основних груп лісотвірних порід. Розрахунки виконано із застосуванням нормативів фітомаси, розроблених П. І. Лакидою, та узагальнених коефіцієнтів перерахунку, що враховують частку надземної й підземної біомаси у структурі насаджень. Для кожної групи порід визначено масу окремих компонентів: листя або хвої, деревини і кори стовбура, деревини і кори гілок, коренів і піднаметової рослинності. Також розраховано сумарну фітомасу та кількість вуглецю, що депонується в біомасі деревостанів (табл 4.6). Для оцінки вмісту вуглецю використано середні коефіцієнти, рекомендовані у міжнародних методичних підходах, а саме рекомендовані G. Matthews: 0,50 – для деревини та 0,45 – для листя й нижніх ярусів. Отримані результати подано у табл. 4.6.

Таблиця 4.6

Фітомаса і накопичений вуглець у даних лісах

Рік обліку	Група лісотвірних порід	Лісові ділянки вкриті лісовою рослинністю, тис. га	Запас, тис. м ³	Компоненти фітомаси, тис.т						Щільність фітомаси, кг·(м ²) ⁻¹	Вуглець	
				листя (хвоя)	деревина і кора гілок	деревина і кора стовбура	корені	піднаметова рослинність	разом		всього, тис. т	щільність, кг·(м ²) ⁻¹
2014	Всього	65,1	13 067,0	122,04	668,15	5 101,77	1 042,91	314,92	7 249,79	11,2	3 603,05	5,5
	Хвойні			40,89	122,31	1 986,15	502,35	189,79	2 841,49	14,1	1 409,21	7,0
	Твердолистяні			71,32	499,80	2 821,16	436,61	114,37	3 943,25	9,8	1 962,34	4,9
	М'яколистяні			9,83	46,04	294,46	103,96	10,77	465,06	10,3	231,50	5,1

Аналізуючи дані, наведені в таблиці 4.6, можна відзначити, що загальна фітомаса лісів Корсунь-Шевченківського надлісництва становить 7249,79 тис. т, з яких близько 5101,77 тис. т (70,4 %) припадає на деревину і кору стовбурів дерев, 1042,91 тис. т (14,4 %) – на корені, 668,15 тис. т (9,2 %) – на деревину та кору гілок, 122,04 тис. т (1,7 %) – на листя або хвою, а 314,92 тис. т (4,3 %) – на піднаметову рослинність. Така структура є типовою для стиглих та середньовікових насаджень, у яких основна частина органічної речовини зосереджена в деревині стовбура.

Середня щільність фітомаси по всіх групах порід становить $11,2 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2}$, що свідчить про високий рівень накопичення біомаси на одиницю площі лісів. Водночас загальна маса депонованого вуглецю у фітомасі оцінюється у 3603,05 тис. т, із середньою щільністю $5,5 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2}$.

У структурі груп порід спостерігаються помітні відмінності. Найвищі показники фітомаси характерні для твердолистяних насаджень – 3943,25 тис. т, що становить 54,4 % від загальної маси. Ця група забезпечує і найбільший обсяг накопиченого вуглецю – 1962,34 тис. т (54,5 %). Висока частка пояснюється переважанням дубових дібров, які відзначаються великою щільністю деревини та тривалим періодом росту.

Хвойні деревостани акумулюють 2841,49 тис. т фітомаси (39,2 %), зокрема 1986,15 тис. т припадає на деревину і кору стовбурів та 502,35 тис. т – на корені. Їхня щільність фітомаси становить $14,1 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2}$, а загальна кількість депонованого вуглецю – 1409,21 тис. т, що становить 39,1 % від загального обсягу. Такі показники свідчать про високу продуктивність соснових у межах досліджуваної території.

М'яколистяні породи мають відносно невелику частку у структурі біомаси – лише 465,06 тис. т (6,4 %). Найбільшу частину їх фітомаси становить деревина і кора стовбурів (294,46 тис. т), тоді як листя – 9,83 тис. т. Сумарна кількість вуглецю у цих насадженнях оцінюється у 231,50 тис. т, а щільність – $5,1 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2}$, що є типовим для швидкоростучих, але менш щільних порід.

Отже, результати свідчать, що твердолистяні ліси Корсунь-Шевченківського надлісництва формують основний вуглецевий фонд території, а хвойні насадження, незважаючи на меншу площу, мають найвищу щільність фітомаси, що свідчить про їхню високу інтенсивність росту. М'яколистяні породи відіграють допоміжну роль у формуванні загального вуглецевого балансу, проте підвищують екологічну стійкість і різноманітність лісових екосистем.

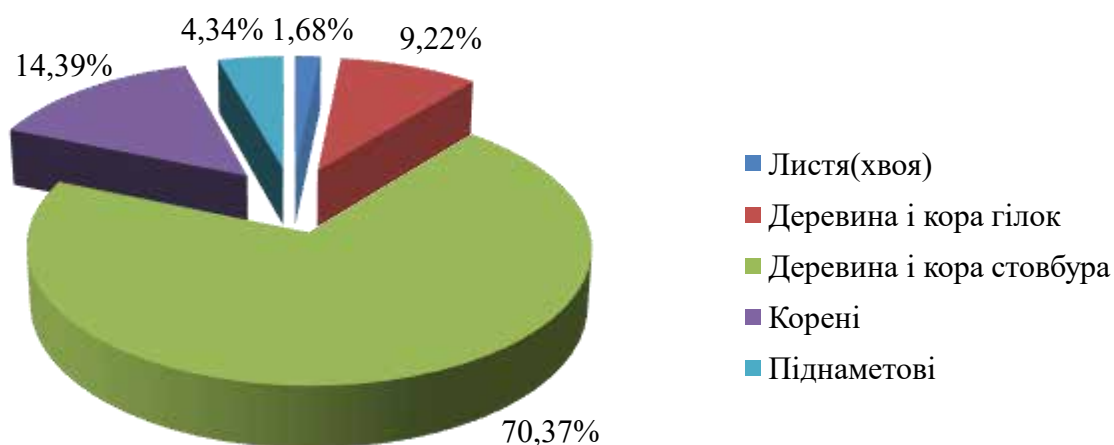


Рис 4.5. Розподіл фітомаси за основними компонентами в насадженнях Корсунь-Шевченківського надлісництва станом на 01.01.2014 р.

Як видно з рисунка 4.5, структура фітомаси насаджень Корсунь-Шевченківського надлісництва характеризується домінуванням деревини та кори стовбурів, частка яких становить 70,37 % від загальної маси. Це свідчить про високу частку стовбурової біомаси, що зумовлює значні запаси депонованого вуглеця, який має довгий період зберігання. На другому місці за масою знаходяться корені – 14,39 %.

Деревина і кора гілок становлять 9,22 %, що є типовим показником для змішаних дубово-соснових насаджень середнього віку. Частка листя (хвої) у загальній фітомасі незначна – 1,68 %, що пояснюється їх досить швидким розкладанням. Піднаметова рослинність становить 4,34 %, формуючи нижній ярус екосистеми.

Загалом така структура фітомаси свідчить зрілість деревостанів і збалансованість біомаси між надземними та підземними компонентами. Домінування стовбурової частини демонструє потенціал насаджень як важливого депо вуглецю, тоді як розвиток кореневої системи та піднаметової рослинності забезпечує сталість продукційних процесів і підтримує функціональну рівновагу лісових екосистем.

Порівняння щільності фітомаси та щільності вуглецю за цей період представлено на рис. 4.6.

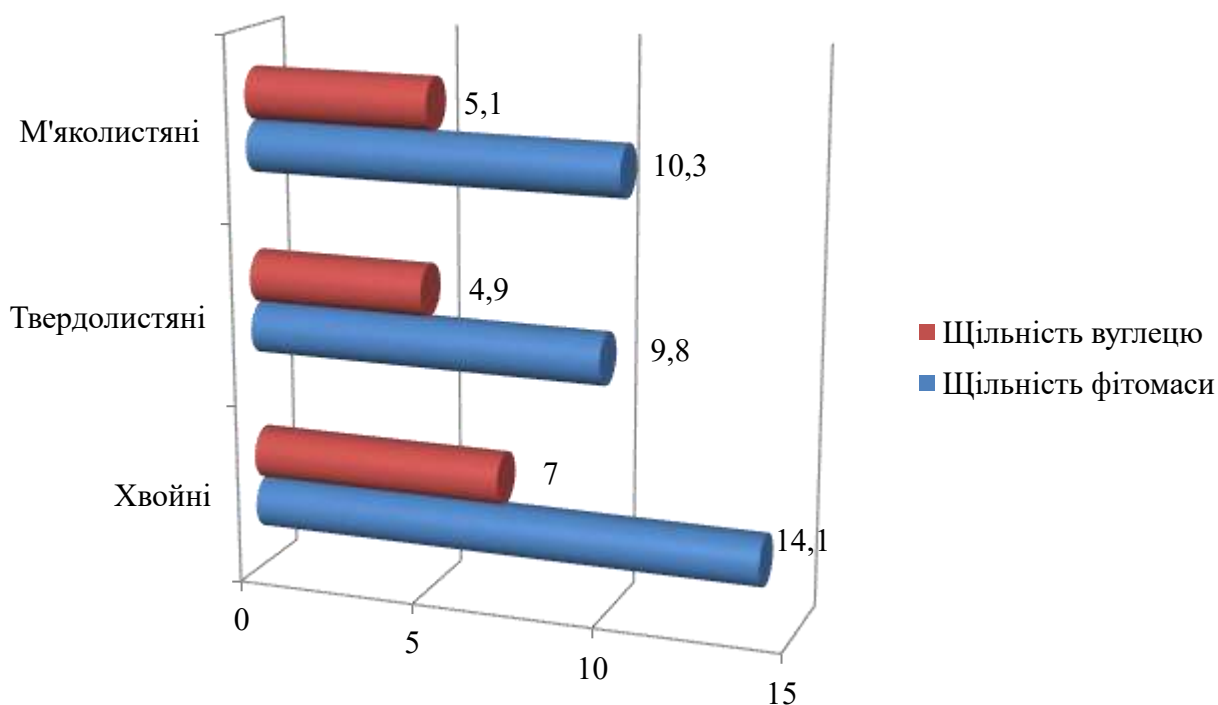


Рис. 4.6. Порівняння щільності фітомаси і вуглецю

Як видно з рис. 4.6, показники щільності фітомаси та вуглецю мають чітку залежність між собою: із зростанням накопиченої фітомаси збільшується й

кількість депонованого вуглецю. Найвищі значення спостерігаються у хвойних насадженнях, де щільність фітомаси становить $14,1 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-2}$, а щільність вуглецю – $7,0 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-2}$. Це зумовлено високою часткою щільної деревини сосни, значною повнотою насаджень і швидкими темпами росту.

Твердолистяні деревостани характеризуються середніми показниками щільності – $9,8 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-2}$ для фітомаси та $4,9 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-2}$ для вуглецю. Незважаючи на нижчі показники порівняно з хвойними, вони мають вагомий внесок у загальний баланс завдяки великій площі поширення та довготривалому періоду росту деревини.

У м'яколистяних порід щільність фітомаси є найнижчою – $10,3 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-2}$, а вуглецю – $5,1 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-2}$, що пояснюється меншою щільністю деревини та коротким біологічним циклом таких порід, як береза, вільха чи осика.

Отже, лісові насадження Корсунь-Шевченківського надлісництва характеризуються високою біотичною продуктивністю та значним потенціалом депонування вуглецю. Загальна маса фітомаси становить 7249,79 тис. т, з яких 70,4 % припадає на деревину стовбурів, а сумарний обсяг накопиченого вуглецю сягає 3603,05 тис. т. Найбільший внесок у вуглецевий баланс роблять твердолистяні насадження, тоді як хвойні відзначаються найвищою щільністю фітомаси. Така структура свідчить про зрілість деревостанів, стабільність екосистем і провідну роль лісів надлісництва у збереженні вуглецевих запасів.

Висновки до розділу 4

Проведений аналіз біотичної продуктивності лісів Корсунь-Шевченківського надлісництва філії «Центральний лісовий офіс» ДП «Ліси України» засвідчив високий рівень запасів деревини, збалансовану структуру насаджень і значний потенціал накопичення біомаси. Переважають твердолистяні породи, головним чином дубові та грабові діброви, які формують понад половину запасу деревини. Вагому частку становлять також соснові ліси,

що характеризуються високою щільністю фітомаси, тоді як м'яколистяні деревостани виконують переважно ґрунтозахисну та екологічну функції.

Вікова структура насаджень збалансована, з переважанням середньовікових деревостанів, що забезпечує стійкість і безперервність лісокористування. Середній запас деревини становить $201 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, а класи бонітету від I,6 до II,8 свідчать про сприятливі лісорослинні умови. Загальна фітомаса досягає 7,25 млн т, з яких понад 70 % припадає на деревину стовбурів, а обсяг депонованого вуглецю становить 3,6 млн т. Найвища щільність фітомаси характерна для хвойних насаджень, що відзначаються швидкими темпами росту.

Отже, ліси надлісництва мають високий рівень біотичної продуктивності, значний потенціал депонування вуглецю та виконують важливі кліматорегулювальні функції. Їхня структура та стан свідчать про ефективне ведення лісового господарства, а подальше підвищення продуктивності можливе за рахунок системних рубок формування, оновлення культур і моніторингу кліматичних впливів.

ВИСНОВКИ

На основі проведених досліджень, аналізу матеріалів лісовпорядкування та розрахунків біотичної продуктивності лісів Корсунь-Шевченківського надлісництва Філії «Центральний лісовий офіс» ДП «Ліси України» можемо виокремити наступні висновки:

1) Запас деревини по надлісництву становить близько 13,1 млн м³, або 196 м³·га⁻¹ у середньому. Найвищі показники мають твердолистяні насадження – 241 м³·га⁻¹, хвойні – 184 м³·га⁻¹, м'яколистяні – 172 м³·га⁻¹, що свідчить про добрий стан і високу біотичну продуктивність деревостанів.

2) Середній клас бонітету для хвойних насаджень – I, для твердолистяних – II, для м'яколистяних – II, що підтверджує високі потенційні можливості росту лісів надлісництва та ефективність проведених господарських заходів.

3) У складі твердолистяних лісів домінує дуб звичайний (62,5 % запасу), далі – робінія псевдоакація (21,2 %) і граб звичайний (7,1 %); у хвойних насадженнях абсолютне переважання має сосна звичайна (99,8 %). Така структура забезпечує оптимальне співвідношення господарської цінності та екологічної стійкості лісів.

4) Фітомаса насаджень у межах надлісництва становить близько 7,2 млн т сухої речовини. Стовбурова деревина складає 70,4 % від загальної біомаси, що відповідає високопродуктивним умовам Лісостепу.

5) Запас депонованого вуглецю у деревостанах оцінюється на рівні 3,6 млн т С, що свідчить про важливу роль лісів надлісництва у кліматорегулюванні та формуванні вуглецевого балансу регіону.

6) Найвищу частку в депонуванні вуглецю мають твердолистяні ліси – 54,5 %, тоді як хвойні акумулюють 39,1 %, а м'яколистяні – 6,4 % загального обсягу. Це пояснюється значними площами дубових і грабових насаджень.

7) Вікова структура лісів характеризується переважанням середньовікових насаджень, що відповідає фазі інтенсивного приросту фітомаси та сприяє стабільному відновленню біотичної продуктивності.

У цілому ліси Корсунь-Шевченківського надлісництва характеризуються високим рівнем біотичної продуктивності, збалансованою структурою та ефективним веденням господарства, що створює сприятливі умови для подальшого підвищення екологічної й економічної ролі лісів у регіоні.

ПРОПОЗИЦІЇ

На основі узагальнення результатів дослідження та аналітичних даних, розроблено такі практичні пропозиції щодо підвищення біотичної продуктивності лісів Корсунь-Шевченківського надлісництва:

1) Зберігати і підтримувати переважання твердолистяних насаджень, які формують найвищі запаси деревини (у середньому $241 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$) і забезпечують 54,5 % депонованого вуглецю. Це сприятиме стабільному вуглецевому балансу та екологічній стійкості регіону.

2) У малопродуктивних м'яколистяних насадженнях проводити реконструкційні рубки.

3) Звернути увагу на проведення рубок догляду у середньовікових дубових і соснових насадженнях, з метою підтримання фази максимального приросту фітомаси та стабільного накопичення вуглецю.

4) На ділянках із високим запасом рекомендується зберігати режим вибіркового лісокористування, спрямованого на підтримання продуктивної фази без різкого зменшення запасу фітомаси.

5) Використовувати результати розрахунків фітомаси та вуглецевих запасів у плануванні господарських заходів надлісництва й при підготовці звітів ДП «Ліси України», зокрема для підтвердження ролі лісів як регіональних депо вуглецю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Білоус А. М., Лакида П. І., Васишин Р. Д. Біопродуктивність лісів України в умовах змін клімату. Біоресурси і природокористування. 2013. Т. 5, № 5–6. С. 99–106.
2. Генсірук С. А. Ліси України. Київ : Урожай, 1986. 384 с.
3. Державний лісовий кадастр за станом на 01.01.2022 р. по Черкаській області. Ірпінь : ВО „Укрдержліспроєкт”, 2022. 520 с.
4. Дубровець Б. В. Експериментальна база емпіричних даних для оцінки біопродуктивності НПП «Голосіївський». Науковий вісник НУБіП України. Серія: Лісівництво і декоративне садівництво. 2016. Вип. 255. С. 46–53.
5. Лакида П. І., Бокоч В. В., Васишин Р. Д., Терентьев А. Ю. Біопродуктивність лісових фітоценозів Карпатського національного природного парку. Корсунь-Шевченківський : ФОП Гаврищенко В. М., 2015. 214 с.
6. Лакида П. І., Васишин Р. Д., Зібцев С. В., Білоус А. М., Лакида І. П. Біопродуктивність лісових фітоценозів України в умовах глобальних викликів. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2013. Т. 4. С. 1–15.
7. Лакида П. І. Фітомаса лісів України. Тернопіль : Збруч, 2002. 256 с.
8. Лакида П. І. Продуктивність лісових насаджень України за компонентами надземної фітомаси : автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук. Київ : НАУ, 1997. 48 с.
9. Лакида П. І. Жива біомаса березових лісів Полісся України. Київ : ННЦ ІАЕ, 2006. 188 с.
10. Лакида П. І. Нормативи оцінки компонентів живої надземної біомаси основних лісотвірних порід України. Київ : Еко-Інформ, 2011. 201 с.
11. Лакида П. І. Лісівничо-екологічний потенціал дубових насаджень Українського Полісся. Корсунь-Шевченківський : ФОП Майданченко І. В., 2018. 174 с.

12. Лакида П. І., Сахарук Г. А. Біопродуктивність лісів Шацького національного природного парку. Корсунь-Шевченківський : ФОП Гаврищенко В. М., 2013. 176 с.
13. Мельник О. М. Біопродуктивність та екологічний потенціал лісів національного природного парку «Прип'ять-Стохід» : дис. ... канд. с.-г. наук. Київ : НУБіП, 2017. 210 с.
14. Погребняк П. С. Основи лісової типології. Київ : АН УРСР, 1955. 456 с.
15. Швиденко А. З., Лакида П. І., Щепашенко Д. Г., Василюшин Р. Д., Марчук Ю. М. Вуглець, клімат та землекористування в Україні : лісовий сектор. Корсунь-Шевченківський : ФОП Гаврищенко В. М., 2014. 283 с.
16. Ali A. Forest stand structure and functioning: Current knowledge and future challenges. *Ecological Indicators*. 2019. Vol. 98. P. 665–677.
17. Ali A., Lin S., He J., Kong F., Yu J., Jiang H. Climate and soils determine aboveground biomass indirectly via species diversity and stand structural complexity in tropical forests. *Forest Ecology and Management*. 2019. Vol. 432. P. 823–831.
18. Ali A., Lin S., He J., Kong F., Yu J., Jiang H. Big-sized trees overrule remaining trees' attributes and species richness as determinants of aboveground biomass in tropical forests. *Global Change Biology*. 2019. Vol. 25(8). P. 2810–2824.
19. Ashraf M., Meng F., Bourque C., MacLean D. A novel modelling approach for predicting forest growth and yield under climate change. *PLOS ONE*. 2015. Vol. 10(7). e0132066.
20. Bourdier T., Cordonnier T., Kunstler G., Piedallu C., Lagarrigues G., Courbaud B. Tree size inequality reduces forest productivity: An analysis combining inventory data for ten European species and a light competition model. *PLoS One*. 2016. Vol. 11(3). e0151852.
21. Cadotte M. W. Functional traits explain ecosystem function through opposing mechanisms. *Ecology Letters*. 2017. Vol. 20(8). P. 989–996.

22. Cadotte M. W., Cardinale B. J., Oakley T. H. Evolutionary history and the effect of biodiversity on plant productivity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2008. Vol. 105(44). P. 17012–17017.
23. Cardinale B. J., Duffy J. E., Gonzalez A., Hooper D. U., Perrings C., Venail P., et al. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*. 2012. Vol. 486. P. 59–67.
24. Chen Y., Wright S. J., Muller-Landau H. C., Hubbell S. P., Wang Y., Yu S. Positive effects of neighborhood complementarity on tree growth in a Neotropical forest. *Ecology*. 2016. Vol. 97(3). P. 776–785.
25. Cheng Y., Zhang C., Zhao X., von Gadow K. Biomass-dominant species shape the productivity–diversity relationship in two temperate forests. *Annals of Forest Science*. 2018. Vol. 75. Article 80.
26. Chiang J.-M., Spasojevic M. J., Muller-Landau H. C., Sun I.-F., Lin Y., Su S.-H., et al. Functional composition drives ecosystem function through multiple mechanisms in a broadleaved subtropical forest. *Oecologia*. 2016. Vol. 182(3). P. 829–840.
27. Cordonnier T., Kunstler G. The Gini index brings asymmetric competition to light. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. 2015. Vol. 17(2). P. 107–115.
28. Corral-Rivas J. J., Torres-Rojo J. M., Lujan-Soto J. E., Nava-Miranda M. G., Aguirre-Calderon O. A., Gadow K. V. Density and production in the natural forests of Durango, Mexico. *Allgemeine Forst Und Jagdzeitung*. 2016. Vol. 187(5–6). P. 93–103.
29. Dai L., Li S., Zhou W., Qi L., Zhou L. I., Wei Y., et al. Opportunities and challenges for the protection and ecological functions promotion of natural forests in China. *Forest Ecology and Management*. 2018. Vol. 410. P. 187–192.
30. de Avila A. L., van der Sande M. T., Dormann C. F., Peña-Claros M., Poorter L., Mazzei L., et al. Disturbance intensity is a stronger driver of biomass recovery than remaining tree-community attributes in a managed Amazonian forest. *Journal of Applied Ecology*. 2018. Vol. 55(4). P. 1647–1657.

31. Dixon R. K., Brown S., Houghton R. A., et al. Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science*. 1994. Vol. 263. P. 185–190.
32. Duffy J. E., Godwin C. M., Cardinale B. J. Biodiversity effects in the wild are common and as strong as key drivers of productivity. *Nature*. 2017. Vol. 549. P. 261–264.
33. Faith D. P. Conservation evaluation and phylogenetic diversity. *Biological Conservation*. 1992. Vol. 61(1). P. 1–10.
34. Flynn D. F. B., Mirotchnick N., Jain M., Palmer M. I., Naeem S. Functional and phylogenetic diversity as predictors of biodiversity–ecosystem-function relationships. *Ecology*. 2011. Vol. 92(8). P. 1573–1581.
35. Forrester D. I., Bauhus J. A review of processes behind diversity–productivity relationships in forests. *Current Forestry Reports*. 2016. Vol. 2(1). P. 45–61.
36. Fortunel C., Lasky J. R., Uriarte M., Valencia R., Wright S. J., Garwood N. C., Kraft N. J. B. Topography and neighborhood crowding can interact to shape species growth and distribution in a diverse Amazonian forest. *Ecology*. 2018. Vol. 99(10). P. 2272–2283.
37. Fowler A. L. Earth observation for sustainable development: using space-based technology for monitoring Canada’s forests. *Information Forestry*. April 2002. Canadian Forest Service. Pacific Forestry Centre. Victoria, British Columbia. P. 6–7.
38. Fotis A. T., Murphy S. J., Ricart R. D., Krishnadas M., Whitacre J., Wenzel J. W., Comita L. S. Above-ground biomass is driven by mass-ratio effects and stand structural attributes in a temperate deciduous forest. *Journal of Ecology*. 2018. Vol. 106(2). P. 561–570.
39. Gillespie A. J. Linear regression models for biomass table construction using cluster samples. *Canadian Journal of Forest Research*. 1989. Vol. 19(5). P. 664–673.
40. He H., Zhang C., Zhao X., Fousseni F., Wang J., Dai H., Zuo Q. Allometric biomass equations for 12 tree species in coniferous and broadleaved mixed forests, Northeastern China. *PLoS One*. 2018. Vol. 13(1). e0186226.

41. Helgerson O. C. Equations for estimating aboveground components of young Douglas-fir and red alder in coastal Oregon plantation. *Canadian Journal of Forest Research*. 1988. Vol. 18(8). P. 1082–1085.
42. Hooper D. U., Adair E. C., Cardinale B. J., Byrnes J. E. K., Hungate B. A., Matulich K. L., O'Connor M. I. A global synthesis reveals biodiversity loss as a major driver of ecosystem change. *Nature*. 2012. Vol. 486. P. 105–108.
43. Houghton R. A., Hall F., Goetz S. J. Importance of biomass in the global carbon cycle. *Journal of Geophysical Research-Biogeosciences*. 2009. Vol. 114. G00E03
44. Kunz M., Fichtner A., Haerdle W., Raunonen P., Bruelheide H., von Oheimb G. Neighbour species richness and local structural variability modulate aboveground allocation patterns and crown morphology of individual trees. *Ecology Letters*. 2019. Vol. 22(12). P. 2130–2140.
45. Marini L., Haack R. A., Rabaglia R. J., Toffolo E. P., Battisti A., Faccoli M. Exploring associations between international trade and environmental factors with establishment patterns of exotic Scolytinae. *Biological Invasions*. 2011. Vol. 13(10). P. 2275–2288.
46. Matthews G. The carbon content of trees. *Forestry Commission Technical Paper*. 1993. No. 4. P. 21.
47. McCann K. S. The diversity–stability debate. *Nature*. 2000. Vol. 405(6783). P. 228–233.
48. Muscarella R., Messier J., Condit R., Hubbell S. P., Svenning J.-C. Effects of biotic interactions on tropical tree performance depend on abiotic conditions. *Ecology*. 2018. Vol. 99(12). P. 2740–2750.
49. Ni R., Baiketuerhan Y., Zhang C., Zhao X., von Gadow K. Analysing structural diversity in two temperate forests in Northeastern China. *Forest Ecology and Management*. 2014. Vol. 316. P. 139–147.
50. Ouyang S., Xiang W., Wang X., Xiao W., Chen L., Li S., Peng C. Effects of stand age, richness and density on productivity in subtropical forests in China. *Journal of Ecology*. 2019. Vol. 107(5). P. 2266–2277.

51. Pach M., Podlaski R. Tree diameter structural diversity in Central European forests with *Abies alba* and *Fagus sylvatica*: Managed versus unmanaged forest stands. *Ecological Research*. 2015. Vol. 30(2). P. 367–384.
52. Poorter L., van der Sande M. T., Thompson J., Arets E. J. M. M., Alarcón A., Álvarez-Sánchez J., Peña-Claros M. Diversity enhances carbon storage in tropical forests. *Global Ecology and Biogeography*. 2015. Vol. 24(11). P. 1314–1328.
53. Protopopov V. V. Methodological significance of biogeocoenic approach in study of mediating role of forests. *Problems of forest biogeocenology*. 1980. P. 3–14.
54. Qian H., Jin Y. An updated megaphylogeny of plants, a tool for generating plant phylogenies and an analysis of phylogenetic community structure. *Journal of Plant Ecology*. 2016. Vol. 9(2). P. 233–239.
55. Randolph J. C., Green G. M., Belmont J., Burcu T., Welch D. Forest ecosystems and the human dimensions. In: Moran E., Ostrom E. (eds.). *Seeing the forest and the trees: Human–environment interactions in forest ecosystems*. Cambridge : MIT Press, 2005. P. 105–215.
56. Ratcliffe S., Liebergesell M., Ruiz-Benito P., Madrigal González J., Muñoz Castañeda J. M., Kändler G., Wirth C. Modes of functional biodiversity control on tree productivity across the European continent. *Global Ecology and Biogeography*. 2016. Vol. 25(3). P. 251–262.
57. Ruiz-Benito P., Gomez-Aparicio L., Paquette A., Messier C., Kattge J., Zavala M. A. Diversity increases carbon storage and tree productivity in Spanish forests. *Global Ecology and Biogeography*. 2014. Vol. 23(3). P. 311–322.
58. Satoo T. Forest Biomass. *Forestry Sciences*. 1982. Vol. 6. P. 72–78.
59. Shvidenko A., Schepaschenko D., Nilsson S., Bouloui Y. Semi-empirical models for assessing biological productivity of Northern Eurasian forests. *Ecological Modelling*. 2006. Vol. 204. P. 163–179.
60. Smolyanov A. N. On definition of above-ground live biomass of young oak stands by regression method. *Forest Mensuration and Forest Inventory*. 1985. P. 50–56.

61. Sofronov M. A. On oxygen-productive function of forests. *Forestry*. 1996. No. 5. P. 27–28.
62. Tilman D., Lehman C. L., Thomson K. T. Plant diversity and ecosystem productivity: Theoretical considerations. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. 1997. Vol. 94. P. 1857–1861.
63. Utkin A. I. Clarification of technique for applying regression method for study of forest stands' biological productivity. *Forest Science*. 1987. Vol. 1. P. 40–53.
64. Vila M., Vayreda J., Gracia C., Ibanez J. J. Does tree diversity increase wood production in pine forests? *Oecologia*. 2003. Vol. 135(2). P. 299–303.
65. Weiner J., Thomas S. C. Size variability and competition in plant monocultures. *Oikos*. 1986. Vol. 47. P. 211–222.
66. Wu X., Wang X., Wu Y., Xia X., Fang J. Forest biomass is strongly shaped by forest height across boreal to tropical forests in China. *Journal of Plant Ecology*. 2015. Vol. 8(6). P. 559–567.
67. Yuan Z., Ali A., Wang S., Gazol A., Freckleton R., Wang X., Loreau M. Abiotic and biotic determinants of coarse woody productivity in temperate mixed forests. *Science of the Total Environment*. 2018. Vol. 630. P. 422–431.